

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Кафедра електричної інженерії

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «**МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТА СИСТЕМИ ЇЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ СПОРТИВНИХ ЗАЛІВ З ІГРОВИМИ ВИДАМИ СПОРТУ**»

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕмз-61,
спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Бобильов Сергій Валерійович

(прізвище та ініціали)

Керівник Чубатий Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Консультант Андрійчук В.А.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Коваль В.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Мочарський В.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2019.

Стор. - 113; рис. - 20; табл. - 3; плакатів - 8; джерел – 32.

У дипломній роботі приведено результати теоретичних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, яке полягає в обґрунтуванні вибору та моделюванні систем електропостачання та освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту з метою підвищення їх експлуатаційних показників.

Ключові слова: освітлювальна установка, сила світла, мережа живлення, світлодіодний прожектор, освітленість.

ANNOTATION

In the diploma paper the results of theoretical researches for solving the scientific and technical task, which consists in substantiation of the choice and modeling of power supply systems and lighting sports halls for gaming sports in order to improve their performance.

Key words: lighting installation, light power, power supply, LED spotlight, illumination.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	13
1.1 Загальні вимоги до освітлення закритих спортивних споруд	13
1.2 Типові схеми освітлення і особливості освітлення спортзалів для різних видів спорту	16
1.3 Врахування спектрального складу випромінювання джерел світла	18
1.4 Типові світлові прилади, які використовуються для освітлення спортивних залів	25
1.5 Висновки до розділу	33
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	34
2.1 Обґрунтування вибору методу розрахунку освітленості.....	34
2.2 Аналіз методу коефіцієнта використання світлового потоку	36
2.3 Методологія розрахунку за методом використання світлового потоку	39
2.4 Обґрунтування проведення розрахунку за питомою потужністю	39
2.5 Аналіз можливості розрахунку освітленості точковим методом 41	41
2.6 Висновки до розділу	45
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	46
3.1 Аналіз нормативів освітлення та електропостачання спортивних приміщень	46
3.2 Технологічні особливості прожекторів і світильників LED.....	48
3.2.1 Світлодіодні прожектори	48
3.2.2 Світлодіодні світильники	50
3.3 Моделювання світлового середовища за точковим методом розрахунку освітленості	52
3.4 Специфіка системи електропостачання світлодіодної освітлювальної установки	57

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	59
4.1 Особливості проектування освітлювальних установок для спортивних залів.....	59
4.2 Аналіз вибору нормативних даних для освітлювального об'єму спортивного залу	62
4.3 Вибір обладнання для освітлення спортивного об'єкту за паспортними даними.....	64
4.3.1 Світлодіодний прожектор GL-FL120	64
4.3.2 Світлодіодний світильник LED 60 А	65
4.4 Конструктивні особливості використання точкового методу розрахунку освітленості спортивних залів	66
4.5 Висновки до розділів 3, 4	78
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	79
5.1 Особливості загальної послідовності проектування системи освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту	79
5.2 Вибір кабельно-провідникової частини системи живлення освітлювальної установки	80
5.3 Електротехнічний розрахунок групових щитків системи електропостачання освітлювальної установки	83
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	87
6.1 Розрахунок затрат на виготовлення установки.....	87
6.2 Визначення затрат на експлуатацію установки	92
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	96
7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ	96
7.1.1 Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом	96
7.1.2 Дія електричного струму на організм людини	98
7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	100
7.2.1 Пожежна безпека на об'єкті, що проектується	100
8 ЕКОЛОГІЯ.....	104

8.1 Актуальність екології і охорони навколишнього середовища	104
8.2 Заходи, щодо усунення шкідливих викидів речовин при світлотехнічному виробництві.....	106
8.3 Висновки до розділу	109
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	110
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	111

ВСТУП

Системи штучного освітлення впроваджені практично у всіх закритих спортивних приміщеннях, і з усіх інженерних пристроїв, вони, мабуть, найбільш масові. Їх проектування, розробка та експлуатація потребують великих затрат матеріальних засобів, електроенергії і людської праці, але ці затрати з надлишком окуповуються тим, що забезпечується можливість нормального життя та діяльності людей в умовах відсутності або недостатнього природного освітлення.

Інтерес до тренувального процесу, змагань спортсменів, та й просто здоровий образ життя, який передбачає відвідування спортзалів значно розширив вимоги до освітлювальних установок спортивних об'єктів (зокрема спортивних приміщень загального призначення.), виникла необхідність нормування освітлення в площинах, не лише горизонтальній, а й вертикальних, нахилених під певними кутами до горизонту, як таких, в яких спрямовано найімовірніша лінія поля зору спортсменів, глядачів.

Із впровадженням нових енергозберігаючих світлових приладів доволі жорсткі обмеження ставлять до рівномірності розподілу освітленості по різних площинах освітлювального об'єкта. Важливу роль в даній проблемі відіграє спектральний склад і кольоровість випромінювання джерел світла, що використовуються, а також їх світлова віддача.

Окрім цього на сучасному етапі проблема енергозбереження має велике народногосподарське значення. В освітлювальних установках (ОУ) витрачається майже 13 % всієї електричної енергії. Разом з тим дослідження показують, що є реальна можливість вдвічі знизити витрату електроенергії без погіршення умов освітлення, а за рахунок вдосконалення засобів і способів освітлення, реконструкції діючих установок і організації їх грамотної експлуатації. Тому однією з найважливіших задач при проектуванні світлотехнічних установок є питання раціонального використання електричної енергії.

Таким чином, виходячи з аналізу вимог до джерел світла, світлових приладів і діючих та проєктованих освітлювальних установок, систем їх електропостачання, слідує, що проблема освітлення спортивних об'єктів, яка б забезпечила умови для проведення комфортних умов тренувань і змагань пов'язана з вирішенням цілого комплексу доволі складних задач.

Актуальність теми. Виходячи з досвіду проєктування та експлуатації освітлювальних установок закритих спортивних приміщень загального та спеціалізованого призначення слід відзначити, що рівномірності значень освітленості нормованих горизонтальної та вертикальних площин освітлювальних об'єктів, засліплюючій дії світлових приладів надається ще недостатнього уваги. У багатьох системах освітлення ще використовуються джерела світла, електропостачання яких є доволі суттєвим та неекономним. Тому більшу увагу при розробці таких систем освітлення слід приділяти сучасним енергоощадним джерелам світла, відповідним світловим приладам, у яких ці джерела використовуються, розташовувати світлові прилади в точно регламентованих точках підвісу.

Системи електропостачання у зв'язку із зменшенням потужності сучасних джерел випромінювання стають простішими, проте до них ставляться суворіші вимоги щодо стабільності електротехнічних характеристик.

Дослідження, спрямовані на аналіз режимів роботи систем електропостачання та освітлення типових відкритих спортивних майданчиків, світлотехнічних характеристик освітлювальних установок, дозволять зробити їх енергетично оощадними, підвищити їх експлуатаційну надійність.

Мета і завдання дослідження. *Метою* дослідження є надання рекомендацій для розробки та проєктування освітлювальних установок для типових закритих спортивних приміщень (основне їх призначення – проведення змагань і тренувань з ігрових видів спорту, переважно з мініфутболу, як самого розповсюдженого виду, волейболу, баскетболу,

гандболу), яка б задовольняла усім конструктивним, техніко-експлуатаційним та економічним вимогам.

Завдання дослідження:

1. Дослідити криві сили світла різних типів світильників, що можуть застосовуватися для освітлення закритих спортивних приміщень.
2. Розробити рекомендації щодо вибору типів світлових приладів, світловий потік яких максимально дифузно попадав на поверхню спортивного майданчика, а технічні характеристики відповідали б визначеним кліматичним умовам.
3. Подати рекомендації по підбору джерел світла, які можливо використовувати у світлових приладах і, які б створювали освітленість згідно наперед заданих норм.
4. Знайти вдале розташування світильників (визначити висоту і місце розташування, відстані між ними та їх кількість).
5. Створити можливість швидкого розрахунку освітленості в будь-якій точці нормованої площини спортивного об'єкту, з високою точністю та за допомогою ЕОМ.

Об'єкт дослідження – системи електропостачання та системи освітлення типових закритих спортивних приміщень, які призначаються для ігрових видів спорту.

Предмет дослідження – закономірності функціонування систем електропостачання та освітлення спортивних залів, електротехнічні та світлотехнічні характеристики роботи даних систем.

Методи дослідження. Аналіз роботи системи електропостачання, проектування освітлення закритих спортивних приміщень досліджувалися із застосуванням математичних моделей проектування, у яких використовувалися операторний метод розв'язку алгебраїчних, диференціальних рівнянь, матричний розрахунок. Визначення

фотометричних тіл світлових приладів, рівнів освітленості, коефіцієнтів нерівномірності освітлення в експериментальних дослідженнях проводилися непрямим методом. Обчислення теоретичних залежностей і обробка експериментальних даних проводилися математично-статистичним методом із застосуванням пакету програм «Microsoft Office» і програмного забезпечення «MathCad», «DiaLux».

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Отримала подальший розвиток методологія точного розрахунку сили випромінювання світильників різного класу по довільних напрямках у просторі.
2. У методиці розрахунку освітленості горизонтальних та вертикальних площин освітлювального об'єкта зроблено можливість врахування коефіцієнтів нерівномірності з відносною похибкою не більше 6-7%.

Практичне значення отриманих результатів

1. Вдосконалена методика точного розрахунку сили світла по різних напрямках простору від світильників прожекторного типу.
2. Досліджено спектральний склад випромінювання сучасних енергоекономних джерел світла.
3. Розроблена методика практичного визначення параметрів освітлювальних установок для спормайданчиків закритого типу.

Апробація результатів магістерської роботи.

Основні положення роботи і її результати доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 27-28 листопада 2019 р. (Тернопіль 2019 р.).

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано тези доповіді «Забезпечення енергоефективної системи електропостачання для освітлювальної установки спортивних майданчиків». Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листопада 2019.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – с. 10.

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (32 найменування).

Загальний обсяг текстової частини: 113 сторінок, 3 таблиць, 20 рисунки.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Загальні вимоги до освітлення закритих спортивних споруд

Для проведення спортивних заходів потрібне якісне освітлення, що забезпечить комфортні умови учасникам спортивних заходів та спостерігачам як у місцях проведення змагань, так і тим, хто спостерігає на трибунах чи проводить фото- чи відеозйомку. Для максимального використання обмеженого простору й порівняно дорогого світлотехнічного устаткування спортзали дедалі частіше починають використовуватися для проведення інших заходів, таких як, театральні вистави, концерти тощо. Це все потрібно враховувати при проектуванні освітлення. На сучасному етапі відеозйомка – звичне явище при проведенні спортивних заходів, тому за допомогою штучного якісного освітлення забезпечується можливість одержання зображення високої якості. Саме завдяки фото та відео матеріалам глядачі починають цікавитися спортом, а це, у свою чергу, вимагає поліпшення рівнів освітлення місць проведення змагань. Якість штучного освітлення є одним з основних факторів, що визначають облаштованість спортивних об'єктів. Іноді питання про освітлення не розглядається належним чином і встановлюється невідповідна освітлювальна система. Так звана економія на освітленні – це завжди збиткова економія, і на певному етапі, учасники спортивних міроприємств, глядачі вимагають реконструювати та модернізувати систему освітлення (СО), тобто робота фактично виконується двічі.

СО повинна бути спроектована таким чином, щоб забезпечити різні рівні освітленості, що відповідають різним спортивним заходам. Сама робота освітлювальної установки (ОУ) при різних режимах також має немале значення з погляду економії електроенергії. Зазвичай, використовують такі „режими роботи” освітлювальної установки:

- змагання;
- тренування;

- заходи з можливістю роботи відео інженерів місцевих телекомпаній;
- робота в аварійному режимі.

В даному огляді більш детально зупинимось на таких важливих питаннях як джерела світла, види освітлювальних установок, світлові прилади, вимоги до освітлення приміщення, тощо, а також про можливі системи автоматичного керування освітленням, їх недоліки і переваги.

Загальні вимоги до освітлення закритих спортивних споруд, природно, дуже близькі до вимог, які стосуються освітлення відкритих споруд. В першу чергу це забезпечення видимості об'єктів спостереження і обмеження засліплюючої дії для спортсменів і глядачів.

Однак при освітленні закритих спортивних споруд виникають деякі характерні проблеми, які слід розглянути детально. Закриті спортивні споруди мають обмежені розміри, що не дозволяє довільно розміщувати освітлювальні прилади (ОП). Це, в ряді випадків, призводить до необхідності встановлювати світильники на меншій висоті або під іншими кутами, ніж бажано. При цьому світильники можуть опинитися в зонах, доступних для ударів по ним м'ячем чи іншим спортивним обладнанням під час гри, що вимагає спеціального їх конструктивного виконання або обладнання їх особливим захистом від механічних пошкоджень. Додаткове обмеження на розміщення світильників часто накладає проблема їх обслуговування.

Але обмежені розміри спортивних залів дають і певні переваги. При невеликих відстанях до освітлюваних об'єктів можна застосовувати освітлювальні прилади з меншим посиленням і меншими значеннями сили світла. Такі прилади створюють меншу засліплюючу дію. Крім того, в закритих приміщеннях стеля і стіни стають активними елементами освітлювальної установки. Тому при проектуванні освітлення в спортивних залах для створення комфортних умов необхідно подбати про відповідне освітлення стелі та стін залу та їх забарвлення. Це забезпечить потрібні величини контрасту між об'єктом спостереження і фоном, а також створить зорове відчуття насиченості світлом простору спортивного залу, що в свою

чергу сприяє успішному виконанню спортивних вправ і спостереження за ними.

Особливістю освітлення закритих спортивних споруд є те, що не всі види спорту прийнято проводити в закритих приміщеннях. Правда, останнім часом є певне прагнення розширити список видів спорту, якими займаються в закритих спортивних спорудах. Вже збудовано і проектується кілька закритих стадіонів для гри у футбол, а проведення відповідальних змагань із спортивних ігор в закритих приміщеннях стало традицією через стабільність умов гри.

Особливістю освітлення закритих спортивних споруд є також те, що освітлювальна установка в ряді випадків повинна задовільняти самим різноманітним цілям, так як одне і те ж приміщення часто використовується для занять кількома різними видами спорту, а іноді і не тільки для спортивних занять. Тому при створенні освітлення повинні враховуватися вимоги, пропоновані до освітлення всіх тих видів спорту, якими будуть займатися в даному об'єкті спортивного призначення.

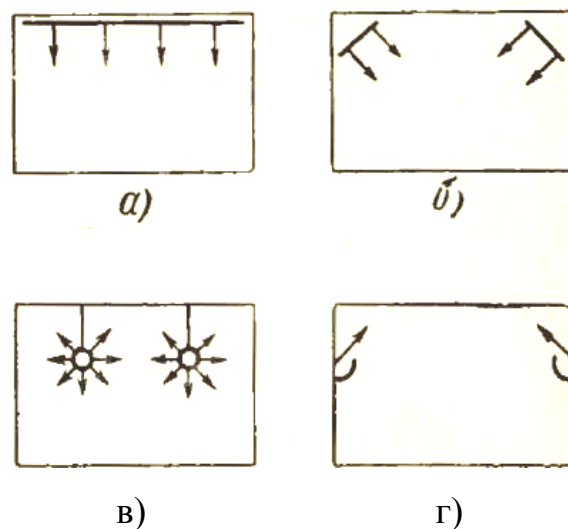


Рис. 1. Схеми основних систем освітлення закритих спортивних споруд. а – система верхнього світла; б – система верхньо-бічного світла; в – система розсіяного світла; г – система відбитого світла.

Величини освітленості у закритих спортивних спорудах визначені «Нормами електричного освітлення спортивних споруд» [7] На рис. 1

наведені схеми основних систем освітлення закритих спортивних споруд. Система верхнього світла (рис. 1а) може застосовуватися для освітлення гри в хокей, а також для занять боксом, боротьбою, гімнастикою, легкою атлетикою, фехтуванням, настільним тенісом та іншими видами спорту. Система верхньо-бічного світла (рис. 1б) найкращим чином задовольняє умовам освітлення в ігрових спортивних залах (теніс, волейбол, баскетбол, бадмінтон), а також може успішно служити майже для всіх інших видів спорту. Ця система найбільш універсальна. Система розсіяного світла (рис. 1в) створює м'яке освітлення з хорошим насиченням світлом простору і зі зниженими контрастами. Не рекомендується для випадків спостереження за швидко рухомими об'єктами. Вимагає хорошої обробки та світлого забарвлення стелі та стін. Система відбитого світла (рис. 1г) володіє найбільш м'яким, майже безтіньовим характером освітлення з сильно зниженою контрастністю і практичною відсутністю засліплення. Не рекомендується для рухливих видів спорту. Знаходить обмежене застосування в басейнах для усунення відблисків на водній поверхні від джерел світла. Освітлення по цій системі неекономічне і вимагає дуже хороших відбиваючих властивостей стелі та верхньої частини стін.

1.2. Типові схеми освітлення і особливості освітлення спортзалів для різних видів спорту

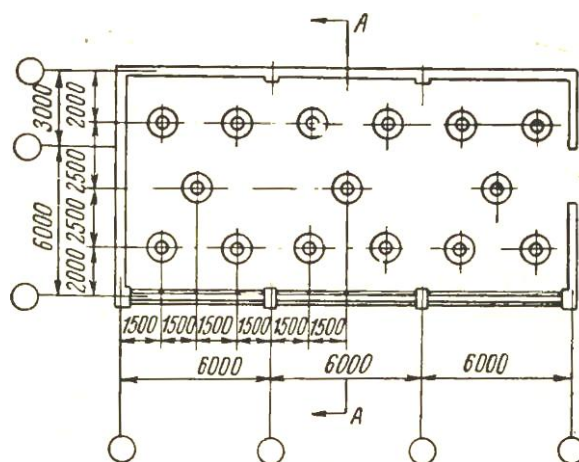
Розглянемо кілька конкретних прикладів освітлювальних установок найбільш масових закритих спортивних споруд з тим, щоб визначити особливості освітлення основних груп споруд різних типів. Ці установки розраховані на виконання вимог норм освітлення, і їх у разі потреби можна застосувати в інших спорудах, подібних за розмірами і призначенням.

Гімнастичний зал 9 на 18 м може служити для занять гімнастикою, акробатикою, боротьбою, боксом, важкою атлетикою, а також як зал для проведення розминок. Для цих видів спорту може бути застосована система верхнього світла. Нормована горизонтальна освітленість при лампах розжарювання (які, на жаль, ще застосовуються) 75 лк і при люмінесцентних

лампах 150 лк. У залах для змагань загальноміського масштабу і вище освітленість повинна бути відповідно 100 і 200 лк. При освітленні залу лампами розжарювання можна застосувати світильники розсіяного світла з кільцевими обмежувачами. Потужність ламп може доходити до 400 Вт. Для забезпечення освітленості в 100 лк потрібно встановити 15 світильників у відповідності зі схемою, наведеною на рис. 1а, на висоті 5-5,5 м над підлогою. Потужність установки 4,5 Вт, питома потужність 28 Вт/м². Зал повинен мати білу стелю і світлі стіни.

Спортивний зал 18 на 36 м (з балконом для глядачів) призначений для спортивних ігор, гімнастики та інших видів спорту. Найбільш складними видами спорту з точки зору вимог, що пред'являються до освітлення, є спортивні ігри: волейбол, баскетбол, бадмінтон. Ці види спорту і є визначальними при виборі системи освітлення.

Для ігрового спортивного залу повинна застосовуватися система верхньо-бічного світла, придатна також і для інших видів спорту, якими можна займатися в такому залі. Нормована величина горизонтальної освітленості в ігровому залі повинна становити при лампах розжарювання 100 лк і при люмінесцентних лампах і лампах ДРЛ 200 лк. Освітленості у вертикальній площині, що проходить через подовжню вісь залу, повинні відповідно складати 50 і 75 лк до висоти 2 м від підлоги. При проведенні змагань в залі ці показники освітленості повинні бути збільшені: горизонтальні – до 150 і 300 лк і вертикальні – до 75-100 лк.



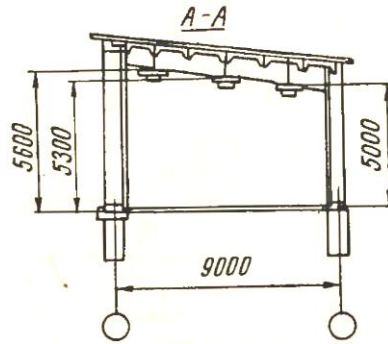


Рис. 2 Освітлення гімнастичного залу 9×18 м світильниками розсіяного світла СК-300. Розміри – в міліметрах.

1.3 Врахування спектрального складу випромінювання джерел світла

Для визначення ефективності освітлювальної установки необхідно знати характеристики спектрального розподілу випромінювання і спектральну чутливість приймача. Функції спектрального розподілу густини випромінювання $\omega(\lambda)$ визначають не тільки світловий потік, але й також і значення абсолютної A і відносної a актинічностей, які використовуються для приймача і функції спектрального розподілу еталонного випромінювання. Відповідно, функції спектрального розподілу випромінювання для вибору норми освітленості в установках з приймачами, які мають спектральну чутливість відмінну від стандартних функцій відносної світимості однорідних випромінювачів. Врахування спектрального складу випромінювання при нормуванні особливо важливо в тих випадках, коли спектральна чутливість змінюється як функція рівня збудження приймача випромінювання (приймачем може служити звичайне око людини-спостерігача, матриці чутливості фото- чи відеокамер, тощо). До числа таких установок слід, в першу чергу, віднести освітлювальні установки з низьким рівнем нормованої яскравості ($L < 10$ кд/м²).

