

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

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «**МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ ФУТБОЛЬНИХ
СТАДІОНІВ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ**»

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

141 – Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ковалик Іван Іванович

(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 Козак К.М.

(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. - 106; рис. - 24; табл. - 5; плакатів - 7; джерел – 32.

У дипломній роботі приведено результати теоретичних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, яке полягає в обґрунтуванні вибору методики проектування, аналізі та моделюванні роботи систем електропостачання та освітлення футбольних стадіонів з метою підвищення їх експлуатаційних показників на прикладі таких спортивних об'єктів Тернопільської області.

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

ANNOTATION

In the diploma paper the results of theoretical researches for solving the scientific and technical task, which consists in substantiating the choice of design methodology, analysis and modeling of the operation of power supply systems and lighting of football stadiums in order to increase their operational performance on the example of such sports objects of Ternopil region.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	12
1.1 Аналіз світлотехнічних характеристик джерел світла, що використовуються в освітлювальних установках футбольних стадіонів	12
1.2 Світлотехнічні характеристики прожекторів з різними типами відбивачів	23
1.3 Аналіз систем освітлення для футбольних стадіонів	30
1.4 Висновки до розділу	33
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	34
2.1 Аналіз спектрального складу випромінювання джерел в залежності від добавок рідкоземельних металів та їх солей	34
2.2 Розрахунок спектру випромінювання прожекторів з врахуванням спектральних коефіцієнтів відбивання матеріалів відбивачів	42
2.3 Висновки до розділу	45
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	46
3.1 Загальна технологічна послідовність проектування установок прожекторного освітлення	46
3.2 Технологічні особливості розташування щогл і світлових приладів	49
3.3 Бічне розташування щогл біля футбольного стадіону	51
3.4 Технологія моделювання освітлювальної установки за точковим методом розрахунку освітленості.....	53
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	59
4.1 Конструкторський аналіз вихідних і нормативних даних для системи освітлення футбольного поля	59
4.2 Вибір світлових приладів та їх технічні характеристики	60
4.3 Визначення висоти щогли при поперечному розташуванні.....	65
4.4 Розрахунок максимального кута нахилу прожектора	65

	6
4.5 Висновки до розділів 3, 4	67
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	68
5.1 Захист електричних мереж та вибір апаратів захисту.....	68
5.2 Електротехнічний розрахунок групових щитків мережі живлення освітлювальної установки футбольного стадіону	70
5.3 Керування мережею живлення освітлювальної установки приміщень футбольного стадіону	72
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	74
6.1 Поняття рентабельності.....	74
6.2 Розрахунок економічної ефективності при експлуатації нового обладнання	75
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	81
7.1 Охорона праці	81
7.1.1 Вимоги до виробничого освітлення і його нормування.....	81
7.1.2 Планування робіт по охороні праці.....	85
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	87
7.2.1 Шляхи і засоби підвищення стійкості об'єкту в надзвичайних ситуаціях природного та техногенного характеру	87
8 ЕКОЛОГІЯ.....	94
8.1 Актуальність екології і охорони навколишнього середовища	94
8.2 Шкідливі викиди при виробництві і експлуатації світових приладів	96
8.3 Заходи, щодо усунення шкідливих викидів речовин	99
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	102
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	104

ВСТУП

Створення раціонального і високоякісного освітлення спортивних об'єктів є складним завданням, яке потребує, в першу чергу, забезпечення оптимальних зорових умов для спортсменів, глядачів і суддів, а також вимог для ведення телевізійних трансляцій з місць змагань.

Для спортсменів система освітлення має забезпечувати умови для швидкого та надійного розпізнання об'єктів спостереження (м'яч, шайба, снаряд і т. ін.), які зазвичай швидко рухаються на фоні змінної яскравості, при цьому кутові розміри об'єкта спостереження можуть змінюватись в широких межах, а сам спостерігач також часто швидко переміщується в довільних напрямках. Для миттєвого вибору правильного рішення спортсмену необхідно не лише фіксувати місцезнаходження об'єкта спостереження, але й оцінити характер його руху, зокрема, напрям обертання м'яча, його траєкторію тощо, а також мати можливість координувати свої дії з положеннями та діями інших спортсменів в межах ігрового поля. Для глядачів та суддів також необхідно забезпечити швидку зорову фіксацію спортивних подій, найчастіше в умовах великих відстаней спостереження, особливо у великих спорудах, де ця відстань може досягати кількох сотень метрів, а кутовий розмір об'єкта складає лише кілька кутових хвилин. Разом з тим, враховуючи видовищність спортивних змагань, мають бути забезпечені комфортні умови для глядачів: не лише достатні рівні яскравості об'єктів спостереження і рівномірність розподілу світла, але і максимально обмежену засліплюючу дію джерел світла і якісну кольоропередачу випромінювання.

Для систем спортивного освітлення регламентуються такі основні параметри:

- рівень і рівномірність розподілу горизонтальної і вертикальної освітленості;
- обмеження засліплюючої дії і пульсації освітленості;
- спектральний склад випромінювання джерела світла.

Освітленість береться як основний кількісний показник, який забезпечує необхідний рівень видимості. Для більшості видів спорту регламентується мінімальна горизонтальна освітленість як параметр, який досить просто і надійно характеризує освітлювальну установку (ОУ). Її забезпечення в заданих межах при вірно вибраній системі освітлення і типах світлових приладів (СП) дозволяє отримати необхідні рівні освітленості у вертикальних площинах.

Оскільки видимість об'єкта для спортсменів, глядачів та телевізійних систем визначається співвідношенням світлових потоків, які падають на об'єкт під різними кутами і створюють різні світлові ефекти, під час проектування систем освітлення доцільно враховувати співвідношення освітленостей в різних вертикальних площинах. При трансляції спортивних змагань по телебаченню співвідношення освітленостей в горизонтальній і вертикальних площинах мають бути не більше 2:1.

Для трансляції подій, що проходять на стадіонах, по телебаченню необхідно забезпечити освітленість на площинах, вектор нормалі яких обернений до об'єктиву телевізійної камери. Середнє значення вертикальної освітленості вибирається залежно від швидкостей об'єкта і від максимального віддалення місця зйомки в межах від 500 до 3000 лк.

Не менше значення для забезпечення рівня видимості має контраст об'єкта спостереження з фоном. В практичних умовах величина контрасту може змінюватися на декілька порядків.

Актуальність теми. Опираючись на досвід моделювання, проектування та експлуатації систем освітлення та їх електропостачання для футбольних та легкоатлетичних стадіонів можна відзначити, що рівномірності значень освітленості нормованих горизонтальної та вертикальних площин таких освітлювальних об'єктів, засліплюючій дії прожекторних батарей почали надавати достатньої уваги лише в останні 20-25 років. У багатьох освітлювальних установках ще й досі використовують джерела світла, у яких споживання електроенергії є неекономним та надмірно перевищеним. Через це на сучасному етапі розвитку

електротехнологій при моделюванні та промислового виконанні систем освітлення футбольних стадіонів обирають нові енергоощадні джерела світла, відповідні їм світлові прилади прожекторного типу. А тому розробка світлотехнічних проектів нових систем освітлення футбольних стадіонів та систем електропостачання для них є актуальною проблемою сьогодення.

Зменшення потужності, що використовується сучасними джерелами світла, спрощує в цілому системи електропостачання освітлювальних установок, хоча, з іншого боку, до них ставляться більш жорсткі вимоги по якісних характеристиках електричної енергії.

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

Мета і завдання дослідження. *Метою* дослідження є визначення та моделювання нормативних рівнів освітленості у горизонтальній і вертикальних поздовжніх та поперечних площинах футбольних стадіонів; проведення аналізу фотометричних, спектральних та інших світлотехнічних характеристик освітлювальних установок для можливості оптимального спостереження, проведення відеозйомок тренувального процесу, змагань глядачами з трибун, оптимальної зорової роботи самих учасників спортивних баталій за умов недостатнього природнього освітлення.

Завдання дослідження:

1. Дослідити криві сили світла різних типів прожекторів, які застосовуються для освітлення футбольних стадіонів.
2. Розробити рекомендації щодо вибору типів світлових приладів прожекторного типу, світловий потік яких створює нормований рівень освітлення різних площин футбольного поля, а технічні характеристики відповідали б визначеним кліматичним умовам.
3. Подати рекомендації по підборі джерел світла, які можливо використовувати у прожекторному освітленні, за спектральними

характеристиками їх випромінювання, електротехнічними параметрами згідно наперед заданих норм.

4. Розробити методики вибору місця розташування прожекторних батарей, визначення висоти їх встановлення, відстані між ними та їх кількості.
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 – світлотехнічні та електротехнічні характеристики освітлювальних установок стадіонів районних центрів Тернопільської області та міста Тернополя.