Відносна спектральна чутливість зорового аналізатора в умовах сутінкового бачення $10 > L > 0,01$ кд/м² змінюється, дещо деформуючись і зміщується в короткохвильову частину спектра. В сутінковому діапазоні яскравості зміщення кривої спектральної чутливості зорового аналізатора призводить до потемніння червоних кольорів з одночасним посвітлінням синіх (ефект Пуркіне).

Цей ефект в умовах малої яскравості адаптації приводить до відносного зниження світимості рівнояскравих випромінювачем з малим значенням кольорової температури. Для кількісного врахування цього ефекту необхідно користуватися

співставленням еквівалентної яскравості, рівність значень яких для випромінювання любого спектрального складу забезпечує однакову світлість порівнюваних випромінювачів при однаковому значенню яскравості поля зору. Цю умову можна записати для будь-яких різноспектральних випромінювачів.

Сьогодні на ринку є лампи з різними характеристиками (характер випромінювання ламп визначається спектральним складом, кольоровою температурою, тощо). Так, для показника 2500-2800 °К характерне ледве жовтувате світло, що підходить для атмосфери спокою. Для показника 2800-3500 °К – біле світло без жовтизни для атмосфери активного спілкування. Для показника 3500-5000 °К – яскраве нейтральне біле світло, доречне для офісів і торговельних приміщень. Показник 5000 °К и вище ідентичний денному освітленню, що підходить для знімальних павільйонів і басейнів.

Ідеальний варіант – сонячне світло. Однак безперервний спектр світла, аналогічний сонячному, мають також звичайні й галогенні лампи. Газонаповнені лампи, навпроти, відрізняються переривчастим і лінійчатим спектром.

Застосування спрямованого або розсіяного світла залежить від конструкції його джерела. Дифузні джерела добрі, коли потрібно підсвітити всю певний об'єм. Спрямовані – коли необхідно спрямувати світловий потік в певному напрямку, виділити частину поверхні, площі тощо.

Наприкінці ХХ століття з'явилося оптоволоконне освітлення, головна перевага якого – відсутність прямого контакту парів води та інших складових середовища, у якому воно працює зі струмоведучими елементами системи.

Розглянемо на прикладах відомих виробників світлотехнічні та інші характеристики типових джерел світла.

Лампа галогенна 230V Electrum GU10 50W

Тип: дзеркальна MR16

Потужність: 50 Вт

Напруга мережі: 220-230 В

Кут розсіювання: 40 град.

Тип цоколя: GU10

Тип колби: Рефлекторна

Тип рефлектора: Алюмінієвий

Сила світла: 800 кд

Термін служби: 2000 годин.

Виробник : ELECTRUM

Призначена для світлових приладів, які освітлюють закриті приміщення.



Рис.3 Галогенна лампа JC G6.35 50W

Лампа галогенна JC G6.35 50W

Використовується у світильниках, де використання звичайних ламп неможливе через особливість конструкції

Потужність 50 Вт

Кольорова температура 2800 °К

Цоколь G6.35



Рис. 4 Загальний вигляд і геометричні розміри галогенної лампи.

Лампа світлодіодна

Серія LL16;

LL16-6CW0-80;

Потужність 6 Вт;

Світловий потік 300 Лм;

LL(світлодіодна лампа) – 16 (тип) – 6 (потужність) CW(колір) 0 (тип світлодіода) – 80 (кут випромінювання);

Живлення 12В DC/AC;

Номінальна потужність 3 Вт/6 Вт;

Ресурс безперервної роботи ~50000 годин (~6 років);

Вага 50 грам;

Кут випромінювання 90°/60°/30°

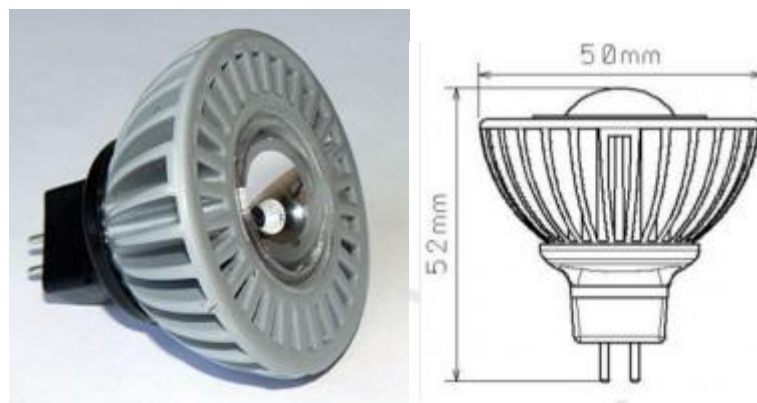


Рис. 5 Загальний вигляд і геометричні розміри світлодіодної лампи.

HSI-TD 250W AquaArc

Потужність 250 Вт;
Світловий потік 14 000 лм;
Кольорова температура 10 000 °К;
Термін служби 9 тис. год.;
Цоколь FC2;



Рис.6 Металогалогенна лампа

HSI-TD AquaArc – компактні двоцокольні металогенні лампи з кварцовою горілкою і прозорою колбою для використовуються у світильниках із захисним склом.

Натрієві лампи високого тиску в даний час найбільш економічні і енергоефективні зі всіх існуючих газорозрядних ламп високого тиску. Вони надійні, мають високі технічні характеристики в процесі всього терміну служби і широко застосовуються для освітлення скверів, парків, вулиць, автотрас і майданів, а також промислових територій і інших відкритих просторів, де не пред'являється високих вимог до якості відтворення кольорів.

Натрієва лампа високого тиску NAV-TS 250W FC2 OSRAM



Рис. 7 Натрієва лампа

- Потужність лампи 250 Вт;
- Світловий потік 25500 лм;
- Цоколь Fc2;
- Форма лампи: трубка двостороння;
- Кольорова температура 2000 °К.

Кольорова температура (Тк) стандартних натрієвих лампи високого тиску складає 2000 °К, спільний індекс відтворення (Ra) кольорів - 20.

Лампи включаються в мережу змінного струму частотою 50 Гц напругою 220 В з відповідною пускорегулюючою апаратурою і імпульсним запалюючим пристроєм. Лампи відповідають ОСТ Р 52713-2007 МЕК по вимогах безпеки. Рекомендації по експлуатації: лампи експлуатуються при температурі навколишнього повітря від 40 до мінус 40°С. Запалення ламп при напрузі мережі 220 В повинно наставати протягом 1 хв. Повторне запалення ламп проводити не раніше 10 хв. після їх відключення. Положення ламп при експлуатації – довільне. Експлуатація ламп на напрузі вище 220 В приводить до різкого скорочення терміну служби лампи передчасного виходу їх з ладу. Забороняється експлуатація ламп у відкритих світильниках, що не

захищають поверхню колби від попадання атмосферних опадів. Забороняється експлуатація ламп з пошкодженою зовнішньою колбою.

LA2000W - компактна кварцова металогалогенна лампа з подвійною запресовкою горілки.



Рис. 8 Кварцова металогалогенна лампа

Характеристики:

Потужність 2000 Вт;

Напруга 400 В;

Напруга на лампі 235 В;

Струм лампи з ПРА 9.6 А;

Цоколь Х528;

Кольорова температура 4200 °К;

Світловий потік 220 000 лм.

Використовується у світлових приладах для освітлення великих масштабних приміщень, спортивних споруд, цехів тощо.

1.4 Типові світлові прилади, які використовуються для освітлення спортивних залів

Установки верхньо-бічного світла для спортивних ігрових майданчиків (волейбольних, баскетбольних, тенісних та ін.) найбільш зручно виконувати за допомогою світильників з несиметричним спрямуванням світлового потоку типу «кососвет» (рис. 9). З цією метою були розроблені спеціальні дзеркальні світильники провідними виробниками світлотехнічної продукції з лампами ДРЛ (рис. 9). Світильники мають пило- та вологозахисне виконання, дзеркальний алюмінієвий відбивач і загартоване теплостійке захисне скло. Пускорегульвальна апаратура виносна.

Забезпечена можливість повороту світильника в горизонтальній і вертикальній площинах. Для виконання установок верхньо-бокового світла можуть також застосовуватися в разі потреби вуличні консольні світильники з люмінесцентними лампами. Найбільш розповсюджені на сучасному етапі світильники фірм «OSRAM», «PHILIPS» з лампами ДРЛ.



Рис. 9 Типові світильники типу «кососвет»

Світильники з дзеркальними лампами розжарювання, по аналогії до світильників типу «кососвет», є, по суті справи, пристроями для захисту ламп від атмосферних впливів. Вони не беруть участь у перерозподілі світлового потоку ламп, але створюють захисний кут. Крім того, світильники служать арматурою, що дозволяє направити світло дзеркальних ламп в обраному напрямку і закріпити їх у цьому положенні.

Основні характеристики світильників, які застосовуються для освітлення спортивних споруд, наведено в літературних джерелах [5]. Наведу лиш декілька прикладів таких світлових приладів відомих найбільш поширених виробників світлотехнічної продукції.



Рис. 10 Прожектор фірми Philips

Прожектор 1xMHN- LA2000W/400V/842(Philips) – високоефективний світловий прилад для освітлення спортивних і промислових об'єктів. Прожектор Philips має добре сформований не засліплюючий широкий світловий пучок. Лампа MHN- LA2000W має високу якість кольоропередачі, що важливо для трансляцій. Вмонтована оптична система, ПРА і лампа забезпечують високу ефективність прожектора.

Температура навколишнього середовища: від -4°C до $+40^{\circ}\text{C}$;

Потужність лампи 2000 Вт;

Напруга живлення лампи 400 В.

Паспортні параметри та основні характеристики прожектора ГО-03В, ЖО-03В.

Призначення: для освітлення гірських розробок, портів, будівельних майданчиків, мостів, залізниць, вулиць з інтенсивним рухом, підприємств важкої промисловості та встановлення на об'єктах з підвищеною вібронавантаженням, а також для освітлення спортивних комплексів та інших споруд.

Температура навколишнього середовища при експлуатації прожектора можлива і в ширших межах, а саме від -40°C до 40°C .

Конструкція: корпусні деталі з алюмінієвого сплаву, відбивач з листового алюмінію високої чистоти фірми «ALANOD». Апаратура управління для 250 Вт вбудована. Для 400 Вт ПРА незалежний. Захисне скло – жаростійке.

Клас захисту від ураження електричним струмом I за ГОСТ 12.2.007.0

Джерела світла:

Газорозрядні лампи: металогалогенні типу HQI-TS 250 W / D і HQI-TS 400 W / D (Osram); натрієві типу NAV-TS 250 і NAV-TS 400 (Osram). Цоколь – Fc2. А також інші лампи з аналогічними електричними параметрами і габаритними розмірами.



Рис. 11 Прожектор ВАТ «Ватра»

Монтаж: Встановлюється на горизонтальному майданчику лірою вниз або вгору.

Переваги:

- підвищена вібростійкість, що дозволяє експлуатувати прожектори на екскаваторах і кранах, в приміщеннях спортивного призначення, в яких ймовірно попадання в корпус прожектора спортивних снарядів (м'ячів, тощо);
- різні оптичне системи створюють комфортне і енергоекономне освітлення;
- атмосферостійкі матеріали і покриття запобігають корозії і забезпечують тривалий термін служби, не менше ніж 20 років;
- стабільні світлотехнічні та електричні параметри за рахунок застосування відбивача з алюмінію фірми "ALANOD" і високого ступеня захисту оптичної системи та апаратури управління;
- мінімальні витрати на обслуговування;
- пожегобезпечний;
- екологічно безпечний.

Світлодіодні прожектори.

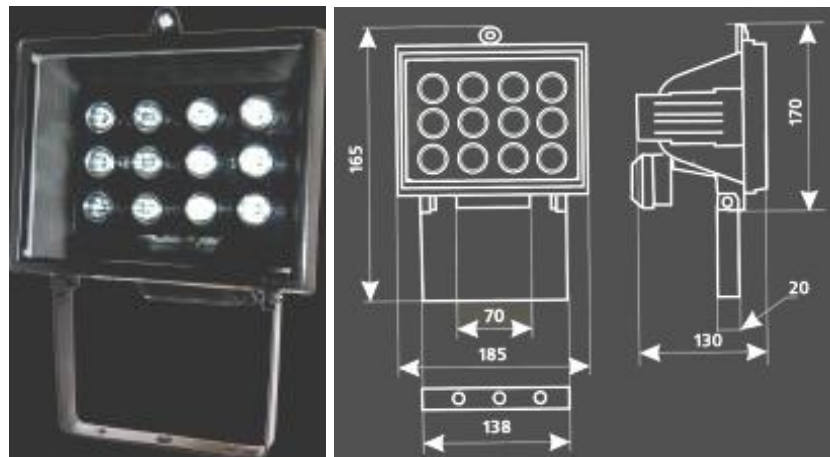


Рис. 12 Зовнішній вигляд та геометричні розміри світлодіодного прожектора потужністю 15 Вт (виробник Cree США)

Світлодіодний прожектор для архітектурного підсвічування та освітлення територій та приміщень в традиційному корпусі, на базі світлодіодів Cree (USA). Забезпечує термін служби до 100 000 годин.

Живлення від стабілізованих джерел живлення постійного струму, для підключення до мережі змінного струму напругою 220 В ($\pm 15\%$), 50 Гц. Може комплектуватися різними коліматорами в залежності від потреб, забезпечуючи кути розходження променя 10, 20, 30, 45 градусів і еліптичними лінзами 5x50 град. і 5x75 град. Матеріал корпусу – алюміній з акриловим покриттям.

Технічні характеристики:

Споживана потужність: 11-15 Вт (в залежності від кількості одночасно включених світлодіодів).

Світлових потік: 1200-1320 лм (в залежності від кількості одночасно включених світлодіодів).

Кут випромінювання: 10, 20, 30, 45 град.

Довжина освітлюваної ділянки: до 40 м.

Матеріал корпусу: алюмінієвий сплав, забарвлення порошкова.

Живлення: 12В DC./220В AC (опціонально за бажанням замовника).

Робочий діапазон температур: -40 +80 град. С.

Клас захисту: IP54.

Термін служби: > 50 000 годин.

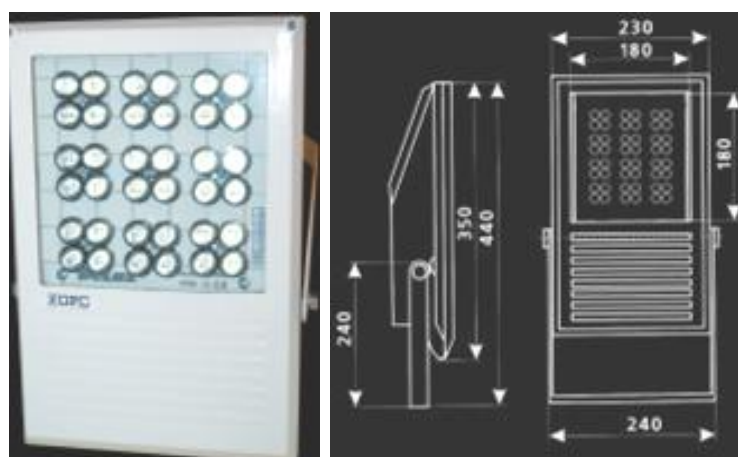


Рис. 13 Зовнішній вигляд та геометричні розміри світлодіодного прожектора потужністю 34 Вт (виробник Gree США)

Прожектор призначений для архітектурного та ландшафтного підсвічування, освітлення приміщень закритого типу.

Виробляється два типи прожекторів різних за потужністю. Перший КН-SC36-220 – на базі 18-ти надпотужних одноватних світлодіодів монохромного кольору свічення з живленням від мережі змінного струму 220 В. Варіант КН-SC36-RGB побудований на базі 12-ти синіх, 12 зелених і 12 червоних одноватних світлодіодів. Мультикольоровий варіант RGB має 3 канали для підключення через RGB контролер. За бажанням клієнтів контролер і блок живлення можуть бути вбудований в прожектор. Кут використовуваної вторинної оптики доступний в діапазоні 10/20/30/45 град.

Для моделі КНСС36-220 можливі наступні колірні рішення: білий (6000 К), тепло-білий (3500 К), червоний, синій, зелений, жовтий-бурштиновий.

Технічні характеристики:

Габарити: ширина 240 мм, висота з лірою 440 мм, глибина 90 мм.

36 світлодіодів CREE-Chips.

Споживана потужність: 24-34 Вт (в залежності від кількості одночасно включених світлодіодів).

Світловий потік: 240-2520 лм (в залежності від кількості одночасно включених світлодіодів).

Кут випромінювання: 10, 20, 30, 45 град.

Довжина освітлюваної ділянки: до 40 м.

Управління: сумісний з контролерами DMX і стандартними RGB-контролерами.

Матеріал корпусу: литий алюмінієвий сплав, забарвлення емаль.

Живлення: АС 220 В, 50Гц або 12 В DC. Залежно від моделі.

Робочий діапазон температур: -40 +60 град. С.

Клас захисту: IP65.

Термін служби: більше 50 000 годин.

Одним з найкращих прожекторів з параболо-циліндричним відбивачем є SNF 300/9 фірми Siemens (рис. 14).

Відбивач цього прожектора виготовлений з високо чистого алюмінію. Степінь захисту від впливу навколишнього середовища IP55. Кліматичне виконання дозволяє експлуатувати прожектор в широкому діапазоні температур від -20°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Є можливість точного і нескладного націлювання ОУ. Прожектор типу SNF 300/9 з лампою НРІ-Т 400W створює широку криву сили світла (рис 1.15).

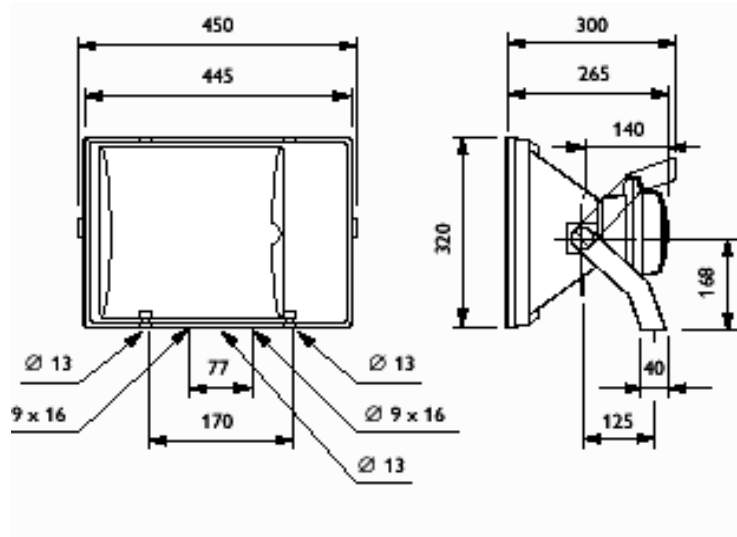


Рис.1.14 Прожектор типу SNF 300/9 (фірма Siemens)

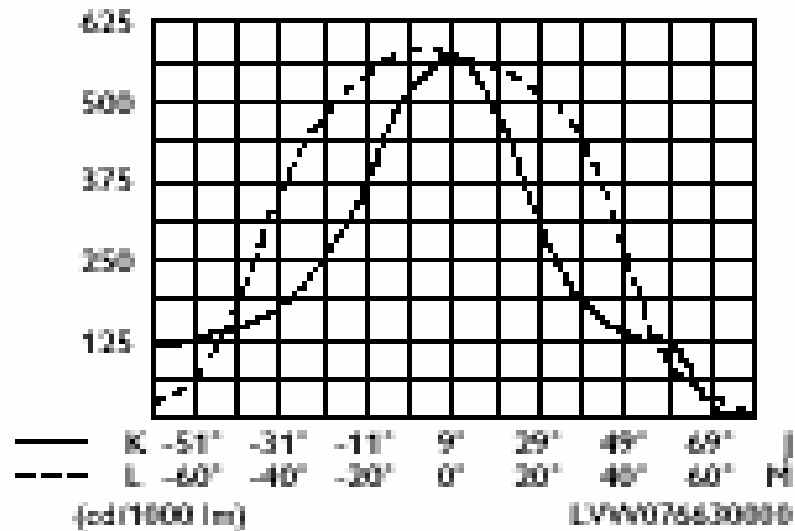


Рис.1.15 Крива сили світла прожектора типу SNF 300/9 (фірма Siemens):

- в вертикальній площині;
- - - - - в горизонтальній площині.

1.5 Висновки до розділу

1. Аналіз систем освітлення закритих спортивних майданчиків показав, що їх слід використовувати в залежності від призначення приміщення залу для переважно певного виду спортивних змагань, які плануються проводити на ньому. Найбільш вдалимими по рівномірності освітлення, мінімізації засліплюючої дії джерел світла є системи верхнього світла, верхнього-бічного освітлення, розсіяного світла. Проте, щоразу обов'язково потрібно враховувати переважний вид спортивних змагань, що мають проводитися в конкретному спортивному залі.
2. У світлових приладах, що використовуються в системах освітлення спортивних майданчиків, слід використовувати найбільш енергоефективні джерела світла, такі як люмінесцентні, дугорозрядні імпульсні лампи (ДРІ), світлодіодні. При їх виборі слід враховувати геометричні розміри освітлювального об'єкта, можливу висоту встановлення світлових приладів, спектральний склад випромінювання самих джерел і на основі порівняння віддавати перевагу одному із типів джерел світла.
3. Найбільш ефективними по розподілу світлового потоку по горизонтальній та вертикальних площинах освітлювального об'єкта є світлові прилади з несиметричною оптикою. Саме вони даватимуть найкращі показники рівномірності освітленості різних площин спортивного майданчика, мінімізують засліплюючу дію джерел світла.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування вибору методу розрахунку освітленості

Значна кількість методів, що застосовуються для розрахунку рівнів освітлення, математично зводиться до двох принципово різних, а саме: точкового методу та методу використання світлового потоку, який іноді називають методом коефіцієнта використання світлового потоку. Спрощені методи розрахунку (таблиці питомої потужності, графіки Гурова, Прохорова та ін.) базуються на одному з двох вказаних методів.

Вдосконаливши точковий метод, можна знайти середню освітленість нормованих поверхонь, проте в основному він призначений для визначення освітленості в наперед визначених точках і значить найбільш придатний для розрахунку мінімальної освітленості, яка регламентується нормами для більшості освітлюваних об'єктів. Цей метод дозволяє в принципі визначити не тільки освітленість точки від прямого світла випромінювачів, але і додаткову освітленість, яка створюється відбитим світлом, хоча без спеціального математичного апарату вона враховується наближено.

Метод використання світлового потоку призначений для визначення середньої освітленості і при розрахунку мінімальна освітленість оцінюється лише наближено і без виявлення точок, де вона має місце. Взагалі середня освітленість може бути розрахована на як завгодно розміщеній поверхні, але найбільш часто застосовують лише для горизонтальної площини.

В теорії точкового методу менше припущень, ніж в теорії методу коефіцієнта використання світлового потоку, але сама сила світла в певних напрямках часто має великі випадкові відхилення, тому її важко визнати. Точковий метод більш точним, ніж метод коефіцієнта використання світлового потоку. По використанню математичного апарату розрахунку на сучасному етапі методи є практично рівноцінними.

При проектуванні точковий метод розрахунку може бути рекомендованим коли:

- 1) відсутня необхідність в врахуванні відбитої складової освітленості;
- 2) не висуваються вимоги до рівномірності розподілу освітленості по приміщенню;
- 3) визначається освітленість негоризонтальних поверхонь;
- 4) необхідно врахувати можливе затінення.

У всіх інших випадках доцільніше застосовувати метод використання світлового потоку, як більш простий для математичного розрахунку.

Застосування методу використання світлового потоку доцільне в усіх випадках, коли розрахунок ведеться на середню освітленість для розрахунку загального рівномірного освітлення допоміжних, побутових, адміністративно-конторських приміщень, а також для розрахунку загальної рівномірності освітлення виробничих приміщень світильниками, які не відносяться до класу прямого світла.

Застосування точкового методу доцільно для установок з підвищеною нерівномірністю освітлення (локалізоване освітлення світильниками прямого світла, зовнішнє освітлення, яке розраховується на мінімальну освітленість, аварійне освітлення), а також для розрахунку освітленості негоризонтальних поверхонь, при використанні світильників прямого світла.

Загальне рівномірне освітлення спортивних приміщень виконане світильниками прямого світла може бути розраховане будь-яким методом. Однак в найбільш відповідальних випадках перевага віддається точковому методу, так як він дозволяє проаналізувати розподіл освітленості по площині освітлювального об'єкта.

При використанні світильників концентрованого світлорозподілу необхідність використання точкового методу не викликає сумнівів. В цьому випадку навіть незначна зміна розміщення світильників може привести до

різкого зменшення освітлення на окремих ділянках, виявити які можна лише розрахунком по точковому методу.

Однак, є випадки коли ні один з методів не дає точних результатів, наприклад, розрахунок локалізованого освітлення або освітлення негоризонтальних поверхонь в умовах приміщень, які освітлюються світильниками непрямого світла. В цих випадках пряму складову визначають точковим методом, а додаткову відбиту складову – методом коефіцієнта використання світлового потоку. Необхідно звернути увагу на те, що спрощені форми методу використання світлового потоку (таблиці питомої потужності, графіки Гурова, Прохорова тощо) широко застосовують в практиці проектування.

2.2 Аналіз методу коефіцієнта використання світлового потоку

Розпочну з розгляду типового прикладу розрахунку. Нехай в приміщенні встановлено N світильників із n лампами в кожному. Світловий потік кожної лампи дорівнює Φ . Тоді весь світловий потік, що надходить від світлових приладів дорівнює $N \cdot n \cdot \Phi$. Однак, не весь потік падає на освітлювану поверхню (тобто на підлогу чи іншу горизонтальну площину на рівні h_p від підлоги), так як він частково втрачається в світильниках, частково падає на стіни та стелю. Відношення потоку, який падає на освітлювану поверхню, до всього потоку називається коефіцієнтом використання і позначається U . Таким чином корисним потоком можна вважати: $N \cdot n \cdot \Phi \cdot U$.

Розподіляючись по площині, цей потік створює на ній середню освітленість:

$$E_c = N \cdot n \cdot \Phi \cdot U / S \quad (2.1)$$

В більшості випадків розрахунок ведеться на мінімальну освітленість, яка завжди менша середньої. Ввівши коефіцієнт мінімальної освітленості z отримаємо:

$$z = E_{cp}/E_{min}$$

$$E_{min} = E_{cp}/z = N \cdot n \cdot \Phi \cdot U / (S z) \quad (2.2)$$

Так як нормована освітленість повинна бути забезпечена на весь час експлуатації, то слід врахувати коефіцієнт запасу k :

$$E = N \cdot n \cdot \Phi \cdot U / (S z k) \quad (2.3)$$

З цієї формули можна легко визначити світловий потік чи кількість світильників. Коефіцієнт z залежить від розмірів і форми приміщення, коефіцієнта відбивання його поверхонь, характеристик світильника і найбільше від значення коефіцієнта z :

$$z = L/h_p$$

де L – відносна відстань між світильниками, h_p – розрахункова висота.

Із збільшенням L понад певних значень коефіцієнт z починає швидко зростати, що і обумовлює вигідність великих значень L .

В області оптимальних значень коефіцієнт z відносно невеликий і дорівнює $1,1 \div 1,15$.

При розрахунку середньої освітленості коефіцієнт z не враховується і в установках відбитого світла при добре відбиваючих поверхнях стін та стелі цей коефіцієнт приймають наближено рівним 1.

Коефіцієнт використання k :

- прямо пропорційний ККД світильників;
- залежить від форми кривої сили світла;
- зростає з збільшенням концентрації потоку;
- зростає з збільшенням приміщення;
- зростає з зменшенням розрахункової висоти;
- збільшується з збільшенням коефіцієнтів відбивання стелі, стін, підлоги.

Площу приміщення, висоту і форму можна врахувати однією комплексною характеристикою – індексом приміщення i , який визначається за формулою:

$$i = S/(h(A+B)) \quad (2.4)$$

де A і B – сторони приміщення;

$S=AB$ – площа приміщення;

h – висота.

Для деяких варіантів спрощених розрахунків можна вважати:

$$i = 0,47\sqrt{S/h} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт відбивання існуючих приміщень оцінюється суб'єктивно, тому точні їх значення невідомі і в таблицях приведені усереднені значення 70-50-30-10% для стель і стін, 30-10% для підлоги. Вони позначаються відповідно як ρ_n, ρ_c, ρ_p .

Розрахунок ОУ буває прямим та оберненим. Прямий розрахунок здійснюється за наступною послідовністю:

1. Розраховуємо індекс приміщення за формулою (2.4).
2. По таблицях знаходимо коефіцієнт використання.
3. За формулою (2.3) розраховуємо освітленість на розрахунковій площині.

Для оберненого розрахунку порядок наступний:

1. Розраховуємо індекс приміщення за формулою (2.4).
2. По таблицях знаходимо коефіцієнт використання.
3. З формули (2.3) розраховуємо світловий потік Φ для однієї лампи.
4. Підбираємо найбільш підходяще джерело світла.
5. Розраховуємо фактичну освітленість за формулою (2.3).

2.3 Методологія розрахунку за методом використання світлового потоку

Необхідна кількість світлових приладів прожекторного типу і загальну встановлену потужність установки прожекторного освітлення попередньо можна визначати спрощеним способом за методом світлового потоку або питомої потужності.

Необхідна кількість світлових приладів при розрахунку за методом світлового потоку визначається за формулою:

$$n = \frac{E_n K S}{\Phi_l \eta u z} \quad (2.6)$$

де n - число прожекторів що визначається; E_n - нормована освітленість, лк; K - коефіцієнт запасу (для прожекторного освітлення приймається $K = 1,5$); S - освітлювана площа, m^2 ; Φ_l - світловий потік лампи обраного типу прожектора, лм; η - к. к. д. прожектора в частках одиниці; u - коефіцієнт використання світлового потоку прожектора; z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, рівний відношенню E_{\min} до $E_{\text{ср}}$.

Для спрощення розрахунку формулу (2.8) можна представити у вигляді:

$$n = \frac{E_p S}{\Phi_l c} \quad (2.7)$$

де $c = \eta u z$; $E_p = E_n K$ - розрахункова освітленість, лк.

2.4 Обґрунтування проведення розрахунку за питомою потужністю

Від рівняння (2.9), що визначає число прожекторів, легко перейти до вираження питомої потужності прожекторного освітлення на $1 m^2$ площі.

Питома потужність прожекторного освітлення

$$p = P_0/S \quad (2.8)$$

де P_0 – загальна потужність ламп всіх прожекторів, Вт, встановлених для-освітлення площі S , м².

Беручи число прожекторів $n = 1$, підставимо значення S з формули (2.7) в формулу (2.9):

$$p = \frac{E_p P_l}{c \Phi_l} \quad (2.9)$$

де P_l – потужність лампи.

Формулу (2.9) представимо у вигляді

$$p = m E_p \quad (2.10)$$

де $m = \frac{1}{\eta u z \gamma}$; γ – світлова віддача застосовуваного типу ламп, лм / Вт.

Вибір для конкретного проектного випадку певного джерела світла і типу прожектора однозначно визначає значення світлової віддачі γ і к. п. д. η незалежно від параметрів і призначення освітлюваної площі.

Коефіцієнт використання світлового потоку u визначається розмірами освітлюваної площі, створюваної освітленістю і формою кривої розподілу світла прожектора. Чим більше освітлювана площа, тим менше втрати світлового потоку. При цьому відіграє роль в основному не довжина освітлюваної площі, а її ширина. Більш високі розрахункові освітленості зумовлюють великі кути нахилу прожекторів і тим самим менші втрати світлового потоку.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення z визначається багатьма факторами, зокрема коефіцієнтом посилення, формою кривої розподілу світла прожектора, висотою його установки і значенням створюваної освітленості. Як показали розрахунки, коефіцієнт нерівномірності має значно

менше значення при створенні освітленості в межах 0,5-1,5 лк, коли застосовується «одношарова» компоновка ізолюкс.

Після розрахунку за формулою, (2.10) питомої потужності p за формулою

$$n = \frac{pS}{P_{л}} \quad (2.11)$$

знаходять загальну потрібну кількість прожекторів для створення, на розрахунковій площі заданої освітленості.

Далі виходячи з параметрів освітлюваної площі, її особливостей і призначення визначається число і місце розташування прожекторних щогл, тим самим також визначається і число прожекторів, які підлягають встановленню на кожній з них. Слід враховувати необхідність забезпечення, по можливості багатостороннього освітлення кожної з освітлюваних ділянок території. Відстань між щоглами приймається виходячи з висоти застосовуваних прожекторних щогл, призначення і особливостей освітлюваної території. При освітленні територій, вільних від тіні споруд, великогабаритного обладнання чи механізмів (наприклад, в кар'єрах) відстань між щоглами не повинно перевищувати 15-кратної висоти щогл. При наявності тіні від споруд це співвідношення має бути знижено, наприклад на залізничних територіях – до 8-10. По мірі можливості для установки прожекторів повинні бути використані наявні на освітлюваної території висотні споруди та природні височини.

2.5 Аналіз можливості розрахунку освітленості точковим методом

У більшості випадків точковий метод використовують для розрахунку нерівномірного освітлення: загального локалізованого, місцевого, похилих поверхонь, зовнішнього. Необхідний світловий потік

освітлювальної установки визначають виходячи з умови, що в будь-якій точці освітленої поверхні освітленість повинна бути не меншою нормованої, навіть наприкінці терміну служби джерела світла.

Освітленість у контрольній точці робочої поверхні розраховують по формулі :

$$E_A = \frac{\hat{O}_{\bar{v}}}{1000} \cdot \frac{\mu}{k} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} e_i, \quad (2.12)$$

де $\hat{O}_{\bar{v}}$ – фактичний світловий потік лампи, лм;

μ – коефіцієнт додатковий освітленості [2, 9];

k – коефіцієнт запасу [2, 9];

$\sum_{i=1}^{i=n} e_i$ – сумарна умовна освітленість розрахункової точки, створювана

n світильниками, у кожному з яких встановлена умовна лампа зі світловим потоком 1000 лм, визначається в люксах.

Сумарна умовна освітленість, що розраховується в точці, може бути визначена як сума освітленостей від найближчих світильників або по довідкових кривих просторового світлового розподілу обраних світильників, або по кривих просторових ізолюкс.

По кривих світлового розподілу

$$\sum_{i=1}^{i=n} e_i = \frac{I_{\alpha_1} \cdot \cos^3 \alpha_1}{h_{p1}^2} + \frac{I_{\alpha_2} \cdot \cos^3 \alpha_2}{h_{p2}^2} + \dots + \frac{I_{\alpha_n} \cdot \cos^3 \alpha_n}{h_{pn}^2}, \quad (2.13)$$

де α – кут між віссю світильника і розрахункової точки;

I_{α} – сила світла будь-якого світильника, що визначається по кривих світлового розподілу, кд.

Для прямого розрахунку за формулою (2.14) визначають потік лампи, прирівнявши освітленість до нормованого значення:

$$\hat{O}_{\dot{E}} = \frac{1000E_{\min}K}{\mu \sum_{i=1}^{i=n} e_i}, \quad (2.14)$$

Розрахунок освітлювальної установки точковим методом проводять за наступною послідовністю:

- знаходять мінімальну нормовану освітленість;
- вибирають типи джерела світла і світильника, розраховують розміщення світильників по приміщенню;
- на плані приміщення з зазначеними світильниками намічають контрольні точки, у яких освітленість може виявитися найменшою;
- розраховують умовну освітленість у кожній контрольній точці і точку з найменшою умовною освітленістю приймають за розрахункову.

По довідкових таблицях встановлюють коефіцієнти запасу і додаткової освітленості;

- за формулою (2.14) знаходять світловий потік лампи;
- по світловому потоку з довідкових таблиць [2, 9, 10] вибирають найближчу стандартну лампу, світловий потік якої відрізняється від розрахункового не більш ніж на -10 або +20 %, і визначають її потужність;
- підраховують електричну потужність всієї освітлювальної установки.

У сумарну умовну освітленість включають освітленості від найближчих світильників. Віддаленими світильниками вважають такі, що створюють у розрахунковій точці освітленість менше 5 % освітленості від найближчих світильників [3].

Дуже важливо при обчисленні світлового потоку ламп правильно вибрати розрахункову точку. В якості її на освітлювальній поверхні, у межах якої повинна бути забезпечена нормована освітленість, беруть точку з мінімальною освітленістю. Таку точку варто брати в центрі поля або

посередині однієї сторони крайнього поля – простору, обмеженого чотирма найближчими світильниками. При цьому не рекомендують вибирати точки біля стін і в кутах приміщення. Якщо в цих точках є робочі місця, то освітленість у них можна довести до норми, збільшуючи потужність найближчих світильників або встановлюючи додаткові.

Якщо розміри світильника є співмірними з відстанню до розрахункової точки, то вищенаведений метод розрахунку використовувати не можна. Для спрощення розрахунків освітленості від світлових ліній положення розрахункової точки вибирається так, щоб її проекція на площину розміщення світлової лінії співпала з проекцією кінця світлової лінії на розрахункову площину.

Якщо довжина лампи є меншою ніж 0,2 розрахункової висоти, то лінійні джерела приймають за точкові. Розрахунок ОУ із світловими лініями здійснюється за формулою (2.15)

$$\hat{O}_{\dot{E}} = \frac{1000E_{\min}kh_p}{\mu \sum_{i=1}^{i=n} e_i}, \quad (2.15)$$

де $\sum_{i=1}^{i=n} e_i$ – сума умовних відносних освітленостей у розрахунковій

точці, обумовлених по графіках лінійних ізолюкс [2, 9, 10].

Коли точка знаходиться навпроти частини ламп, що світить, то лінію розбивають на дві частини так, щоб точка була навпроти кінця обох частин. Освітленість у точці визначають як суму освітленостей від обох частин лінії. Коли точка перебуває за межами лінії, що світить, то лінію продовжують так, щоб точка виявилася навпроти її кінця. Умовну освітленість у точці знаходять як різницю освітленостей від лінії з доданою ділянкою і від доданої ділянки.

Якщо відстань між світильниками в ряду менше половини розрахункової висоти, то ряд варто розглядати як неперервний, тобто потік розраховують без урахування розривів. При великих розривах освітленість у

контрольній точці обчислюють як суму всіх неперервних ділянок світильників.

2.5 Висновки до розділу

Проведений аналіз методик розрахунку рівнів освітленості різних (горизонтальних, вертикальних, похилих) площин освітлювальної території спортивного приміщення показав, що їх можна використовувати практично рівноцінно, лише з врахуванням точності, що встановлюється замовниками освітлювальних установок.

Методам використання світлового потоку та використання коефіцієнта потужності віддають перевагу, коли за основну мету ставлять визначення середніх інтегральних характеристик світлового поля.

Коли ж необхідно знати рівні освітленості в конкретних точках освітлювального простору, варто використовувати точковий метод розрахунку освітленості.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз нормативів освітлення та електропостачання спортивних приміщень

Одна з умов ефективного і безпечного виконання довільної діяльності людини – достатнє матеріально-технічне забезпечення, створення певних і необхідних умов для реалізації будь-якої діяльності. Для спеціальних спортивних споруд однією з умов є нормальне освітлення та відповідна система електропостачання освітлювальної установки.

Спортивне приміщення – це спеціальне споруда, що забезпечує проведення занять масової оздоровчої фізичної культури, навчально-тренувальної роботи та спортивних змагань.

Споруди для глядачів включають: трибуни, павільйони, фойє, буфети, санвузли. У залежності від функціонального призначення виділяють окремі (для одного виду спорту) і комплексні споруди (кілька споруд, об'єднаних територіально). У залежності від масштабу спортивні споруди в місті поділяються на мікрорайонні, районні, міжрайонні, загальноміські, республіканські і центральні.

Основним елементом структури спортивного об'єкту служить, так зване, спортивне ядро (безпосередньо спортивна арена, по означенню з Вікіпедії, наприклад, футбольне поле з трибунами для глядачів, бігова доріжка, ігровий майданчик, тощо). До комплексних споруд відносяться і спортивні зали, які також мають у своєму складі невелике спортивне ядро, а саме спортивна арена з лавками для тренерського складу, запасних гравців та допоміжного персоналу, трибуни або балкони для глядачів та інше.

Спортивні споруди повинні відповідати певним гігієнічним вимогам, що забезпечують оптимальні умови особам, які займаються фізичною культурою і спортом. Ці вимоги регламентуються відповідними будівельними та санітарними нормами і правилами Міністерства охорони здоров'я, галузевими нормально-методичними документами Державного комітету з фізичної культури, спорту і туризму.

Багаторівнева класифікація різних змагань і відповідної їм

освітленості якнайповніше представлена в європейських нормах – DIN EN 12193 «Світло і освітлення – освітлення спортивних споруд», які виділяють три рівні спортивних змагань:

- I – змагання вищої категорії;
- II – змагання середнього рівня;
- III – шкільний спорт і дозвілля.

Таблиця 3.1 – Значення нормованих параметрів за рівнями освітлення для трьох класів освітлювальних установок.

Клас	$E_{в\ мін}, лк$	$E_{в\ мін}/E_{в\ макс}$	$E_{в\ мін}, лк$	Коефіцієнт запасу
Баскетбол, волейбол, гандбол, бадмінтон <i>(E_v нормується на висоті до 5 м від майданчика)</i>				
I	400	0,33	150	1,5
III	50	0,33	30	1,5
Футбол <i>(E_v нормується на висоті до 15 м від поверхні поля)</i>				
I	400	0,33	100	1,5
II	200	0,33	75	1,5
III	100	0,33	50	1,5

На підставі українських нормативних документів і по аналогії з європейськими нормами можна визначити чотири класи освітлювальних установок (по рівнях освітлення спортивних споруд) та відповіді до них системи електропостачання освітлювальних установок. Клас IV – для проведення міжнародних і національних змагань з телетрансляцією. Відзначимо, що клас IV треба розглядати окремо, оскільки цифрове телебачення ставить особливі вимоги до рівнів вертикальної і горизонтальної освітленості. Зокрема, необхідний для телезйомки рівень вертикальної освітленості визначається у кожному конкретному випадку залежно від виду спорту. Клас I – для проведення національних змагань у великих спортивних комплексах без телебачення (з трибунами на 800 глядачів і більше). Клас II –

для проведення регіональних змагань в середніх і малих спортивних комплексах (з трибунами менш ніж на 800 глядачів). Клас III – для проведення непрофесійних змагань, шкільного спорту і дозвілля. Значення нормованих параметрів по рівнях освітлення для трьох класів освітлювальних установок наведені в таблиці 3.1.

3.2. Технологічні особливості прожекторів і світильників LED

3.2.1. Світлодіодні прожектори

Світлодіодний прожектор – оптимальний варіант сучасного освітлення. LED технології мають незаперечні переваги, порівняно з загальновідомими джерелами освітлення. Використання світлодіодів дозволило значно скоротити енерговитрати, що важливо при нинішніх цінах на електроенергію. Один із пріоритетних напрямків використання світлодіодів – LED-прожектор.