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

Методи дослідження. Аналіз роботи системи електропостачання, проектування освітлення відкритих спортивних майданчиків 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», «Maple».

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Отримала подальший розвиток методологія уточненого розрахунку сили світла прожекторів різного типу по довільних напрямках у просторі.
2. У методиці розрахунку освітленості горизонтальної та вертикальних нормованих площин футбольного стадіону враховано можливість

використання коефіцієнтів нерівномірності з відносною похибкою, що не перевищує 6-7%.

3. Запропоновано при аналізі рівнів освітленості різних площин футбольного стадіону використовувати інтегральні характеристики світлового поля.

Практичне значення отриманих результатів

1. Вдосконалено методику уточненого розрахунку сили світла по різних напрямках простору від прожекторів з різним типом відбивачів.
2. Досліджено спектральний склад випромінювання сучасних джерел світла на прикладі ламп типу ДРІ.
3. Розроблена методика практичного визначення параметрів освітлювальних установок для футбольних стадіонів.

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 «Підвищення енергоефективності електропостачання систем освітлення спортивних об'єктів». 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. 68.

Структура роботи.

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

Загальний обсяг текстової частини: 106 сторінок, 5 таблиць, 24 рисунки.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз світлотехнічних характеристик джерел світла, що використовуються в освітлювальних установках футбольних стадіонів.

Традиційні лампи розжарювання з їх широкою різноманітністю ще до недавня були наймасовішими джерелами світла. Хоча відбувається перехід на більш енергоефективні джерела, згадані лампи ще використовуються для освітлення стадіонів. Сучасні лампи включають технічні новинки, направлені на досягнення високої ефективності і максимальної екологічної безпеки.

Переваги:

- налагоджено в масовому виробництві;
- мала вартість;
- невеликі розміри;
- відсутність пускорегулюючої апаратури;
- швидкий вихід на робочий режим;
- невисока чутливість до збоїв в живленні та перепадів напруги;
- відсутність токсичних компонентів і, як наслідок, відсутність необхідності в інфраструктурі по збору і утилізації;
- можливість роботи на будь-якому типі струму;
- нечутливість до полярності напруги;
- можливість виготовлення ламп на саму різну напругу (від нуля вольт до сотень вольт);
- відсутність мерехтіння і гудіння при роботі на змінному струмі;
- неперервний спектр випромінювання;
- близький до природнього і звичний в побуті спектр;
- стійкість до електромагнітного імпульсу;
- можливість використання регулювальників яскравості;
- не бояться низької температури навколишнього середовища;

Недоліки:

- низька світлова віддача;
- відносно малий термін служби;

- крихкість і чутливість до удару;
- різка залежність світлової віддачі і терміну служби від напруги;
- кольорова температура лежить в межах лише 2300 – 2900 К, що додає світлу жовтуватий відтінок;
- лампи розжарювання представляють пожежну небезпеку. Через 30 хвилин після включення ламп розжарювання температура зовнішньої поверхні досягає, звичайно, в залежності від потужності доволі високих величин;
- світловий коефіцієнт корисної дії (ккд) ламп розжарювання, визначений як відношення потужності променів видимого спектру до потужності, споживаної від електричної мережі, вельми малий і не перевищує 4%. Включення електролампи через діод, який часто застосовується з метою продовження ресурсу та збільшення ккд, затрудняє їх заміну, що ще більше посилює її недоліки.

Люмінесцентні лампи.

Люмінесцентні лампи мають такі переваги порівняно з лампами розжарювання:

- висока світлова віддача, більш високий коефіцієнт корисної дії (20-25%) і більший термін служби. У порівнянні з лампами розжарювання люмінесцентні лампи при витраті тієї ж потужності забезпечують значно більші рівні освітленості;
- правильний вибір ламп по кольоровості може створити більш природне освітлення;
- менш чутливі до підвищення напруги;
- приємні для сприйняття спектри випромінювання, які забезпечують високу якість відтворення кольорів;
- мала собівартість;
- низька робоча температура колби (до 50°C), низька яскравість поверхні.