Енергозберігаючий прожектор на основі світлодіодів забезпечує високу якість освітлення. Залежно від заявленої потужності він може застосовуватися як в інтер'єрі, так і на вулиці. Останній варіант найбільш затребуваний, саме вуличне освітлення максимально розкриває всі переваги LED прожектора.

В основному це:

- освітлення парковок;
- зовнішнє освітлення будівель;
- освітлення вулиць;
- освітлення ландшафтів;
- освітлення паркової зони;
- рекламне освітлення;
- освітлення на стадіонах і будівельних майданчиках;
- освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту.

Розглянемо основні переваги прожекторів LED (джерелами світла у них є світлодіоди).

Використання світлодіодів дає ряд особливостей прожекторам, у порівнянні з аналогічними пристроями, зокрема галогеновими, лампами типу ДНАТ та ДРІ.

- Максимальний термін служби 20000 годин.
- Світловий потік, лм (при номінальній потужності в Вт) 30 Вт-2400 лм.
- Робота при різних температурах; стабільна робота при перепадах температури.

Якісний світлодіодний прожектор (LED-прожектор) володіє характеристиками, які дозволяють експлуатувати його в складних умовах. Алюмінієвий корпус володіє пристойним запасом міцності, і досить стійкий до можливих пошкоджень. Світлодіоди, що застосовуються у таких світлових приладах, відмінно працюють в будь-який час року, незалежно від погодних умов, а покриття корпусу відрізняється стійкістю до ультрафіолету, і не втрачає свій зовнішній вигляд протягом всього терміну експлуатації.

Процес експлуатації прожектора відбувається з активним виділенням тепла, і в конструкції передбачені тепловідвідні елементи, що значно знижують температуру робочого елемента. Світлодіодний прожектор абсолютно безпечний при використанні в інтер'єрі приміщень, а, крім того, в освітленні вулиць і паркових зон, що прилягають до об'єкту спортивного призначення.

Енергоефективність прожекторів знаходиться на високому рівні. Витрата електроенергії в них на кілька разів менша, порівняно з широко вживаними галогенними аналогами. Незважаючи на те, що на якісний світлодіодний прожектор ціна дещо вища, це повністю окупається в процесі використання за рахунок набагато більшого терміну служби. Це особливо актуально, коли враховувати трудомісткість заміни світлових елементів.

Перед плануванням використання таких прожекторів необхідно звернути увагу на область їх застосування та маркування рівня захисту, а саме:

- прожектор для освітлення інтер'єру – IP 44;
- вуличне освітлення – IP 65.

Всі дані по рівню міцності виробу вказуються в його технічному паспорті. Також слід враховувати кут розсіювання світлового потоку прожектора, форму корпусу і додаткове обладнання, що використовується в процесі експлуатації. Великою популярністю користується варіант з встановленим датчиком руху. Дана комплектація максимально зручна для приватного використання, і значно економить електроенергію.

Визначивши максимально відповідний за параметрами світлодіодний прожектор, купити який в даний час не складає особливих труднощів, слід вивчити асортимент і цінову політику компаній пропонують сучасні елементи освітлення. На різних сайтах представлений широкий асортимент сучасних прожекторів, з різними характеристиками, тому вибрати потрібний буде доволі легко.

3.2.2. Світлодіодні світильники

У світлодіодних світильниках як джерело світла використовується світлодіоди. Головною перевагою світлодіодних ламп є знижене споживання енергії, якщо порівнювати з лампами, що використовують інші джерела світла. Термін експлуатації таких значно більший. Додатковою перевагою світлодіодних джерел також є простота їх встановлення. Термін експлуатації LED-лампи залежить від типу світильника, який для них використовується: це 25 тисяч годин для корпусних світлодіодів і до 100 тисяч годин для SMD світлодіодів.

Світлодіодні лампи можна вважати найбільш перспективним напрямком розвитку ринку електротехніки в області такої її частини, як світлотехніка. Все частіше їх використовують в офісних і промислових світильниках. LED-лампи можна експлуатувати: на складах, промислових приміщеннях; по периметру і фасаду будинків; в театрах, магазинах і

торгових центрах; на спортивних майданчиках і стадіонах та прилеглих до таких об'єктів територіях.

При виробництві світлодіодних або LED-випромінювачів використовуються лише найкращі світлодіоди типу SMD. Led-лампи служать в 5 разів довше звичайних ламп розжарювання і в 2 рази довше, у порівнянні з люмінесцентними лампами, що істотно знижує витрати на енергозабезпечення приміщень. Вже станом на першу половину 2011 року світлодіодні лампи зрівняли свої технічні показники з кращими люмінесцентними лампами. Але, в порівнянні з люмінесцентними лампами, вони не чутливі до частих включень світла, тому їх можна сміливо встановлювати в довільну галузь господарства, де можливі перебої з надходженням електроенергії.

Світлодіодні (LED) лампи вже широко відомі споживачам і продовжують завойовувати ринок електроінсталяційної продукції. Вони приваблюють споживачів розмаїттям та можливістю зміни кольору свічення. Крім того, LED лампи можуть мати як завгодно різні розміри. Їх можна встановлювати як підсвічування в довільні елементи інтер'єру спортивного приміщення, наприклад, у гіпсокартонні стіни чи підвісні стелі.

При заміні традиційних джерел світла на світлодіодні лампи ніяких змін в конструкції світильників не потрібно робити, так як світлодіодні лампи мають стандартні розміри цоколя, а довжина відповідає звичайним джерелам світла.

Переваги світлодіодних джерел випромінювання, які пропонуються для використання при проектуванні освітлення спортивних залів, на прикладі лампи LED TM 220:

- підвищена міцність при експлуатації;
- зручна упаковка з технічними характеристиками ламп;
- великий термін служби;
- дотримання екологічних норм і норм пожежної безпеки;
- економічність енергоспоживання;

- задовільна, а в більшості випадків краща, яскравість свічення;
- стійкість до зміни температурних режимів експлуатації.

3.3. Моделювання світлового середовища за точковим методом розрахунку освітленості

Для визначення освітленості в деякій точці Q на довільній площині, яку створює світловий прилад встановлений в точці S з координатами x_s, y_s, z_s , кути пов'язані з освітленим об'ємом системі координат, використовують формулу, справедливу для точкових джерел світла:

$$E \approx \frac{I(\alpha, \beta) \cdot \cos \theta}{L^2}$$

де, $I(\alpha, \beta)$ – сила світла від світлового приладу в напрямку точки Q, Кд;

θ – кут між радіус-вектором сили світла в напрямку точки Q та нормаллю до площини, в якій розраховується значення освітленості, рад;

L – відстань між точкою Q і джерелом світла, м.

Оскільки L набагато більше від геометричних розмірів світлового приладу, то його можна вважати точковим джерелом світла по відношенню до точки Q. Якщо відношення $L : d > 6 : 1$ (d – діагональ вихідного отвору відбивача світлового приладу, м) то відносна похибка розрахунку складатиме менше чим 0,5%.

Точка S1 (x_s, y_s, z_s) – точка спрямування світлового потоку на вертикальну площину. Координату z_s вибираємо рівною 1,7м, оскільки, як показує досвід, саме на такій висоті встановлений світловий прилад найлегше добитись рівномірності освітлення вертикальної площини.

Точка H1($x_H = x_s; y_H = y_s; z_H = 0$) – проекція точки S на горизонтальну площину, або точка основи консолі світлового приладу.

Точка P1($x_p, y_p, z_p = 0$) – точка прицілу оптичної осі світлового приладу. Координата z_p завжди буде рівна 0, в зв'язку з тим, що

світлодіодний світильник завжди прицілений на горизонтальну площину XOY .

Точка $M1(x_m, y_m, z_m)$ – точка проєкції біжучої точки $Q1$ на площину $S1H1P1$.

Точка $Q1(x_q, y_q, z_q)$ – біжуча точка на площині XOZ .

Світильник 1 встановлюємо таким чином, щоб координата точки $S1$ були більші 0. Тобто $x_s > 0$ і $y_s > 0$. Шукані кути α і β (кути відхилення біжучої точки від оптичної осі світлового приладу в горизонтальній і вертикальній площинах відповідно) це кути $M1S1Q1 = \beta$ і $M1S1P1 = \alpha$.

Розміри можливої освітлювальної зони поблизу бензорозподільних колонок, куди спрямовуватиме випромінювання світильник місцевого освітлення складають 10×20 м. Тому значення координати x_q біжучої точки буде змінюватись від -5 до $+5$. А значення y_q від -10 до 10 . Висоту нормованих вертикальних площин прийнято рівною $2,5$ м.

Задамо координати біжучої точки в вертикальній площині при освітленні першим прожектором:

$$q := 0 \dots 10; r := 0 \dots 20; k := 0 \dots 2,5.$$

$$x_{q_q} = -5 + q; y_{q_r} = 0; z_{q_k} = k.$$

Координата $y_{q_r} = 0$ бо поверхня на якій розраховується освітленість лежить в площині XOZ .

Для спрощення подальших математичних розрахунків задано точки матрицями:

$$S1 := \begin{bmatrix} x_{s1} \\ y_{s1} \\ z_{s1} \end{bmatrix}; H1 := \begin{bmatrix} x_{h1} \\ y_{h1} \\ z_{h1} \end{bmatrix}; P1 := \begin{bmatrix} x_{p1} \\ y_{p1} \\ z_{p1} \end{bmatrix}; Q1_{q,r,k} := \begin{bmatrix} x_{q_q} \\ y_{q_r} \\ z_{q_k} \end{bmatrix}.$$

Необхідно відмітити, що координати $x_{h1} = x_{s1}$, а $y_{h1} = y_{s1}$.

Площина $S1H1P1$ буде задаватися рівнянням, яке одержане після математичних перетворень:

$$\begin{vmatrix} x - xs1 & y - ys1 & z - zs1 \\ xh1 - xs1 & yh1 - ys1 & zh1 - zs1 \\ xp1 - xs1 & yp1 - ys1 & zp1 - zs1 \end{vmatrix} = 0 = \begin{vmatrix} x - xs1 & y - ys1 & z - zs1 \\ 0 & 0 & -zs1 \\ xp1 - xs1 & yp1 - ys1 & -zs1 \end{vmatrix} = zs1 \begin{vmatrix} x - xs1 & y - ys1 \\ xp1 - xs1 & yp1 - ys1 \end{vmatrix} =$$

$$= (x - xs1)(yp1 - ys1)(xp1 - xs1)(y - ys1) = 0$$

$$x(yp1 - ys1) + y(xs1 - xp1) + [xs1(ys1 - yp1) + ys1(xp1 - xs1)] = 0$$

Отже коефіцієнти рівняння площини S1H1P1 та нормалі до неї N1 матимуть значення:

$$A1 = yp1 - ys1$$

$$B1 = -xp1 + xs1$$

$$C1 = 0$$

$$D1 = (-yp1 + ys1)xs1 + ys1 \cdot (xp1 - xs1)$$

$$N1 := \begin{bmatrix} A1 \\ B1 \\ C1 \end{bmatrix}$$

Тепер знаходимо проекцію точки Q1 на площину S1H1P1. Це є точка M1.

Для цього враховуємо три умови:

- 1) Враховуємо що площина S1H1P1 паралельна до осі OZ :

$$C1 = 0,$$

$$zm_k = zq_k.$$

- 2) Так як точка M1 належить площині S1H1P1, то справджується рівняння:

$$A1 \cdot x_{m1} + B1 \cdot y_{m1} + D1 = 0.$$

- 3) Оскільки точка M1 лежить на нормалі до площини S1H1P1, яка рпоходить через точку Q1, то можна записати рівняння такої нормалі в канонічній формі з використанням координат точок M1 та Q1:

$$\frac{x_{m1} - xq_1}{A1} = \frac{y_{m1} - yq_1}{B1}$$

З першої і третьої умови слід розв'язати лише вище наведену систему рівнянь.

Для розв'язання цієї системи задаємо рівняння прямої Q1M1 в параметричній формі:

$$\frac{x_{m_q} - x_{q_q}}{A1} = \frac{y_{m_r} - y_{q_r}}{B1} = t$$

$$Q1M1: \begin{cases} x_{m_q} = A1t + x_{q_q} \\ y_{m_r} = B1t + y_{q_r} \end{cases}$$

Підставляємо отримані координати точки M1 в рівняння площини S1H1P1 і розв'язуємо цього відносно параметра t, а саме:

$$(A1t + x_{q_q})A1 + (B1t + y_{q_r})B1 + D1 = 0$$

Після математичних перетворень одержимо:

$$t = -\frac{A1x_{q_q} + B1y_{q_r} + D1}{A1^2 + B1^2}$$

Знайшовши параметр t, знаходимо координати точки M1:

$$x_{m_q} = A1 \left(-\frac{A1x_{q_q} + D1}{A1^2 + B1^2} \right) + x_{q_q}$$

$$y_{m_r} = B1 \left(-\frac{A1x_{q_q} + D1}{A1^2 + B1^2} \right)$$

Визначаємо кути відхилення α_1 і β_1 від оптичної осі світлового приладу та кут θ_1 між напрямком S1Q1 та нормаллю до площини XOZ.

Для цього задамо відрізки векторно:

$$\overrightarrow{S1P1} := (\overrightarrow{P1 - S1})$$

$$\overrightarrow{S1M1} := (\overrightarrow{M1 - S1})$$

$$\text{Отже } \cos \alpha_1 = \frac{\overrightarrow{S1P1} \cdot \overrightarrow{S1M1}}{|\overrightarrow{S1P1}| \cdot |\overrightarrow{S1M1}|}$$

Проте α_1 може набувати як від'ємних так і додатних значень, в залежності від координат біжучої точки. Парна функція косинуса не дає можливості відобразити це. Тому необхідно накласти додаткові умови. Для цього обчислюємо допоміжні кути ψ і φ :

$$S1P1H1 = \varphi; M1S1H1 = \psi$$

Векторне значення S1H1 має вигляд:

$$\overrightarrow{S1H1} = (\overrightarrow{H1 - S1})$$

$$\psi = \arccos \left[\frac{\overline{S1M1} \cdot \overline{S1H1}}{|\overline{S1M1}| \cdot |\overline{S1H1}|} \right]; \varphi = \arccos \left[\frac{\overline{S1P1} \cdot \overline{S1H1}}{|\overline{S1M1}| \cdot |\overline{S1H1}|} \right]$$

Тоді кут α_1 з врахуванням знаку можемо одержати з виразу:

$$\alpha_1 := \text{if} \left[\psi \geq \varphi, \arccos \left(\frac{\overline{S1P1} \cdot \overline{S1M1}}{|\overline{S1P1}| \cdot |\overline{S1M1}|} \right), \arccos \left(\frac{\overline{S1P1} \cdot \overline{S1M1}}{|\overline{S1P1}| \cdot |\overline{S1M1}|} \right) \right]$$

Для обчислення β_1 задамо векторно відрізок $S1Q1$:

$$\overline{S1Q1} = (\overline{S1} - \overline{Q1})$$

$$\beta = \arccos \left[\frac{\overline{S1M1} \cdot \overline{S1Q1}}{|\overline{S1M1}| \cdot |\overline{S1Q1}|} \right]$$

Визначаємо кут θ_1 між напрямком $S1Q1$ та нормаллю до площини XOZ .

Для цього $Q1S1$ задамо у векторній формі:

$$\overline{Q1S1} = (\overline{S1Q1})$$

Нормаль до площини XOZ має вигляд:

$$\overline{N1Q1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, |\overline{N1Q1}| = 1$$

$$\theta = \arccos \left[\frac{\overline{Q1S1} \cdot \overline{N1Q1}}{|\overline{Q1S1}| \cdot |\overline{N1Q1}|} \right] = \theta(x_{q_q}; x_s; y_s; z_{qk}; z_s)$$

В нашому розв'язку θ може бути як від'ємним так і додатнім, проте θ лежить в межах $-90^\circ < \theta < 90^\circ$. Тому $\cos \theta > 0$ завжди.

Програму визначення значень освітленості на основних горизонтальній та вертикальних поздовжній та поперечній площинах спортивної арени залу для ігрових видів спорту, написану по алгоритму, що розглянутий цьому пункті, реалізовано в середовищі «MathCad», аналогічні розрахунки проведено у програмі «DiaLux». У середовищі програмного комплексу «DiaLux» математичні процедури не є наглядними, Тому в даному пункті детально описано алгоритм проведення розрахунку освітленості.

3.4 Специфіка системи електропостачання світлодіодної освітлювальної установки

Світлодіоди вимагають при їх експлуатації пристрій (рис. 3.1), який може перетворювати змінний струм, яким живиться будівля, де розташовується спортивний зал, у відповідний необхідний постійний струм і регулювати його в процесі роботи світлодіодів. Пропонується для надійного використання пристрої драйвера живлення (LED drivers), який буде перетворювати змінний струм мережі напругою в 220/110 В і 50 Гц із звичайної електромережі низької напруги в постійний струм, який використовують світлодіоди. Крім цього таке перетворення буде захищати світлодіоди від коливання напруги живлення.

Деякі драйвери виготовляються для експлуатації конкретної світлодіодної системи освітлення, тоді як інші можуть працювати з найбільш розповсюдженими типами світлодіодів. Світлодіодні драйвери, як правило, досить компактні, що дозволяє їм поміститися всередині розподільної коробки світлодіодних світильників. Вони працюють з високою ефективністю у багатьох системах світлодіодного освітлення і мають можливість дистанційного керування джерелом живлення.



Рисунок 3.1 Блок живлення LED drivers

Драйвера можуть дозволяти приглушати зміни кольору або робити секвенування світлодіодів. Світлодіодні системи освітлення є сумісними з наявними в продажі драйверами і системами контролю, такими як датчі присутності, фотоелементи, датчі диму, пульти дистанційного керування, а також автоматичні системи освітлення.

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Особливості проектування освітлювальних установок для спортивних залів

Кінцевою метою розрахунку освітлювальної установки, яка використовує світильники прожекторного типу або безпосередньо прожектори, є визначення:

- а) числа світлових приладів, які планується встановити для створення на освітлюваному об'ємі заданої розрахункової освітленості;
- б) місць встановлення батарей світлових приладів чи прожекторних щогл і безпосередньо світильників або прожекторів;
- в) висоти установки світлових приладів над горизонтальною освітлюваною поверхнею;
- г) кутів нахилу світлових приладів прожекторного типу у вертикальній площині;
- д) кутів повороту світлових приладів (прожекторів) в горизонтальній площині.

Коли світлові прилади прожекторного типу лише починали застосовувати для зовнішнього освітлення, освітлення спортивних ігрових майданчиків визначення необхідного їх числа розраховували, задаючи середньою сферичну освітленістю або й просто середню горизонтальну освітленість на освітлюваній території. При цьому розташування світлових приладів і їх характерні параметри визначалися шляхом викреслювання на плані освітлюваної території обрисів світлових плям, утворених кожним прожектором; вважалося, що ці плями мають еліптичну форму. Багатьма авторами для прискорення розрахунків були розроблені аналітичні та графічні методи визначення значень малої і великої осей еліпсів за заданим значенням висоти установки прожекторів над освітлювальною поверхнею і кутів їх нахилу. Така практика розрахунку прожекторного освітлення приводила до великих похибок в розрахунку, так як освітленість в

центральної частині еліптичної плями і в периферійній його частини може відрізнятися в десятки разів.

Великим кроком вперед у розвитку методів розрахунку прожекторного освітлення стала пропозиція В. В. Мешкова про застосування при розрахунках кривих однакої освітленості. Це дозволило перейти при визначенні параметрів установки прожекторів шляхом компоновання світлових плям від плям еліптичної форми до плям, які мають форму кривої однакої до заданої розрахункової освітленості. Для виконання світлотехнічної частини проекту за таким методом у розпорядженні проектувальника повинен бути набір кривих однакої освітленості для різних висот установки світлових приладів і різних кутів їх нахилу.

Багатьма авторами в різний час було розроблено кілька оригінальних методів розрахунку та побудови кривих однакої освітленості та визначення освітленості від одного прожектора в заданій точці. Слід зазначити, що визначення необхідного числа прожекторів і їх параметрів геометричного прицілу на освітлювальну площину методом компоновання світлових плям, як показала практика застосування цього методу, вимагає великої витрати часу і дає іноді абсолютно випадкове рішення поставленого завдання. Цей метод має сенс застосовувати тільки в тих випадках, коли розробляється проект освітлення невеликих площ з малою освітленістю, і при розосередженому розташуванні прожекторів по освітлюваній території (по 1-3 світлових приладів в кожному місці їх установки).

При розробці проектів освітлення з груповим, зосередженим розташуванням світлових приладів рекомендується застосовувати інший метод. Розрахунок заснований також на використанні кривих однакої освітленості від одного прожектора, проте ці криві служать тільки проміжною ланкою для побудови графіків однакої освітленості від груп прожекторів. При цьому під групою світлових приладів розуміють ряд прожекторів встановлених на одній і тій же прожекторній батареї, на однаковій висоті від рівня освітлюваної поверхні і мають один і той же кут нахилу у вертикальній площині. Більше того, батарея світлових приладів з

усіма встановленими на ній прожекторами розглядається далі як єдиний потужний «світильник». Залежно від числа встановлюваних на щоглі прожекторів і їх параметрів встановлення такий «світильник» матиме певний розподіл світлового потоку і буде створювати на території навколо щогли певний розподіл освітленості.

Для орієнтовних розрахунків цілком можливо використовувати відомий метод світлового потоку або метод питомої потужності.

Коефіцієнт запасу освітленості при розрахунках прожекторного освітлення з урахуванням підвищеного впливу запилення відбивача та захисного скла прожектора на його світлотехнічні характеристики рекомендується приймати рівним 1,5.

Розрахунок прожекторного освітлення слід виконувати, задаючись нормованою освітленістю в горизонтальній площині. Розрахунок нормованої освітленості у вертикальній площині виконується тільки в тих випадках, коли така освітленість має вирішальне значення, наприклад при проведенні телевізійної трансляції футбольного матчу, охоронному освітленні, освітлення фасадів і т. д.

При встановленні світлових приладів на вершині щогли (світлової батареї) з кутом нахилу θ до її підніжжя створюється неосвітлена (темна) зона. Вона тим більша, чим менше значення кута θ . Це пояснюється тим, що корпус світлового приладу прожекторного типу екранує нитка лампи та відбиваючі частини розсіювача світлового потоку в межах кутів більших за $45\text{-}50^\circ$ у напрямку оптичної осі прожектора. Виходячи з цього, можна визначити протяжність неосвітленої зони від основи світлової батареї:

$$l = H \operatorname{tg} (45^\circ - \theta)$$

де H – висота встановлення світлового приладу прожекторного типу.

Практично за рахунок розсіяного світлового потоку в неосвітленій зоні створюється деяка освітленість, достатня для загального орієнтування на місцевості. Це дозволяє не встановлювати додаткових прожекторів для

освітлення «темної» зони, якщо у підніжжя щогли чи поблизу неї немає робочих поверхонь, що вимагають підвищеної освітленості. До того ж на конструкціях щогли зазвичай встановлюється деяке число світильників для освітлення сходів. Ці світильники створюють також деяку освітленість в «темній» зоні.

При виборі місць розташування прожекторів, кутів їх нахилу і повороту в горизонтальній площині необхідно враховувати найбільш ймовірний напрям лінії зору учасників спортивних змагань та вживати заходів, що виключають засліплення.

4.2 Аналіз вибору нормативних даних для освітлювального об'єму спортивного залу

Освітленість на горизонтальній площині (E_T) – один із найважливіший показників, оскільки горизонтальна площина формує основну частину поля зору як гравців, так і глядачів. Вимірюється в люксах (лк).

Середня горизонтальна освітленість поверхні спортивного залу дозволяє оцінювати умови адаптації ока і характеризує зоровий фон, на якому сприймаються гравці та спортивні снаряди (наприклад м'яч, тощо).

Освітленість у вертикальній площині (E_V) важлива для спостереження вертикальних об'єктів. Скажімо, вертикальною площиною може бути поданий гравець (з урахуванням відповідних кутів до лінії огляду спостерігача). Щоб гарантувати оптимальний огляд і розпізнавання гравців зі всіх напрямів, потрібне особливе освітлення по-різному орієнтованих вертикальних площин.

Крім того, освітленість на вертикальному плані повинна забезпечувати бачення у будь-який момент часу рухомого над ігровою зоною спортивного об'єкту (наприклад, м'яча). Вертикальна освітленість має вирішальний вплив на якість теле- або кінокартинки. Вимірюється в люксах (лк).

Освітленості у вертикальних площинах використовують при моделюванні падіння світла на тіла гравців (на рис. 4.1).



Рис. 4.1 – Моделювання видимості гравця в вертикальних площинах

Рівномірність освітленості як у вертикальній, так і в горизонтальній площині дозволяє уникнути різкі перепади освітленості в полі зору гравців, глядачів.

Нерівномірність розподілу освітленості знижує видимість ігрового предмета або гравця в певній позиції на полі. Ця величина може бути виражена як відношення мінімальної освітленості до максимальної ($E_{\text{мін}}/E_{\text{макс}}$), середньої до максимальної ($E_{\text{сер}}/E_{\text{макс}}$) або мінімальної до середньої ($E_{\text{мін}}/E_{\text{сер}}$).

Виходячи з нормативних даних норм освітленості шкільного спортивного залу, перед виконанням дипломної роботи поставлено завдання спроектувати ОУ, яка б створювала наступні значення освітленості на спортивному об'єкті з наступними параметрами:

$$E_{\text{гор}}=200 \div 300 \text{ лк.};$$

$$E_{\text{верт}}=75 \div 100 \text{ лк.}$$

4.3 Вибір обладнання для освітлення спортивного об'єкту за паспортними даними

З великої кількості можливих світлових приладів у кваліфікаційній роботі будемо застосовувати світлодіодні світильники LED 60 А 60Вт та прожектор GL-FL120 через наступні їх технічні та світлові характеристики, по яких вони мають переваги над аналогічними світловими приладами.

4.3.1 Світлодіодний прожектор GL-FL120

Світлодіодний прожектор GL-FL120, який зображений на (рис. 4.2) споживає потужність 110 Вт і призначений для заміни люмінесцентних світлових приладів та світильників з лампами розжарення на спортивному об'єкті, завдяки його потужним світлодіодним чіпам Philips Lumileds, що ефективно перетворюють електричну енергію у світло.

Цей прожектор створює якісне природне освітлення і має великий термін служби більше 30 000 годин. Працюючи до шести годин у вечірній період часу, так як, приміщенні спортзалу присутні вікна, через які створюється природне освітлення у світлий час доби.

Даний прожектор прослужить більше п'ятнадцяти років, що дозволить понизити витрати на обслуговування.



Рис 4.2 Світлодіодний прожектор GL-FL120

Прожектор GL-FL120 забезпечує якісне світло холодного відтінку з кольоровою температурою 6000 K і індексом кольоропередачі (Ra) більшим 80. Серія FloodLight не лише допомагає понизити споживання енергії в порівнянні з традиційними світильниками, але і зменшилась у вазі до 40% на стільки ж збільшилась ефективність в порівнянні з серією SportLight.

4.3.2 Світлодіодний світильник LED 60 А



Рис. 4.3. Світлодіодний світильник LED 60А

Даний світлодіодний світильник типу LED-60-A (потужністю 60 Вт) призначений для промислового освітлення торгових залів супермаркетів, торгових центрів, виставкових площ, розважальних центрів, коридорів, станцій технічного обслуговування, промислових цехів і приміщень, складів, автомийок, шкільних спортзалів та інших промислових приміщень. Встановлюються даний світильник на стелю чи підвішуються на трос. Можливе виконання світлового приладу в різних корпусах. Його безпелеційно можна віднести до енергоефективного та екологічно чистого обладнання.

4.4 Конструктивні особливості використання точкового методу розрахунку освітленості спортивних залів

Розрахунок горизонтальної освітленості виконується за формулою:

$$E = [I(\alpha) \cdot \cos(\theta)] / [L^2 \cdot k] \text{ або } E = [I(\alpha) \cdot \cos^3(\theta)] / [h^2 \cdot k]$$

де $I(\alpha)$ – сила світла прожектора в напрямку до розрахункової точки;

θ – кут між вказаним напрямком сили світла і перпендикуляром до площини, в якій розраховується освітленість;

L – відстань між прожектором і розрахунковою точкою (ОА на рис 4.4);

k – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в процесі експлуатації освітлювальної установки через старіння ламп, забруднення оптики прожекторів і т. д. (зазвичай в прожекторних установках $k = 1,5$);

h – висота встановлення прожектора над освітлюваною поверхнею див рис 4.4).

При розрахунку вертикальної освітленості в площині, перпендикулярній напрямку на підставу щогли, можна скористатися наступним співвідношенням між горизонтальною і вертикальною освітленістю в точці:

$$E_{\text{вер.}} = E_{\text{гор.}} \cdot (b/h)$$

де b – відстань від основи перпендикуляра, опущеного з розрахункової точки A на проєкцію оптичної осі прожектора, до основи щогли, на якій він встановлений (відстань $A'O'$ на рис. 4.4, а).

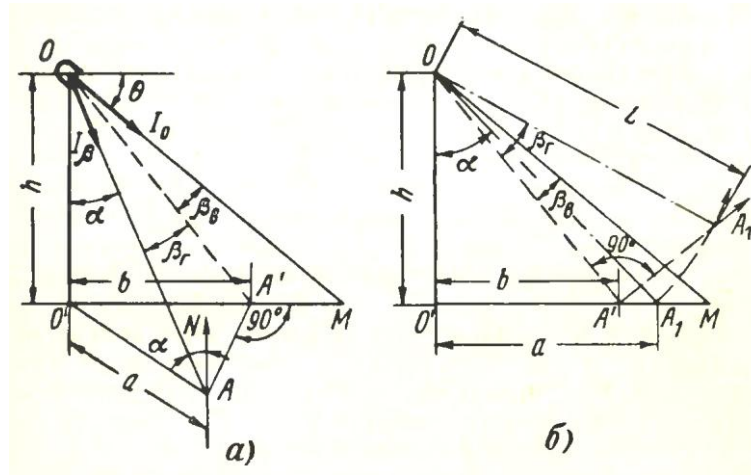


Рис. 4.4 До уточнення розрахунку освітленості горизонтальної та вертикальних площин спортивних залів.

а – схема розташування світлового приладу по відношенню до розрахункової точки;

б – схема для графічного визначення розрахункових геометричних величин при розрахунку освітленості.

Силу світла світлового приладу прожекторного типу в напрямку до розрахункової точці можна визначити по кривих рівних значень сил світла, які є однією з характеристик прожектора. Для цього потрібно знайти величини кутів β_r і β_v , що визначають кутову відстань у вертикальній і горизонтальній площині між оптичною віссю прожектора і напрямом на розрахункову точку.

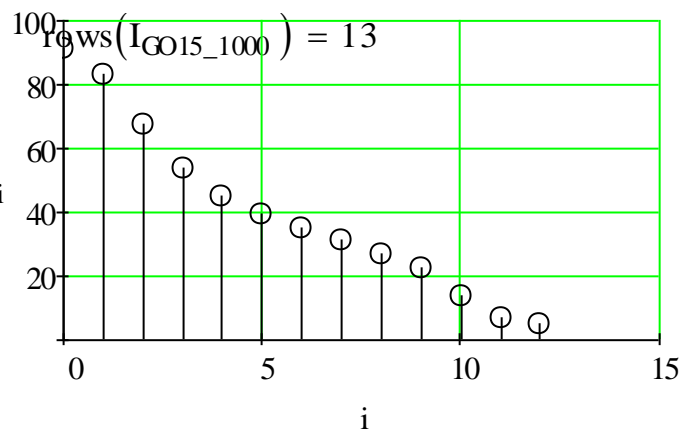
Їх можна знайти з простих тригонометричних співвідношень (див. рис. 4.4), але зручніше використати графічний метод, побудувавши чи змодельовавши реальні відстані в певному масштабі та провівши вимірювання кутів. У вибраному для побудови масштабі відкладаються на двох сторонах прямого кута відрізки $O'O$ – висота щогли і відрізок $O'M$, зображає в масштабі відстань від основи щогли до точки перетину оптичної осі прожектора з розрахунковою площиною (див. рис. 4.4, б). Далі на плані

освітлюваного майданчику опускається перпендикуляр AA з розрахункової

Розрахунок кривої сили світла прожектора GL-FL120 у вертикальній площині (в залежності від зміни кута α)

точки A на напрямок $O'M$ і отримуємо відрізок $O'A$, який відкладається на лінії $O'M$. З'єднавши точку O з точками M і A' , отримуємо шуканий кут β . Відкладаємо на лінії $O'M$ відстань $O'A$ і радіусом OA робимо відмітку на перпендикулярі до напрямку OA' , поставленому в точці A' . З'єднавши точку перетину A , з точкою з точкою O , отримуємо β .

$i := 0..12$
 Визначаємо
 за цим кутом значення I_{GO15_1000} i
 сили світла в φ
 розрахункову точку
 $I(\alpha)$. Для розрахунку
 потрібні ще кути α і



відстань L . Точку A на лінії $O'M$ з'єднуємо з точкою O . Лінія $OA = L$, а кут $O'OA = \alpha$. Таким чином, всі величини для підстановки в формулу знайдені, залишилося провести обчислення освітленості.

Послідовно розрахувавши розподіл освітленості на розрахунковій поверхні при даному спрямуванні світлових потоків прожекторів, переконуються в її раціональності або проводять необхідні уточнення напрямів прицілу прожекторів в сторону точок з недостатньою освітленістю і знову виконують перевірочний розрахунок.

Програма розрахунку освітленості горизонтальної площини спортивного залу на висоті 1 м над поверхнею підлоги розроблена в середовищі пакету MathCAD. Її фрагмент приводжу в тексті пояснюючої записки. Повністю текст програми розташований у електронному додатку до кваліфікаційної роботи.

$$I_{GO15_1000} \equiv \begin{pmatrix} 91 \\ 83 \\ 67.5 \\ 53.5 \\ 45 \\ 39.5 \\ 35 \\ 31.5 \\ 27 \\ 22.5 \\ 14 \\ 7 \\ 5.25 \end{pmatrix}$$

Створення симетричної функції $I(\alpha)$

$$j := 0.. 11$$

$$\Pi_j := I_{GO15_1000} \alpha_{11-j}$$

$$\text{rows}(\Pi) = 12$$

$$j1 := 0.. \text{rows}(\Pi) - 1$$

$$j := 0.. 10$$

$$\alpha_{1 j1} := -11 + j1$$

$$\Pi_{j+12} := I_{GO15_1000} \alpha_{1+j}$$

Результат

$$\Pi^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	7	14	22.5	27	31.5	35	39.5	45	53.5	...

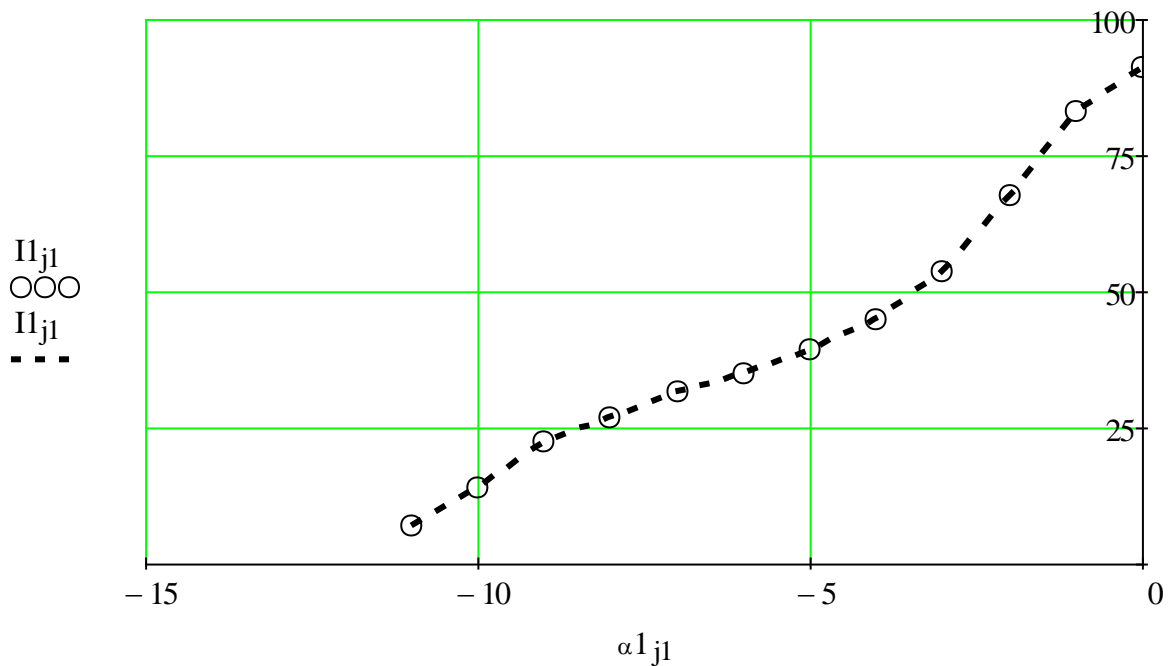
$$j11 := 0..22$$

$$\alpha11_{j11} := -11 + j11$$

$$\alpha11^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	0	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	...

Паспортні значення залежності сили світла від куту відхилення у вертикальній площині від оптичної осі прожектора



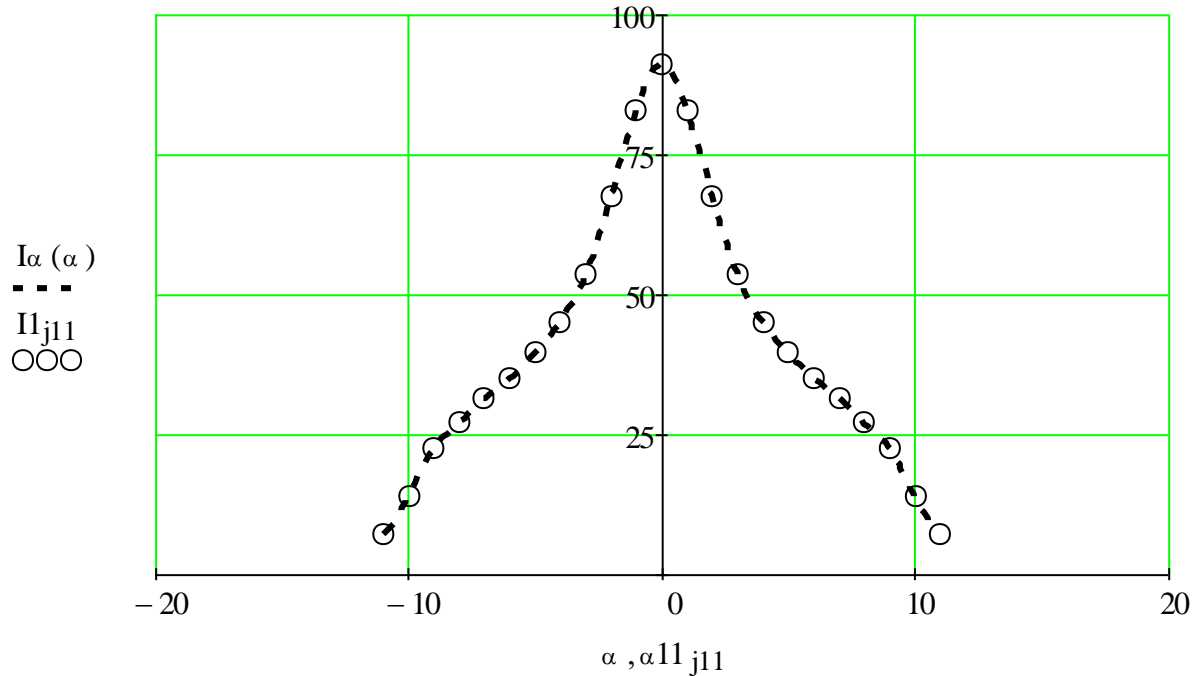
Інтерполяція кубічним сплайном значень сили світла як функції кута α

$$KSP_{\alpha} := cspline(\alpha11, I1)$$

$$\alpha := -11, -10.9..11$$

$$I_{\alpha}(\alpha) := interp(KSP_{\alpha}, \alpha11, I1, \alpha)$$

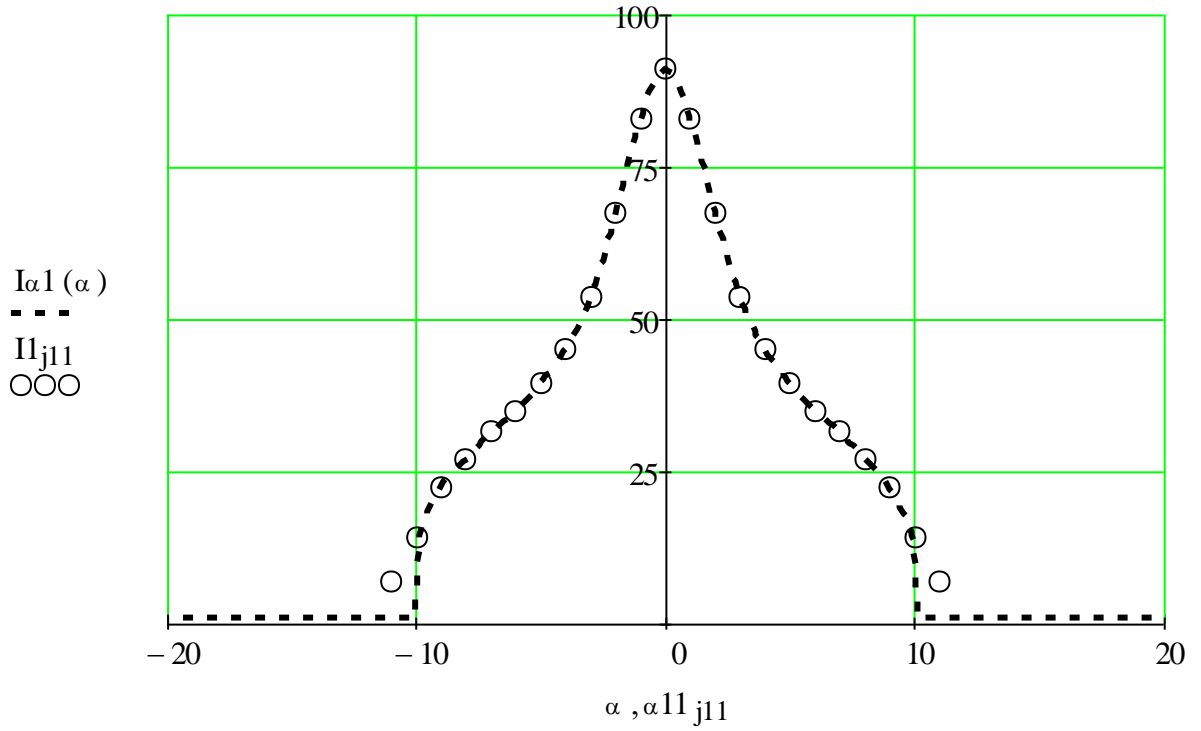
Інтерпольована куб-сплайном по α ф-ція сили світла у відносних одиницях при $\beta = 0$
в декартових координатах та експериментальні значення $I(\alpha)$