Недоліками люмінесцентних ламп в порівнянні з лампами розжарювання є:

- до кінця терміну служби лампи спостерігається зниження світлового потоку;
- потужність однієї лампи обмежена до 150 Вт;
- складні схеми підключення;
- при зниженні напруги в мережі більше, ніж на 10% від номінального значення, лампа не загоряється;
- підвищений шум роботи лампи та акустичні завади;
- наявність радіозавад;
- шкідливі для зору пульсації світлового потоку;
- у лампах містяться шкідливі для здоров'я речовини, і тому лампи, що вийшли з ладу вимагають ретельної утилізації;
- при зниженні температури лампи можуть гаснути або не запалюватися (все це залежить від температури навколишнього середовища).

Натрієві лампи високого тиску (ДНаТ).

Натрієві лампи високого тиску (ДНаТ) є однією з найбільш ефективних груп джерел видимого випромінювання: вони мають найвищу світлову віддачу серед всіх відомих газорозрядних ламп (100 – 130 лм/Вт) і незначне зниженням світлового потоку при тривалому терміні служби. У цих ламп всередині скляної колби (я правило циліндричної) поміщається розрядна трубка з полікристалічного алюмінію, інертна до парів натрію і добре пропускає його випромінювання. Тиск в трубці близько 200 кПа. Тривалість роботи – 10–15 тис. годин. Проте надзвичайно жовте світло і відповідно низький індекс передачі кольору ($R_a = 25$) дозволяють використовувати їх у приміщеннях, де перебувають люди, лише в комбінації з лампами інших типів.

Дугові ртутні лампи (ДРЛ).

Люмінесцентні ртутно-кварцові лампи (ДРЛ), складаються зі скляної колби, покритої зсередини люмінофором, і кварцової трубки, розміщеної в колбі, яка заповнена парами ртуті під високим тиском. Для підтримки стабільних властивостей люмінофора скляна колба заповнена вуглекислим газом.

Під впливом ультрафіолетового випромінювання, що виникає в ртутно-кварцовій трубці, світиться люмінофор, надаючи світлу певний синюватий відтінок, спотворюючи справжні кольори. Для усунення цього недоліку в склад люмінофора вводяться спеціальні компоненти, які частково виправляють передачу кольору. Термін служби ламп – 7500 год.

Промисловість випускає лампи потужністю 80, 125, 250, 400, 700, 1000 і 2000 Вт зі світловим потоком від 3200 до 50 000 лм.

Переваги ламп ДРЛ:

- висока світлова віддача (до 55 лм/Вт);
- великий термін служби (10 000 год.);
- компактність;
- нечутливість до умов навколишнього середовища (крім дуже низьких температур).

Недоліки ламп ДРЛ:

- переважання в спектрі випромінювання синьо-зеленої частини, що веде до незадовільної передачі кольору, виключає застосування ламп у випадках, коли об'єктами освітлення та (чи) спостереження є особи людей або пофарбовані поверхні;
- можливість роботи тільки на змінному струмі;
- необхідність включення через баластний дросель;
- тривалість запалювання при включенні (приблизно 7 хвилин) і початок повторного запалювання після навіть дуже короткочасної перерви в живленні лампи лише після охолодження (приблизно 10 хв.);
- пульсації світлового потоку, більші ніж у люмінесцентних ламп;
- значне зменшення світлового потоку до кінця служби.

Лампи ДРІ.

Лампи ДРІ конструктивно схожі з ДРЛ, проте в їх пальник додатково вводяться строго дозовані порції спеціальних добавок – деяких металів (натрію, талія, індію тощо), за рахунок чого значно збільшується світлова віддача (близько 70 – 95 лм/Вт і вище) за досить гарною кольоровістю випромінювання. Лампи мають колби еліпсоїдної і

циліндричної форми, всередині якої розміщується кварцовий або керамічний пальник. Термін служби – до 8-10 тис. год.

В сучасних лампах ДРІ використовуються в основному керамічні пальники, що володіють більшою стійкістю до реакцій з їх функціональними речовиною, завдяки чому згодом пальники темнішають набагато менше кварцових. Однак останні теж не знімають з виробництва через їхню відносну дешевизну.

Ще одна відмінність сучасних ДРІ – куляста форма пальника, що дозволяє знизити спад світловіддачі, стабілізувати ряд параметрів і збільшити яскравість „точкового” джерела. Розрізняють два основні виконання даних ламп: з цоколями E27, E40 і софітні – з цоколями типу Rx7S і подібними до них.

Для запалювання ламп ДРІ необхідний пробій міжелектродного простору імпульсом високої напруги. У „традиційних” схемах включення даних ламп, крім індуктивного баластного дроселя, використовують імпульсний запалюючий пристрій (ІЗП).