Створення відмінної від нуля $I(\alpha)$

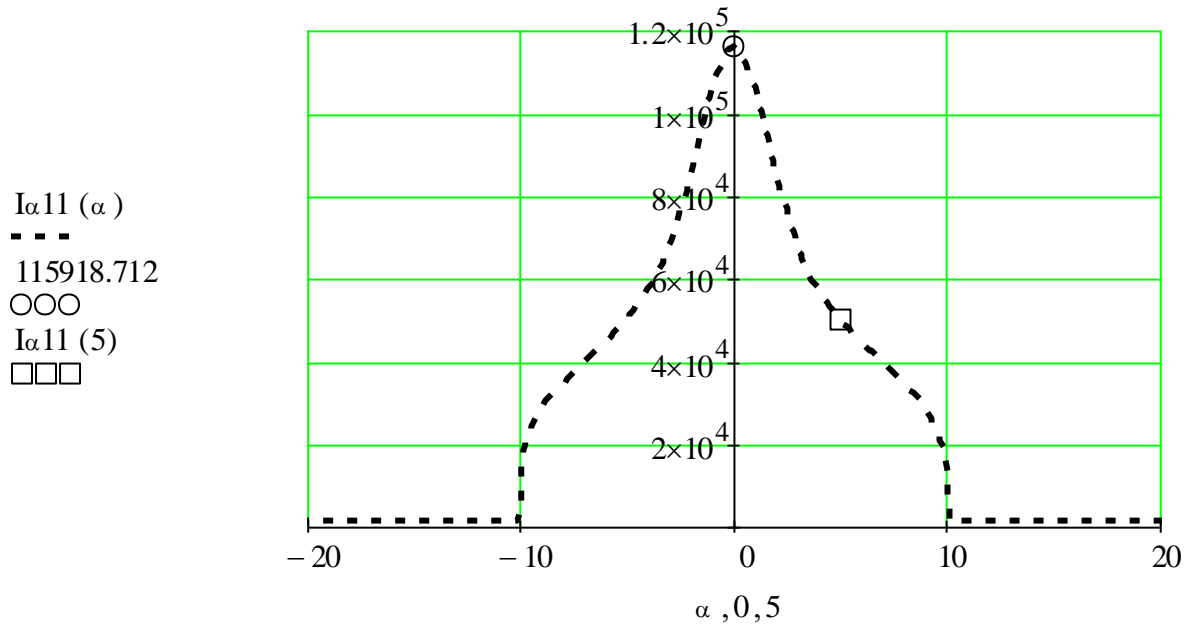
$$I_{\alpha 1}(\alpha) := \begin{cases} I_\alpha(\alpha) & \text{if } |\alpha| \leq 10 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha := -90, -89.9 \dots 90$$



Врахування поправочних коефіцієнтів $k_1 := 2.408$ $k_2 := 23$

$$I_{\alpha 11}(\alpha) := k_1 \cdot k_2^2 \cdot I_{\alpha 1}(\alpha)$$



Формули для розрахунку освітленості горизонтальної площини

Необхідно задати висоту, на якій встановлюються прожектори **H**

$$\underline{H} := 6$$

Координата крайньої по ширині точки освітлювального майданчика **Y**

$$Y := -6$$

$$E_{\min} := 400$$

$$E_{\max} := 500$$

$$\underline{Y1} := -5$$

Відстань від прожектора до точки, в якій розраховується освітленість **L(y)**

$$\underline{L}(y) := \sqrt{H^2 + (Y - y)^2}$$

$$L2(y) := \sqrt{H^2 + (-Y - y)^2}$$

Кут між напрямком сили світла та нормаллю до площини **Q(y)**

$$\Theta(y) := \frac{180}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{H}{L(y)}\right)$$

$$\Theta2(y) := \frac{180}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{H}{L2(y)}\right)$$

Кут відхилення від оптичної осі прожектора **a(y)**

$$\alpha(y0, y) := \Theta(y0) - \Theta(y)$$

$$\alpha2(y0, y) := \Theta2(y0) - \Theta2(y)$$

Освітленість гор. площини, при спрямуванні опт. осі прожектоа в т.у0: **E(y0, y)**

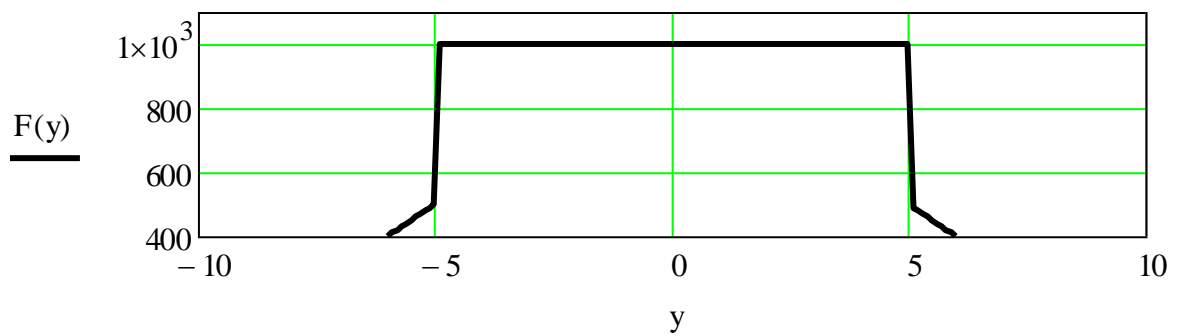
$$E(y0, y) := \frac{I_{\alpha11}(\alpha(y0, y)) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot \Theta(y)\right)}{L(y)^2}$$

$$E2(y0, y) := \frac{I_{\alpha11}(\alpha2(y0, y)) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot \Theta2(y)\right)}{L2(y)^2}$$

Створення функції мети

$$F(x) := \begin{cases} E_{\min} + \left(\frac{E_{\max} - E_{\min}}{-Y + Y1} \right) \cdot (|-Y + x|) & \text{if } Y \leq x < Y1 \\ 1000 & \text{if } Y1 \leq x \leq -Y1 \\ E_{\max} - \left[\frac{E_{\max} - E_{\min}}{-Y - (-Y1)} \right] \cdot (x + Y1) & \text{if } -Y1 < x \leq -Y \\ 200 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$y := Y, Y + 0.1 .. -Y$$



Індексування координат горизонтальної площини

$$ig := 0..120 \quad k := 0..15$$

$$jg := 0..90$$

$$x_{ig} := ig - 60 \quad z_k := k$$

$$y_{1jg} := jg - 45$$

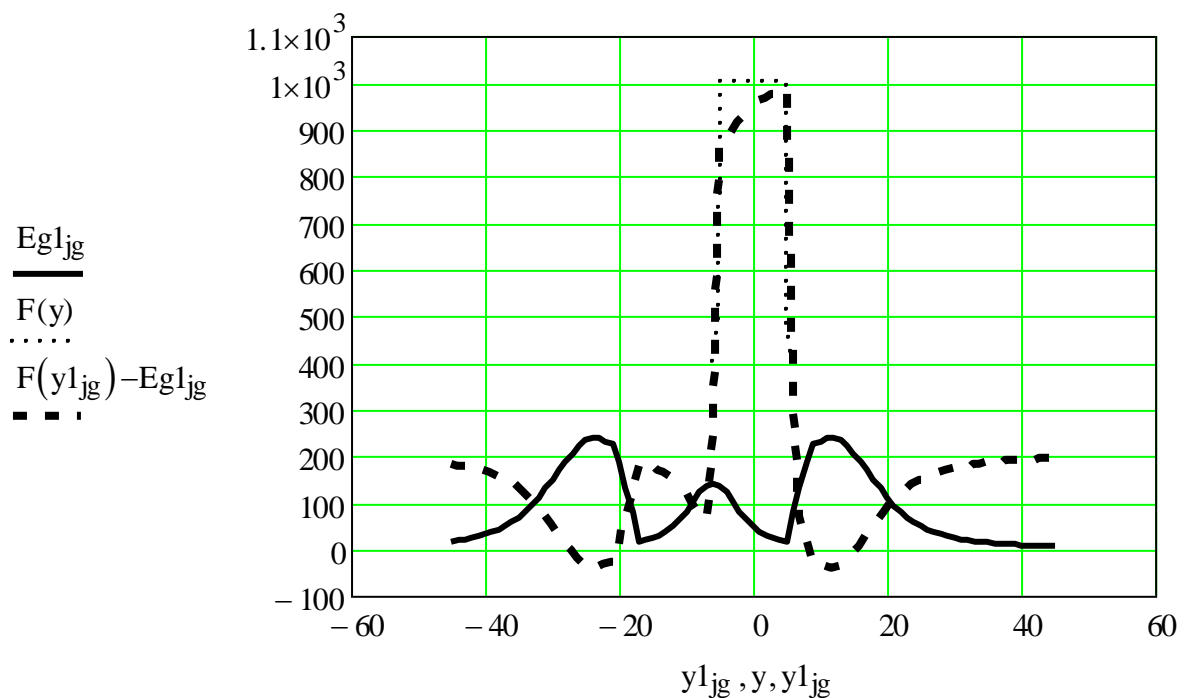
Освітленість горизонтальної площини:

$$E1(x1, x, y, x1, y1) := \frac{I012(\alpha11(y, y1, y1), \beta11(x, y, x1, y1)) \cdot \cos(\theta11(x, y, x1, y1))}{SB1(x, y, x1, y1)^2}$$

$$E2(x1, x, y, x1, y1) := \frac{I012(\alpha11(y, y2, y1), \beta11(x, y, x1, y2)) \cdot \cos(\theta11(x, y, x1, y2))}{SB1(x, y, x1, y2)^2}$$

$$Eg1_{jg} := E(-33, y1_{jg}) + E(-30, y1_{jg}) + E(-28, y1_{jg}) + E(-25, y1_{jg})$$

Приклад прицілювання одного прожектора.



Програма автоматизованого визначення першої точок прицілу
опт. осі

```

yopt :=
  CKVm ← ∞
  N ← 140
  for i ∈ 0.. N
    ai ← Y1 + i·0.5
    CKV ← ∑j=070 √[F(j + Y1) - (E(ai, j + Y1) + E2(-ai, j + Y1))]²
    if CKV < CKVm
      CKVm ← CKV
      a_opt ← ai
  a_opt

```

yopt = 2.5

Завжди залишається можливість для уточнення

$$\sum_{j=0}^{70} \sqrt{[F(j + Y1) - (E(-30, j + Y1) + E2(-30, j + Y1))]^2} = 21295.4986801$$

$$\sum_{j=0}^{70} \sqrt{[F(j + Y1) - (E(-30.4, j + Y1) + E2(-30.4, j + Y1))]^2} = 21326.3769572$$

4.5 Висновки до розділів 3, 4

За результатами експериментальних та теоретичних досліджень можна зробити висновки:

- розміщення світлових приладів у батареях приміщення освітлюваного спортивного залу визначається не лише самою висотою розташування площадки для прожекторів, а повинно враховуватися й геометричні розміри горизонтальної поверхні, на яку спрямовуватиметься світловий потік;

- найкращі результати рівномірності освітлення горизонтальної площини спортивного майданчика можна отримати при бічному лінійному розташуванні щогл;

- вибір світлових приладів, що будуть використовуватися в освітлювальній установці потрібно проводити не лише за їх електротехнічними та світлотехнічними характеристиками, а й з врахуванням висоти та місця їх розташування;

- найбільш придатним на сучасному етапі є метод розрахунку освітленості точковим методом у порівнянні з наближеними методами використання світлового потоку чи питомої потужності.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Особливості загальної послідовності проектування системи освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту

Проектування освітлювальних установок спортивних споруд доцільно виконувати в такій послідовності:

1. Визначення технологічних особливостей освітлюваного спортивної споруди (види спорту, напрямок планування спортмайданчиків, основні напрямки рухів і ліній зору спортсменів, наявність глядачів, їх положення та основні напрямки їх ліній зору, можливість проведення змагань і їх клас і т. д.). Встановлення найбільш складних випадків з точки зору освітлення.
2. Визначення системи освітлення, що задовольняє всім технологічним особливостям освітлюваного приміщення.
3. Визначення нормованих світлотехнічних величин.
4. Вибір джерел світла, освітлювальних приладів. розміщення їх відповідно до прийнятої системою і визначення їх кількостей, необхідних для створення нормованих світлотехнічних величин.
5. Перевірочний розрахунок освітленості.
6. Розрахунок мережі електроживлення, вибір засобів і способів виконання електропроводок, схеми живлення і системи управління освітленням.
7. Розробка необхідних допоміжних конструкцій.
8. Складання кошторису та специфікацій.
9. Оформлення проектної документації.

Перші чотири пункти розглянуті у розділах «Аналітичний огляд», «Науково-дослідна частина», «Технологічна частина» та «Проектно-конструкторська частина», тому не варто дублювати процедуру їх прийняття. Випущені також «Вказівки по проектуванню промислових освітлювальних установок. Познайомимося коротко з особливостями методів розрахунку освітленості освітлювальної установки для закритих приміщень спортивних

залів, так як саме вони найчастіше найбільш ускладнюють процес проектування та роблять його непомірно трудомістким.

Розрахунок освітленості, створюваної прожекторами або світильниками спрямованого світла, може виконуватися різними методами. Найбільш часто застосовують розрахунок за методом ізольокс, тобто кривих рівної освітленості. Цей метод з успіхом використовується для багаторазових розрахунків близьких між собою варіантів освітлення об'єктів з невисокими значеннями освітленості. Для використання його необхідно мати альбоми ізольокс даного світлового приладу під потрібними кутами нахилів. З методикою такого розрахунку можна ознайомитися в довідниках по освітленню, навчальній літературі. Ця методика теж доволі трудомістка і специфічна. Запропоновані інші, спрощені методи розрахунків, але вони також мають на увазі використання спеціальних довідкових таблиць графіків і т. п., а такі графіки не завжди є під рукою у працівників, яким доводиться планувати та експлуатувати освітлювальні установки. Тому у цьому розділі варто сконцентрувати увагу на повірочному розрахунку прожекторного освітлення точковим методом, яким можна користуватися, не маючи допоміжних матеріалів, крім кривих розподілу сил світла прожектора та плану освітлюваної майданчика.

Звичайно не варто нехтувати широко впровадженими пакетами прикладних програм таких як «DiaLux» чи аналогічних. Але обов'язково враховувати специфіку розрахунку саме для спортивних залів, призначених для ігрових видів спорту.

5.2. Вибір кабельно-провідникової частини системи живлення освітлювальної установки

Основними видами прокладки проводів є відкриті безтрубні електропроводки, а також електропроводки в пластмасових і сталевих трубах.

Відкриті проводи повинні прокладатися в місцях, де виключена можливість їх механічних ушкоджень, або вони повинні мати відповідний захист.

Забороняється відкрите прокладання незахищених ізольованих проводів із пожежонебезпечною ізоляцією. Плоскі дроти забороняється застосовувати у вибухонебезпечних приміщеннях, особливо сирих і з хімічно агресивним середовищем, безпосередньо по горючих підставах; для зарядки підвісних світильників у залах для глядачів, клубах, спортивних спорудах; на горищах при відкритій прокладці.

При прихованій прокладці плоских проводів під шаром штукатурки або цементного розчину забороняється застосування для закладення проводки штукатурних розчинів, що містять речовини, що руйнують ізоляцію.

При виборі провідників електричного струму простіше перейти від діаметра проводу до величини квадратного перетину дроту. Провід у своєму перерізі не обов'язково є колом, так само він може бути і квадратом, і прямокутником, і навіть трикутником. При трикутному перерізі проводу звичайно неможливо визначити діаметр, тому прийнято класифікувати дроти по площі поперечного перерізу.

Проводи, прокладені разом, гріються і підігрівають один одного, тому для вибору проводу або кабелю «Допустимі тривалі струми для проводів та кабелів» вибираємо тип проводу або кабелю, знаходимо відповідну потужність і струм, знаходимо переріз жили проводу або кабелю. Струм не залежить від напруги, а тільки від потужності споживача. Тому, не має значення напруга, яким живиться споживач, а лише величина струму.

Промисловість випускає велику кількість проводів та кабелів. Доступно в роздрібній торгівлі порівняно менша кількість, проте її цілком вистачає для прокладання струмопровідної частини мережі живлення освітлювальної установки відкритого спортивного майданчика. Пробивна напруга ізоляції – напруга, при якому може зруйнуватися ізоляція проводу

або кабелю, тому чим вищий цей показник, тим надійніше і довговічніше кабель.

ВВГнг – кабель, кожна жила з міді в вінілхлоридній ізоляції і оболонка кабелю з вінілхлориду, кабель не поширює горіння, пробивна напруга 0,66 кВ. Жили всі однопровідні, тобто цілісні. Кабель орієнтований на промислове використання.

АВВГнг – кабель має аналогічні до попереднього електротехнічні характеристики. Звичайно він також орієнтований на промислове використання.

ПУНП – кабель, кожна жила якого з міді в поліетиленовій ізоляції і оболонка кабелю з поліетилену, пробивна напруга становить 0,25 кВ. Жили всі багатодотові, тобто складаються з декількох зволікань. Кабель орієнтований на побутове використання.

ПВ-1 – провід, жила з міді в полівінілхлоридній ізоляції, пробивна напруга 0,66 кВ. Жила однодротова, провід орієнтований на розводку електрики в щитку.

ПВ-3 – провід, жила з міді в полівінілхлоридній ізоляції, пробивна напруга 0,66 кВ. Жила багатодротова, провід орієнтований на протягання в труби, короби, кабель-канали, металорукава і т.п.

Провід й кабелі по нагріванню вибирають з невеликим запасом. Самі дроти вибирають за умовами прокладки в залежності від матеріалу стін.

Для адміністративної будівлі, знаходиться біля спортивного майданчика обираємо кабель марки ПВ, кожна жила з міді в поліетиленовій ізоляції і оболонка кабелю з вінілхлориду, пробивна напруга 0,4 кВ. Жили всі багатодотові, тобто складаються з декількох зволікань. Кабель орієнтований на побутове використання.

Для живильної мережі вибираємо кабель марки ВВБ броньовані з мідними жилами, що буде прокладатися в землі. Для розподільної мережі вибираємо кабель ВВГ з мідними жилами та гумовою ізоляцією, який прокладатиметься в пластикових трубах.

5.3 Електротехнічний розрахунок групових щитків системи електропостачання освітлювальної установки

Оптимальною за економічними показниками мережа, в якій витрати провідного матеріалу – мінімум. Для визначення перерізу провідників та кабелів кожної ділянки, спочатку компонують мережу, визначають потужність кожної групи щитка та загальну потужність кожного щитка.

ОЩ-1.1

$$P_1 = P_{oy103} + P_{oy104} = 0.7 + 0.77 - 0.14 = 1,33 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_{oy105} + P_{oy113a} = 1.05 + 4 * 0.07 = 1,33 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_{oy106} = 1.05 - 0.07 = 0,98 \text{ кВт};$$

$$P_4 = P_{oy107} = 1.05 - 0.07 = 0,98 \text{ кВт};$$

$$P_5 = P_{oy108} = 1.05 - 0.07 = 0,98 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{розетки}} = 24 * 0.06 = 1,44 \text{ кВт}.$$

Також визначаємо приведені моменти:

$$m_1 = 0,7 * 19,9 + 0,77 * 18 + 1,33 * 11 = 42,42 \text{ кВт*м};$$

$$m_2 = 1,33 * 50,5 = 67,165 \text{ кВт*м};$$

$$m_3 = 0,98 * 39,3 = 38,514 \text{ кВт*м};$$

$$m_4 = 0,98 * 36,3 = 35,574 \text{ кВт*м};$$

$$m_5 = 0,98 * 44,8 = 43,904 \text{ кВт*м};$$

$$m_6 = 1,44 * 49,85 = 71,784 \text{ кВт*м};$$

Розраховуємо загальну потужність щитків та приведені моменти:

$$\sum P_{\text{ощ-1}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 7,04 \text{ кВт};$$

$$\sum m_{\text{ощ-1}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = 2,36 \text{ кВт*м};$$

Визначаємо приведені моменти для живильної та розподільчої мереж:

$$M_{AB} = P_{\text{тр}} * L_{AB} = 36,5 * 50 = 1825 \text{ Вт*м};$$

$$M_{BB} = P_{\text{ощ-1}} * L_{BB} = 6,94 * 10 = 69,4 \text{ Вт*м};$$

$$M_{AB} = P_{\text{ощ-А}} * L_{БГ} = 0,36 * 10 = 3,6 \text{ кВт*м};$$

Визначаємо поперечні перерізи живильної та розподільчої мереж:

$$S_{AB} = \frac{M_{AB} + \alpha * (m_{ощ-1} + m_{ощ-a})}{c * \Delta U} = \frac{1825 + 1,85 * 405,82}{72 * 5} = 13,86 \text{мм}^2;$$

$$S_{стAB} = 16 \text{мм}^2$$

Визначаємо спад напруги на ділянці AB:

$$U_{AB} = \frac{M_{AB}}{C * S_{стAB}} = \frac{1825}{72 * 16} = 1,58 \%;$$

$$U_{B'} = \Delta U - U_B = 5 - 1,58 = 3,42\%;$$

$$I_1 = \frac{P_1}{U_{л} * \cos\varphi} = \frac{2,43}{0,198} = 12,3 \text{А};$$

$I_{дд1}=16 \text{А}$.

Результати електротехнічних розрахунків параметрів групових щитків зведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Значення активної потужності та приведених моментів для групових щитків мережі живлення освітлювальної установки

Ділянка	група	P,кВт	m,кВт*м
ОЩ1.1	1	1.33	42,42
	2	1.33	67,165
	3	0.98	38,514
	4	0.98	35,574
	5	0.98	43,904
	6	1.44	71,784
		$\Sigma P=7.04$	$\Sigma m=299,364$

Таблиця 5.1. продовження.

Ділянка	група	P,кВт	m,кВт*м
ОЩ1.2	1	1.48	30.151
	2	0.98	39.004
	3	0.98	41.944
	4	0.98	54.047
	5	0.98	55.586
	6	1.2	70.944
		$\Sigma P=6.6$	$\Sigma m=291.676$

Таблиця 5.1. продовження.

Ділянка	група	P,кВт	m,кВт*м
ОЦ1.3	1	1.13	8.254
	2	1.22	35.227
	3	1.82	192.92
	4	1.91	157.24
	5	2.17	47.46
	6	1.92	163.449
		$\Sigma P=10.17$	$\Sigma m=604.55$

6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічна ефективність нової техніки мусить базуватися на оптимальних рішеннях, прийнятих, в першу чергу, виходячи з народногосподарських інтересів по критеріях, які відповідають цілям суспільної промисловості і органічно зв'язаних із законом соціального господарювання: досягнення в інтересах суспільства найбільших результатів при найменших затратах.

Додатково повинні плануватися витрати на експлуатацію обладнання. Приблизно один раз на п'ять років встановлена система освітлення повинна піддаватися реконструкції, а в міру зносу – прогнозується заміна ламп і арматури.

Критерієм народногосподарської економічної ефективності є економія затрат суспільної праці, що рівноцінно росту ефективності всієї узагальнюючої праці. Водночас з критеріями важливо правильно визначити показники економічної ефективності нової техніки. Економічна ефективність нової техніки оцінюється за допомогою вартості і натуральних показників. До вартісних показників відносяться капітальні вкладення, рентабельність виготовлення, економія приведених затрат і інші.

6.1 Розрахунок затрат на виготовлення установки

Затрати на виробництво нової установки включають в себе наступні статті:

- сировина і матеріали (за мінусом повернутих відходів);
- куповані напівфабрикати і комплектуючі прилади;
- паливо і енергія на технологічні цілі;
- основна і додаткова заробітна плата виробничих робітників;
- нарахування на зарплату (органам соціального страхування, в фонд зайнятості);
- витрати на підготовку і освоєння виробництва;
- витрати на експлуатацію і утримання обладнання;

цехові (загальновиробничі) витрати;
 заводські (загальногосподарські) витрати;
 інші виробничі витрати;
 позавиробничі витрати.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових цін за формулою:

$$M_3 = \sum H_{Mi} \cdot C_{oi}$$

де, H_{Mi} - норма затрат і-х сировини і матеріалу на установку; C_{oi} - оптова ціна за одиницю і-го матеріалу; n - кількість найменувань сировини і матеріалу.

Із визначеної суми затрат вираховуємо величину повернутих відходів (2-3% від затрат сировини і матеріалів). До отриманого результату додаємо транспортно-заготівельні затрати на рівні 10% преїскурантної вартості.

Затрати енергії на технологічні цілі розраховуються за формулою

$$Z_{ET} = \sum_{i=1}^n H_{ei} \cdot T_{ei}$$

де Z_{em} —затрати на енергію, яку використовують в технологічних цілях;

H_{ei} —норма витрат і-го виду енергії на виготовлення одного приладу;

T_{ei} —тариф за одиницю витрат і-тих видів енергії;

n —кількість видів енергії.

Для випадку, що розглядається у роботі $n=2$ (використовується електроенергія і природний газ для її вироблення).

$$H_{e1}=100 \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$$T_{e1}=0,25 \text{ грн}/(\text{кВт}\cdot\text{год});$$

$$H_{e2}=20 \text{ м}^3;$$

$$T_{e2}=0,35 \text{ грн}/(\text{м}^3);$$

$$Z_{em}=100\cdot0,25+20\cdot0,35=32 \text{ грн.}$$

Затрати на основну заробітну плату виробничих робітників, що зайняті у виготовленні установки, визначаються на основі даних про

трудомісткість виготовлення всіх деталей по видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників за формулою:

$$Z_o = \sum T_i \cdot T_{ci} \cdot K_o (i = 1 \text{ до } n),$$

де: Z_o – затрати на основну зарплату; T_i – трудомісткість інших видів робіт по виготовленню приладу; T_{ci} – величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові інших видів робіт; K_o – коефіцієнти доплат, що входять до основної заробітної плати (премії, доплати за роботу в нічний час, доплати незвільненим бригадирам і т.п.); n – кількість видів робіт.

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розрядові інших видів робіт визначається за формулою:

$$T_{ci} = T_{c1} \cdot T_{kc},$$

де: T_{c1} – величина тарифної ставки 1-го розряду;

T_{kc} – середній тарифний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$T_{kc} = \sum (K_i \cdot T_{ij}) / \sum T_{ij} (i = 1 \text{ до } p),$$

де: K_i – тарифні коефіцієнти і-х розрядів; T_{ij} – трудомісткість і-х робіт j-х розрядів; p – кількість розрядів.

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати приймаємо рівним 1,35.

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної зарплати, і приймаємо її рівною 10% від основної.

До витрат на підготовку і освоєння виробництва відносяться витрати на проектування, розробку техпроцесу, проектування інструменту і технологічної оснастки, та інше. Розрахунок витрат на підготовку і освоєння виробництва ведемо в такій послідовності.

Визначаємо чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва за формулою:

$$Ч_{пт} = T_{пт} / (Бч \cdot K_{вн}),$$

де $Ч_{пт}$ – чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва;

T_{mn} – трудомісткість технічної підготовки виробництва. $T_{mn}=1660$ год

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм часу працівниками. $K_{вн}=1,1$

$Bч$ – плановий річний бюджет часу одного працівника за два місяці буде становити $Bч=310$ год

$$Ч_{nm}=1660/(310 \cdot 1,1)=4,86 \text{ чоловік.}$$

Приймаємо $Ч_{nm}=5$ чоловік.

Розраховуємо суму зарплати працівників за окладами:

$$З_{n_o} = \sum O_i \cdot Ч_{nmi} \cdot 2,$$

$$З_{n_o} = 1200 \cdot 5 \cdot 2 = 1200 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину основної і додаткової зарплати працівників:

$$З_{n_{od}} = З_{n_o} \cdot (1 + K_d) = 1200 \cdot (1 + 0,15) = 1380 \text{ грн.}$$

Знаючи питому вагу (процентне співвідношення) основної і додаткової зарплати в зарплатах на підготовку і освоєння установки-аналога, величина затрат на підготовку і виробництво нової установки визначається за формулою:

$$З_{n_o} = З_{n_{od}} \cdot 100 / 3_{зг} = 1380 \cdot 100 / 30 = 4600 \text{ грн.}$$

Затрати на експлуатацію обладнання приймаємо на рівні 200% від основної зарплати робітників.

Аналогічно: цехові затрати – 160%; загальнозаводські затрати – 210%. Інші виробничі затрати приймаємо на рівні 2% від заводської собівартості, позавиробничі затрати – 1% цієї собівартості. Відрахування соцстраху, пенсійний фонд та фонд зайнятості приймаємо рівним 17,5%. Розрахунок поточних затрат на виготовлення приладу зводимо у таблицю 6.1.

Таблиця 6.1.

Калькуляційні статті	Сума затрат	
	Б	П
1.Сировина і матеріали	–	1.72
2.Куповані напівфабрикати та комплектуючі вироби	380	521,5
3.Основна і додаткова з/п виробничих робітників	0.876	2.182

4.Нарахування на з/п (по розах. статтям)	0.455	1.132
5.Витрати на підготовку та освоєння виробництва	198	315
6.Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	1.592	3.962
Технологічна собівартість	440.92	843,77
7.Цехові витрати	1.27	3.17
Цехова собівартість	442.19	846,94
8.Загальнозаводські витрати	1.67	4.16
Заводські витрати	584.73	851,1
9.Інші виробничі витрати	150	150
Виробнича собівартість	594,73	1001,1
10.Позавиробничі витрати	150	150
Повна собівартість	744,73	1151,1

Лімітна ціна – це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нової установки, відображає покращення його споживчих властивостей в порівнянні із зразками, що замінюються і зацікавлює споживача нового приладу в його використанні. Вона розраховується за формулою:

$$Ц_{л} = C_{мп} + П_{н},$$

де $C_{мп}$ – максимальний рівень повної собівартості нової установки;

$П_{н}$ – нормативна величина прибутку.

Приймаємо $П_{н} = 0,15 \cdot C_{пн}$, де $C_{пн}$ – повна собівартість нової установки.

Максимальний рівень повної собівартості нової установки дорівнює:

$$C_{мп} = 0,85 \cdot C_{па} \cdot П_{к},$$

де $C_{па}$ – повна собівартість установки-взірця, що замінюється новим;

0,85 – нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нової установки.

Лімітна ціна нової установки складе:

$$Ц_{л} = C_{mn} + П_{н} = 0,85 \cdot C_{na} \cdot П_{к} + 0,15 \cdot C_{nn}$$

де $П_{к} = 1,52$ - комплексний показник якості нової установки.

Тоді отримаємо: $Ц_{л} = 0,85 \cdot 6900 \cdot 1,35 + 0,15 \cdot 6770,80 = 8933$ грн.

6.2 Визначення затрат на експлуатацію установки.

Визначаємо затрати на експлуатацію за один рік його експлуатації за формулою:

$$З_{ен} = ПЗ_{ев} + K_t - Л_t,$$

де $ПЗ_{ев}$ – поточні затрати по експлуатації установки за 1 рік; K_t – разові (капітальні) затрати при використанні установки за цей же період. Ці затрати складаються із його оптової ціни з врахуванням затрат на доставку і монтаж в розмірі 10%:

для базової установки: $Ц_{б} = C_{na} + 0,15 \cdot C_{na} = 1,15 \cdot 6900 = 7935$ грн.

$$K_t^{\circ} = 1,1 \cdot Ц_{б} = 1,1 \cdot 7935 = 8728,5 \text{ грн.}$$

- для нової установки: $Ц_{н} = C_{na} + 0,15 \cdot C_{na} = 1,15 \cdot 6770 = 7785$ грн.

$$K_t^H = 1,1 \cdot Ц_{н} = 1,1 \cdot 7785 = 8564 \text{ грн.}$$

$Л_t$ – залишкова вартість установки на кінець першого року експлуатації:

- для базового варіанту: $Л_t^{\circ} = Ц_{б} - K_a \cdot Ц_{б}$, де $K_a = 11\%$ – норма амортизаційних відрахувань.

$$Л_t^{\circ} = (1 - 0,11) \cdot 7935 = 7062 \text{ грн.}$$

- для нової установки: $Л_t^H = (1 - 0,11) \cdot 7785 = 6928$ грн.

Величина поточних експлуатаційних затрат за рік служби установки складається з таких статей:

$$ПЗ_{ев} = З_{мо} + З_{мд} + З_{зн} + З_e + З_p + З_i + З_{б} + З_n + З_{yn},$$

де $З_{мо}$ - затрати на основні матеріали за рік; $З_{мд}$ - затрати на допоміжні матеріали; $З_{зн}$ - затрати на основну і додаткову зарплату з нарахуванням;

$З_e$ - затрати по всіх видах енергії як установки, так і технологічного процесу, де застосовується установку; $З_p$ - затрати на ремонт установку і

технологічного обладнання, якщо використання установки вплинуло на виробничий процес;

Z_i - затрати на інструмент, використаний для обробки і вимірювання;

Z_o - затрати від браку на першому році експлуатації; Z_n - затрати на періодичні перевірки і наладку установки; Z_{yn} - умовно-постійні затрати на перший рік експлуатації установки.

При експлуатації розрахунку поточних затрат по експлуатації установки враховуємо наступні фактори: визначаємо затрати на основну і додаткову зарплату для базової установки по формулі:

$$Z_{zn}^{\bar{o}} = (t_1/60) \cdot TC_i \cdot (1+K_{\partial o}) \cdot (1+K_{\partial \partial}) \cdot (1+K_{\partial z}) \cdot \Pi_1,$$

де $t_1 = 2$ хв - час вимірювальної дії установки по базовому варіанті; ($t_2 = 0,1$ хв - час вимірювальної дії нової установки); $TC_i = 6,84$ грн. - годинна тарифна

ставка оператора IV розряду; $K_{\partial o} = 0,4$ - коефіцієнт доплат до основної зарплати; $K_{\partial \partial} = 0,11$ - коефіцієнт додаткової зарплати; $K_{\partial z} = 0,37$ - сума відрахувань від основної зарплати; $\Pi_1 = 2500$ шт/рік – річна програма контролю виробів при використанні базової установки; $\Pi_2 = 3500$ шт/рік - річна програма контролю виробів при використанні нової установки.

Тоді для базового варіанту отримуємо:

$$Z_{zn}^{\bar{o}} = 2/60 \cdot 6,84 \cdot (1+0,4) \cdot (1+0,11) \cdot (1+0,37) \cdot 2500 = 1212,3 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту отримуємо:

$$Z_{zn}^n = 0,1/60 \cdot 6,84 \cdot (1+0,4) \cdot (1+0,11) \cdot (1+0,37) \cdot 3500 = 84,94 \text{ грн.}$$

Розраховуємо затрати на електроенергію за формулою:

$$Z_e = M_1 \cdot (t_1/60) \cdot \Pi_1 \cdot E_e$$

де $M_1 = 0,1$ кВт - потужність, яку споживає базову установку ($M_2 = 0,3$ кВт - потужність, яку споживає нова установка).

Для базової установки: $Z_e^{\bar{o}} = 0,1 \cdot (2/60) \cdot 2500 \cdot 0,25 = 2,13$ грн.

Для нової установки: $Z_e^n = 0,3 \cdot (0,1/60) \cdot 3500 \cdot 0,25 = 0,54$ грн.

Затрати на ремонт установки і технологічного обладнання:

$$Z_p = Z_{pn} + Z_{po},$$

де Z_{pn} – затрати на ремонт установки; Z_{po} – затрати на ремонт технологічного обладнання.

Затрати на ремонт базової установки приймаємо в процентах від його оптової ціни:

$$Z_p^{\bar{o}} = 0,09 \cdot C_{\bar{o}} = 0,09 \cdot 6900 = 621 \text{ грн.}$$

Для базової установки: $Z_{pn}^{\bar{o}} = Z_p^{\bar{o}} \cdot \Pi_2/\Pi_1 \cdot K_{nn} \cdot K_{ef}$,

де K_{nn} – коефіцієнт, що характеризує зростання продуктивності робочого процесу, в якому використані нової установки підвищеної надійності; $K_{nn}=1,2$; $K_{ef}=1,1$ – коефіцієнт, який характеризує долю зменшення затрат на ремонт нової установки при підвищенні її надійності.

$$Z_{pn}^{\bar{o}} = 621 \cdot 3500/2500 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 1147,61 \text{ грн.}$$

Для нової установки: $Z_p^H = 0,09 \cdot C_n^H = 0,09 \cdot 6770 = 609 \text{ грн.}$

Сумарні затрати на ремонти складають:

для базової установки: $Z_p^{\bar{o}} = 621 \text{ грн.}$

для нової установки: $Z_p^H = 609 \text{ грн.}$

Затрати на періодичні перевірки приладу визначаємо на основі преїскуранту Держстандарту.

- для базової установки: $Z_n^{\bar{o}} = H_n \cdot Z_{nn}^{\bar{o}} \cdot \Pi_2/\Pi_1 = 1 \cdot 15,8 \cdot 3500/2500 = 22,12$ грн. де H_n – кількість перевірок на рік; $Z_{nn}^{\bar{o}}$ – затрати на одну перевірку приладу.

- для нової установки: $Z_n^H = H_n \cdot Z_{nn}^H = 1 \cdot 22,34 = 22,34 \text{ грн.}$

Величина умовно-постійних затрат з врахуванням зростання продуктивності нової установки визначається за формулою:

для базової установки: $Z_n^{\bar{o}} = Z_{yn}^{\bar{o}} \cdot (\Pi_2/\Pi_1 - (\Pi_2/\Pi_1 - 1) \cdot K_{yn})$,

де $Z_{yn}^{\bar{o}}$ – величина умовно-постійних затрат без врахування приросту продуктивності нової установки; K_{yn} – коефіцієнт, який враховує долю приросту умовно-постійних затрат на 1% приросту продуктивності нової установки.

$$Z_n^{\bar{o}} = 68,4 \cdot (3500/2500 - (3500/2500 - 1) \cdot 0,6) = 79,34 \text{ грн.}$$

для нової установки: $Z_n^H = Z_{yn}^H = 68,4 \text{ грн.}$

З врахуванням разових капітальних затрат за мінусом залишкової вартості, одержимо:

для базової установки: $Z_{\text{еп}}^{\text{б}} = 3083,55 + 7935 - 7062 = 3956,55$ грн.

для проектної установки: $Z_{\text{еп}}^{\text{п}} = 785,22 + 7785 - 6928 = 1642$ грн.

Річний економічний ефект від впровадження освітлювальної установки для типового закритого спортивного майданчика становить $3956,55 - 1642,00 = 2314,55$ грн. Капітальні витрати окупляться за 1,7 року.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.1 Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом

Перша медична допомога – це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження здоров'я потерпілих, здійснюваних немедичними працівниками (взаємодопомога) або самим потерпілим (самодопомога). Найважливіше положення надання першої допомоги – її терміновість. Чим швидше вона надана, тим більше сподівань на сприятливий наслідок.

Послідовність надання першої допомоги:

- усунути вплив на організм ушкоджуючих факторів, котрі загрожують здоров'ю та життю потерпілих, оцінити стан потерпілого;
- визначити характер та важкість травми, найбільшу загрозу для життя потерпілого і послідовність заходів щодо його рятування;
- виконати необхідні заходи з рятування потерпілих в послідовності терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, здійснити штучне дихання, провести зовнішній масаж серця);
- підтримати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичного працівника;
- викликати швидку медичну допомогу або вжити заходів щодо транспортування потерпілого до найближчого лікувального закладу.

Рятування потерпілих від впливу електричного струму залежить від швидкості звільнення його від струму, а також від швидкості та правильності надання йому допомоги. Зволікання може зумовити загибель потерпілого. При ураженні електричним струмом смерть часто буває клінічною, тому ніколи не слід відмовлятися від надання допомоги потерпілому і вважати його мертвим через відсутність дихання, серцебиття, пульсу. Вирішувати питання про доцільність або непотрібність заходів з оживлення та винести заключення про його смерть має право лише лікар.

Весь персонал, що обслуговує електроустановки, електричні станції, підстанції та електричні мережі, повинен не рідше 1 разу на рік проходити інструктаж з техніки безпеки про експлуатацію електроустановок, з надання першої медичної допомоги, а також практичне навчання з прийомів звільнення від електричного струму, виконання штучного дихання та зовнішнього масажу серця. Заняття повинні проводити компетентні особи з медичного персоналу або інженери з техніки безпеки, котрі пройшли спеціальну підготовку і мають право навчати персонал наданню першої допомоги. Відповідальним за організацію навчання є керівник об'єкта, що проектується.

В місцях постійного чергування персоналу повинні бути:

- аптечка з необхідними пристосуваннями та засобами для надання першої медичної допомоги;
- плакати, присвячені правилам надання першої допомоги, виконання штучного дихання та зовнішнього масажу серця, вивішені на видних місцях.

Дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, викликає мимовільне судомне скорочення м'язів та загальне збудження, котре може призвести до порушення і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу. Якщо потерпілий тримає провід руками, його пальці так сильно стискають, що звільнити провід стає неможливо. В зв'язку з цим першою дією того, хто надає першу допомогу, повинне бути швидке вимкнення тієї частини електроустановки, до котрої доторкається потерпілий. Вимкнення здійснюється за допомогою вимикачів, рубильника або іншого вимикаючого апарата.

Якщо вимкнути установку швидко не можна, слід вжити заходів щодо звільнення потерпілого від струмоведучих частин, до котрих він торкається. У всіх випадках той, хто надає допомогу, не повинен доторкатися до потерпілого без належних запобіжних заходів, оскільки це небезпечно для життя. Він також повинен слідкувати, щоб самому не опинитися в контакті з струмоведучою частиною або під кроковою напругою.

Для звільнення потерпілого від струмоведучих частин або проводу напругою до 1000В слід скористатись канатом, палицею, дошкою або будь-яким сухим предметом, що не проводить електричного струму.

Потерпілого можна також відтягнути за його одяг (якщо він сухий та відстає від тіла), уникаючи дотику до оточуючих металевих предметів та частин тіла. З метою ізоляції рук той, хто надає допомогу, повинен одягнути діелектричні рукавиці або обмотати руку шарфом, натягнути на руку рукав піджака або пальто, накинути на потерпілого гумовий килимок або просто сухий матеріал. Можна також ізолювати себе, ставши на гумовий килимок, суху дошку, жмут одягу. При відділенні потерпілого від струмопровідних частин рекомендується діяти одною рукою.

Якщо електричний струм проходить в землю через потерпілого він судорожно стискає один провід, то простіше перервати струм, відокремивши потерпілого від землі, дотримуючись при цьому запобіжних заходів. Можна також перерубати дроти сокирою з сухою ручкою або перекусити їх інструментом з ізольованими ручками. Перерубувати або перекушувати проводи слід пофазово, тобто кожний провід окремо, при цьому рекомендується стояти на сухих дошках, на дерев'яній драбині.

7.1.2 Дія електричного струму на організм людини

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

Електротравма – це травма, викликана дією електричного струму або електричної дуги. Електротравми поділяються на два види: електротравми, котрі виникають при проходженні електричного струму через тіло людини, і електротравми, поява котрих не пов'язана з проходженням струму через тіло людини. Ураження людини в другому випадку пов'язане з опіками, засліпленням електричною дугою, падінням, а відтак – суттєвими механічними ушкодженнями. Існує також поняття “електротравматизм”.

Електротравматизм – це явище, котре характеризується сукупністю електротравм, котрі виникають та повторюються в аналогічних умовах та ситуаціях. Осередок, джерело електротравматизму – та чи інша тимчасова або навіть постійна ситуація при експлуатації електроустановок, коли мають місце аналогічні випадки ураження людини струмом.

Проходячи через тіло людини, електричний струм справляє термічну, електричну та механічну (динамічну) дію. Ці фізико-хімічні процеси притаманні живій та неживій матерії. Одночасно електричний струм здійснює і біологічну дію, котра є специфічним процесом, властивим лише живій тканині.

Термічна дія струму проявляється через опіки окремих ділянок тіла, нагрівання до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку та інших органів, котрі знаходяться на шляху струму, що викликає в них суттєві функціональні розлади.

Електролітична дія струму характеризується розладом органічної рідини, в тому числі крові, що супроводжується значними порушеннями їх фізико-хімічного складу.

Механічна (динамічна) дія – це розшарування, розливи та інші подібні ушкодження тканин організму, в тому числі м'язові тканини, стінок кровоносних судин, судин легеневої тканини внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари від перегрітої струмом тканинної рідини та крові.

Біологічна дія струму проявляється через подразнення та збудження живих тканин організму, а також через порушення внутрішніх біологічних процесів, що відбуваються в організмі і котрі тісно пов'язані з його життєвими функціями.

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок про те, що наслідками ураження людини електричним струмом можуть бути припинення роботи серця, зупинка дихання та електричний шок. Можлива також одночасна дія двох або навіть трьох цих причин. Припинення серцевої діяльності найбільш небезпечно, оскільки повернення потерпілого до життя є

складним завданням. При ураженні серця може статися його зупинка, а також його фібриляція, яка настає значно раніше.

7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.2.1 Пожежна безпека на об'єкті, що проектується

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і в просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

Пожежна небезпека – можливість виникнення та (або) розвитку пожежі в будь-якій речовині, процесі, стані. Коли людина перебуває в зоні впливу пожежі, то вона може потрапити під дію наступних небезпечних та шкідливих факторів: токсичні продукти згорання; вогонь; підвищена температура середовища; дим; недостатність кисню; руйнування будівельних конструкцій; вибухи; витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі; паніка.

Токсичні продукти згорання становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах в будівлях. Адже в сучасних побутових та адміністративних приміщеннях знаходиться значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів згорання.

Вогонь – надзвичайно небезпечний фактор пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей досить нечасті. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200-1400°C і у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я можуть викликати опіки та больові відчуття.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає в тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами згорання може призвести до ураження органів дихання та смерті. В умовах пожежі підвищення температури середовища до 60°C вже є життєво-небезпечною для людини.

Дим являє собою велику кількість найдрібніших часточок незгорілих речовин, що знаходяться в повітрі. Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок.

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція оксидування горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини уже вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма 21%). При цьому втрачається координація рухів, появляється слабкість, запаморочення, загальмовується свідомість.

Вибухи, витікання небезпечних речовин можуть бути спричинені їх нагріванням під час пожежі, розгерметизацію ємностей та трубопроводів з небезпечними рідинами та газами. Вибухи збільшують площу горіння і можуть призводити до утворення нових вогнищ.

Руйнування будівельних конструкцій внаслідок втрати ними несучої здатності під впливом високих температур вибухів.

Паніка, в основному, спричинюється швидкими змінами психічного стану людини, як правило, депресивного характеру в умовах екстремальної ситуації (пожежі). Більшість людей потрапляють в складні та неординарні умови, якими характеризується пожежа, вперше і не мають відповідної психічної стійкості та достатньої підготовки щодо цього. Коли дія факторів пожежі перевищує межу психофізіологічних можливостей людини, то остання може піддатись паніці. При цьому втрачається розсудливість, дії стають неконтрольованими та неадекватними. Паніка – це жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей.

Для успішного проведення протипожежної профілактики на об'єктах, що проектуються важливо знати основні причини пожеж. На основі статистичних даних можна зробити висновок, що основними причинами пожеж є:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;

- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Дуже часто пожежі спричинені необережним поведженням з вогнем. Пожежі через виникнення коротких замикань, перевантаження електродвигунів, освітлювальних та силових мереж в наслідок великих місцевих опорів, роботу несправних або залишених без нагляду електронагрівальних приладів складають більше 25% всіх випадків. Короткі замикання виникають внаслідок неправильного монтажу або експлуатації електроустановок, старіння або пошкодження ізоляції. Струм короткого замикання залежить від потужності джерела струму, відстані від джерела струму до місця замикання та виду замикання. Великі струми замикання викликають іскріння та нагрівання струмопровідних частин до високої температури, що супроводжується займанням ізоляції провідників та горючих будівельних конструкцій, котрі знаходяться поряд. Струмові перевантаження виникають при ввімкненні до мережі додаткових споживачів струму або при зниженні напруги в мережі. Тривале перевантаження призводить до нагріву провідників, що може викликати їх займання.

Температура провідника, що нагрівається при короткому замиканні, визначається за формулою:

$$t = t_H + I_{К.з.}^2 \times \frac{R\tau}{Cm},$$

де t_H – початкова температура провідника, °С;

$I_{К.з.}$ – сила струму короткого замикання, А;

R – опір провідника, Ом;

τ – час короткого замикання, с;

C – теплоємність провідника, Дж/(кг×°С);

m – маса провідника, кг.

В комплексі заходів, що використовуються в системі протипожежного захисту, важливе значення має вибір найбільш раціональних способів та засобів гасіння. Горіння припиняється:

- при охолодженні горючої речовини до температури нижчої, ніж температура її займання;
- при зниженні концентрації кисню в повітрі у зоні горіння;
- при припиненні надходження пари, газів горючої речовини у зону горіння.

Припинення горіння досягається за допомогою вогнегасних засобів:

- води (у вигляді струменя або розпиленому вигляді);
- інертних газів (вуглекислота та інші);
- хімічних засобів (у вигляді піни або рідини);
- порошкоподібних сухих сумішей (суміші піску з флюсом);
- пожежних покривал з брезенту та азбесту.

Вибір тих чи інших способів та засобів гасіння пожеж та вогнегасних речовин і їх носіїв визначається в кожному конкретному випадку залежно від стадії розвитку пожежі, масштабів розгортань, особливостей горіння речовин та матеріалів.

Щодня в нашій країні (по статистичним даним) виникає більше 100 пожеж, в яких гине 5-6 чоловік. Наносяться значні матеріальні збитки (прямі та побічні збитки від пожеж складають близько 2 млрд. грн. на рік). Тому протипожежній безпеці повинна приділятися особлива увага не лише на діючих підприємствах, але й при проектуванні об'єктів громадського призначення.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність екології і охорони навколишнього середовища

Одним з найбільш актуальних питань, які хвилюють людство сьогодні, є проблема охорони природи і раціонального використання природних ресурсів. Швидкі темпи науково-технічного прогресу призводять до загострення цієї проблеми, яку більшість вчених планети схильні розглядати як проблему взаємодії в системі „людство (або суспільство) – навколишнє середовище (або природа)”.

Україна через високий рівень концентрацій промислового виробництва та сільського господарства, внаслідок хижацького використання природних ресурсів протягом десятиріч перетворилась в одну з найнебезпечніших в екологічному відношенні країн. Нинішня екологічна ситуація в Україні характеризується як глибока екологічна криза, котра зумовлена закономірностями функціонування адміністративно-командної економіки. Нарощування продуктивних сил здійснювалося практично без врахування екологічних наслідків, панував відомчий, споживацький підхід до розміщення нових виробництв. Було допущено серйозних помилок в організації комплексного використання природних ресурсів, недостатня увага приділялась управлінню охороною природи та контролю якості природного навколишнього середовища.

Україні притаманні такі екологічні проблеми, як кислотні дощі, транскордонне забруднення, руйнування озонового шару, потепління клімату, накопичення відходів, особливо токсичних та радіаційних, зниження біологічного різноманіття. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції 1986 року з її величезними медико-біологічними наслідками спричинила в Україні ситуацію, що наближається до рівня глобальної екологічної катастрофи. Глибоке занепокоєння викликає стан природних ресурсів.

Роль права у регулюванні взаємодії природи і суспільства полягає у встановленні науково обґрунтованих правил поведінки людини по відношенню до природи. Найбільш суттєві правила такої поведінки

закріплюються державою в законодавстві і стають загальнообов'язковими для виконання і дотримання нормами права, забезпеченими державним примусом на випадок їх невиконання.

Беручи до уваги комплексний характер проблеми екології, їх органічний зв'язок з усіма політичними, соціальними та економічними факторами, стратегія природокористування в Україні має бути однією з фундаментальних складових стратегії розбудови правової, демократичної держави з розвиненою ринковою економікою. Одним з таких незаперечних прав є право громадян на екологічну безпеку. Воно забезпечується комплексом юридичних, економічних, технологічних і гуманітарних чинників.

Вже з перших законотворчих кроків суверенної України визначено основи забезпечення екологічних прав людини. Важливим актом нової держави став Закон України „ Про охорону навколишнього природного середовища ” від 25 червня 1991 року. Даний закон не лише проголошує, але й передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, вносить певну упорядкованість в систему управління в галузі природокористування.

Закон надає громадянам України право звертатися до суду з позовом до підприємств, установ і організацій щодо відшкодування шкоди, заподіяної здоров'ю і майну внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище.

Важливим є розділ про екологічну експертизу. Законодавчо закріплена її обов'язковість. Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування за всіма проектами і програмами, реалізація яких без такого позитивного висновку забороняється.

Крім державної, закон передбачає інші форми екологічної експертизи – громадську, наукову, які проводяться незалежно від державної. Державні стандарти в галузі охорони навколишнього середовища проголошуються обов'язковими. Визначена система екологічних нормативів: гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин у навколишньому середовищі, гранично допустимі й тимчасово узгоджені викиди і скиди, а

також зливи забруднюючих речовин; гранично допустимі рівні шуму, електромагнітного випромінювання та інших шкідливих виливів, а також норми і правила радіаційної безпеки; норми і правила природокористування, які встановлюються і вводяться в дію Міністерством охорони здоров'я та Мінекобезпеки України.

Згідно до Закону України „Про охорону навколишнього середовища” кожен проект, що розробляється повинен пройти екологічну експертизу з метою виявлення негативних впливів на довкілля, здоров'я людини та зменшення цих впливів.

Для кожного з підприємств, які мають стаціонарні джерела викидів шкідливих речовин спеціалізованими проектними організаціями розроблено локальні проекти гранично допустимих викидів у яких виконано розрахунки розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, заплановано комплекс заходів для досягнення таких її концентрацій, які б не перевищували екологічних і санітарних норм.

Профілактика погіршення стану водних ресурсів є однією з важливих складових екологічного регулювання промислових підприємств. Умови скидання стічних вод, як правило, після повної біологічної очистки у відкриті водойми, обумовлюються дозволом на спеціальне водокористування, яке видається органами Мінекобезпеки України, забезпечивши скиди з показниками забруднення в межах гранично допустимої концентрації.

Запобіганню забруднення навколишнього середовища має служити впровадження нових, прогресивних систем очищення і фільтрів, що зводить до мінімуму викиди шкідливих речовин.

8.2 Заходи, щодо усунення шкідливих викидів речовин при світлотехнічному виробництві

Для зменшення забруднень, які виникають при виготовленні та експлуатації світильників необхідно застосовувати очисні споруди, які

представляють собою сукупність технічних засобів і обладнання, призначених для вилучення шкідливих речовин з пилогазових сумішей, що потрапляють в навколишнє середовище.

При викиді шкідливих речовин в атмосферу найефективнішим заходом, який зменшує забруднення зовнішнього повітряного середовища є очищення технологічних і вентиляційних викидів.

Для вловлювання звислих частинок використовують циклони та гідроциклони. Досить розповсюдженими апаратами, які встановлюють для вловлювання пилу, є тканинні фільтри.

Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від шкідливих газів використовують адсорбери і абсорбери.

Для очищення стічних вод підприємства використовують механічні, фізико-хімічні та біологічні методи очищення. Механічне очищення використовують для виділення нерозчинних мінеральних і органічних домішок. Споруди для механічного очищення включають решітки, пісковловлювачі, відстійники. Фізичні та фізико-хімічні методи використовують для локального очищення стічних вод промислових підприємств.

Основний спосіб зниження рівнів механічних шумів заключається в заміні ударних процесів безударними.

Основними заходами по зниженню дії електромагнітного випромінювання при експлуатації світильників є екранування джерела його поширення, тобто ПРА.

Так як в кожному люмінесцентну лампу вводиться більше 100 мг ртуті, то вивезення відпрацьованих газорозрядних ламп на звалища або їх захоронення в спеціально відведених місцях створює можливість небезпечного для здоров'я і навіть життя людей ртутного зараження повітря, ґрунту і водних джерел. Відомо, що при повному випаровуванні 100 г ртуті відбувається ртутне зараження повітря в об'ємі 10 млн. м³ до гранично допустимої концентрації (0,01 мг/м³).

Існують способи знешкодження відпрацьованих ламп, які полягають в їх утилізації на спеціальних технологічних установках. Однією з таких установок є установка для демеркуризації (тобто виділення ртуті) із відпрацьованих ламп УДЛ-750. В основу технологічного процесу закладений метод двостадійної термічної демеркуризації ртутних ламп і подріблення ламп, нагрівання склобою і переведення ртуті у пароподібний стан, виділення технологічного газу і вловлювання ртутних парів в конденсаційній системі.

Відпрацьовані лампи підвозять на візку, подають по одній штуці на елеватор, який забезпечує перевантаження їх через приймальний стіл в завантажувальний пристрій, який подає лампи у отвір подрібнювача. Із подрібнювача склобій через клапан подвійної дії потрапляє в піч після первинної демеркуризації, де відбувається нагрівання зартутненого склобою і переведення ртуті в пароподібний стан. Технологічний газ, який містить пари ртуті, пилоподібний люмінофор, скляний пил і органіка, потрапляє із першої печі в рукавний фільтр з допалювачем для очищення від пилу і допалювання органіки, а склобій потрапляє через розвантажувальний пристрій в піч для вторинної демеркуризації. Демеркуризаційний склобій із печі через камеру з подвійним клапаном за допомогою транспортуючого пристрою вивантажують в приймальний бункер. Очищення технологічного газу від парів ртуті із печей проводиться автономно в конденсаційних системах, які складаються із конденсатора і адсорберів. Продукти переробки вивантажують в спеціальну тару, маркують і відправляють на ртутний комбінат для переробки.

Отже, при розробці виробничих та технологічних проектів необхідно впроваджувати заходи по зниженню забруднення довкілля, а саме: використання процесів, при яких максимально зменшується кількість стічних вод; виділення та вилучення шкідливих речовин та очищення від них технологічних викидів; герметизацію та максимальне ущільнення стиків та з'єднань у технологічному обладнанні для запобігання витoku шкідливих речовин у процесі виробництва; заміну процесів та технологічних операцій,

пов'язаних із виникненням шуму, вібрації та інших шкідливих факторів процесами чи операціями, при яких відсутня, чи зменшується інтенсивність цих факторів.

Для зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу при проведенні існуючих технологічних процесів необхідно постійно слідкувати за технічним станом будь-якої електроустановки (в тому числі і світильників) і ефективністю їх роботи, своєчасно проводити ремонтні роботи у відповідності з графіками планово попереджувальних робіт (ППР) на газоочисне обладнання, періодично проводити випробування пиловловлювачів і заповнення технічних паспортів на них.

8.3 Висновки до розділу

Отже, моніторинг довкілля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Порядок створення та функціонування такої системи в Україні визначає Положення про Державну систему моніторингу довкілля.

Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн.

Система моніторингу спрямована на:

- підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля;
- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;
- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення;

- сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Право володіння, користування і розпорядження інформацією, одержаною під час виконання загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, регламентується законодавством.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі приведені результати теоретичних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, що полягає в забезпеченні енергоефективної системи електроспоживання та освітлення спортивних майданчиків для ігрових видів спорту у приміщеннях типових спортивних залів. На базі отриманих результатів досліджень зроблені наступні висновки:

1. Аналіз систем освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту показав, що їх слід використовувати в залежності від призначення майданчика для переважно певного виду спортивних змагань, які плануються проводити на ньому. Найбільш вдалимими по рівномірності освітлення, мінімізації засліплюючої дії джерел світла є система верхнього світла та система верхнього бічного світла.

2. Проведено аналітичний огляд світлових приладів по їх світлотехнічних характеристиках. Вказано на необхідність використання світлодіодних джерел світла, як найбільш енергоощадних у порівнянні іншими традиційними джерелами.

3. Сучасний стан цифрової та комп'ютерної техніки дає можливість використання не лише автоматизованих пакетів розрахунку рівнів освітленості (наприклад «Dialux»). Тому розроблено специфічні програми для моделювання заданих рівнів освітленості методами використання світлового потоку та точковим методом, з використанням середовища «MathCad», «Maple».

4. Розроблені програми визначення спектрального складу випромінювання джерел світла за їх паспортними значеннями та їх аналіз показав, що кольоровість свічення реальних джерел відхиляється від норм в межах відносної похибки від 3 до 7 %, що потрібно враховувати в реальних проектах.

5. Сучасні енергоощадні світлодіодні джерела світла можуть підключатися до менш потужних систем електропостачання, проте

ставляться більш жорсткі вимоги до стабільності електротехнічних характеристик таких мереж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мешков В. В. Основы светотехники: Учеб. Пособие для вузов. Ч. 1. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1989. – 368 с., ил.
2. Мешков В. В. Основы светотехники: Учеб. Пособие для вузов. Ч. 2. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1990. – 416 с., ил.
3. Справочная книга по светотехнике /Под ред. Ю.Б.Айзенберга/ – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 472 с.
4. Трёмбач В.В. Световые приборы: Учеб. для вузов по спец. "Светотехника и источники света". – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1992. – 463 с.
5. Коган Л.М. Дальнейшее развитие оптоэлектронных приборов. Часть II. Излучающие диоды инфракрасного диапазона и устройства на их основе. – Новые компоненты, 1998, №. 5-6 (8), с. 25-27.
6. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергий. 1985. – 547 с.
7. Юнович А.Э. Свет из гетеропереходов. Природа. /Светотехника/ 2001. №6. С. 38-46.
8. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: – Энергоиздат, Ленинград. отд-ние, 1995.
9. Айзенберг Ю.Б. Основы конструирования световых приборов. М.: Энергоатомиздат. 1996.
10. Скобелев В.М., Афанасьева Е.И. Источники света. 1997.
11. Уэймаус Д. Газорозрядные лампы. М.: Энергия. 1997.
12. Кунго Я.А., Твардовский П.М. Автоматизация управления и регулирования напряжения в осветительных установках. – М.: Энергия, 1999. – 128 с.
13. «Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд», Назаренко Л. А.; Салтиков В.О.; Васильева Ю. О.; Ляшенко О. М. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2013. – 217 с.
14. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат. 1992. -240с. Международный светотехнический словарь, 3-е изд. М., 1999.

- 15.Кнорринг Г.М., – Справочник для проектирования электрического освещения. М.: Госэнергоиздат. 1997.
- 16.Тиходеев П.М., – Световые измерения в светотехнике. М.: Госэнергоиздат. 1998.
- 17.СНіП 2-05-08. Природне та штучне освітлення. Будівельні норми і правила. Светотехника. 2008. №2
- 18.Епанешников М. М., – Электрическое освещение. М.: Госэнергоиздат. 1998.
- 19.Советы тем, кто работает с Mathcad /КомпьютерПресс/ – 2008. – №3, 6, 2009 – №2.
- 20.Козлов В. Н., – Технология производства световых приборов. М.: Энергоиздат. 1990.
- 21.Иванов А. П. Электрические источники света. М. – Л.: Госэнергоиздат, 2001. – 288 с.
- 22.Очков В. Ф. Mathcad Pro для студентов и инженеров. – М.: КомпьютерПресс, 1999. – 523 с.: ил.
- 23.Бакка М.Т., Пирский О.А. Екологія та захист неосфери. – Житомир: РВВ ЖІТІ, 1993. – 236 с.
- 24.Економіка підприємств – Горбонос Ф.В. К.: Центр учбової літератури, 2009. – 250 с.
- 25.Економіка підприємства – Гетьман О.О. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 200 с.
- 26.http://pidruchniki.ws/15840720/ekonomika/ekonomika_pidpriyemstva_-_getman_oo
- 27.Білявский Г.О., Фундуй Р.С. Основы екологічних знань. – К.: Либідь, 1997. – 288 с.
- 28.Білявский Г.О. та інші. Основы загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
- 29.Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 280 с**
- 30.Основы охорони праці – Жидецкий В.Ц. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 320 с.

31.Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник /Под общ. Ред.. К.М. Великанова/ – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

32.Бобильов С.В., Чубатий Ю.О. Моделювання освітлювальної установки та системи її електропостачання для спортивних залів. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – С. 10.