Змінюючи склад домішок в лампах ДРІ, можна домогтися „монохроматичного” свічення різних кольорів (фіолетового, зеленого і т.п.) Завдяки цьому ДРІ широко використовуються для архітектурного, спортивного, ландшафтного та інших видів освітлення. Оригінальною особливістю ламп ДРІ з індексом „12” (з зеленуватим відтінком) є те, що вони використовують на риболовецьких судах для приваблення планктону.

Основні характеристики джерел світла, що використовуються для освітлення стадіонів, наведені в табл. 1.1. Проаналізуємо їх з точки зору рекомендацій МКО для футбольних та легкоатлетичних стадіонів.

Найбільш поширеним джерелом світла для звичайних освітлювальних установок відкритих спортивних споруд до останніх років були лампи розжарювання (загального застосування, прожекторні і галогенні). Незважаючи на ряд очевидних переваг, якими володіють лампи розжарювання (простота конструкції та схеми включення, безвідмовність в експлуатації, безперервний спектр, не великі габарити тіла напруження і т.

д.), вони не можуть задовольнити всі поставлені вимоги. Головним недоліком ламп розжарювання, в тому числі і галогенних, є їх відносно низька світлова віддача, що не перевищує 30 лм/Вт. Тому використання великого числа прожекторів з лампами розжарювання призвело б до труднощів їх розміщення на щоглах або козирках трибун, ускладнення схеми електропостачання, суттєвого підвищення споживаної потужності і експлуатаційних витрат. Крім того, збільшення кількості прожекторів посилює динамічне (вітрове) навантаження на щогли. Таким чином, застосування прожекторів з лампами розжарювання є недоцільним, якщо врахувати також, що кольорова температура випромінювання цих джерел світла не перевищує 3200 К.

Таблиця 1.1.

Основні типи та характеристики джерел світла, що застосовуються для освітлення стадіонів				
Тип джерела світла	Потужність, кВт	Світлова віддача, лм/Вт	Кольорова температура, К	Термін служби, год.
Лампи розжарювання загального застосування	1-2	18-20	2700-2800	1000
Лампи розжарювання - прожекторні	1-10	20-25	2800-3000	100-500
Лампи розжарювання - галогенні	1-10	22-27	2900-3200	500-2000
Ксенонові лампи з довгою дугою	5-20	25	5800-6000	5000
Метало галогенні лампи (ДРІ)	1-10	70-90	3200-6000	500-2000

Ксенонові трубчасті лампи з довгою дугою мають безперервний спектр, близький до спектру денного світла, і кольорову температуру – 6000 К. Вони могли б бути ідеальним джерелом світла, якби не володіли рядом

істотних недоліків, що ускладнюють і обмежують їх застосування. За світловою віддачею ці лампи практично еквівалентні лампам розжарювання.

Велика довжина дуги, розряду потужних ксенонових ламп не дозволяє досягти необхідної концентрації їх світлового потоку в поздовжній площині. Неминуче розсіювання випромінювання ламп, не захопленого дзеркальної оптикою, не дає можливості раціонально перерозподілити світловий потік по освітлюваній поверхні футбольного поля, незважаючи на великі розміри останнього. Крім того, коефіцієнт пульсації світлового потоку ксенонових ламп дуже великий (130%), що набагато перевищує величину цього параметра в інших газорозрядних ламп. Виникає при цьому стробоскопічний ефект значно погіршує умови спостереження рухомих об'єктів (м'яч, гравці) і несприятливо позначається на роботі телевізійної системи. Трьохфазне живлення, як правило, не дозволяє знизити пульсацію освітленості на футбольному полі до допустимих значень через великі габарити ламп і неможливості точного просторового змішування світлових потоків прожекторів на освітлюваному об'єкті. Слід коротко зупинитися на причинах, які не дозволяють використовувати при освітленні стадіонів ртутні лампи високого тиску з люмінофором (типу ДРЛ) і натрієві лампи, високого тиску, що застосовуються в установках зовнішнього освітлення міст.

Основним недоліком ламп ДРЛ є великі габарити світлого тіла (зовнішня колба, покрита люмінофором). Це є перешкодою для створення раціональних освітлювальних приладів прожекторного типу для стадіонів. Коефіцієнт пульсації світлового потоку ламп ДРЛ складає в середньому 65%. Однак відносно висока світлова віддача ламп ДРЛ є все ж недостатньою і разом з великим габаритом світлого тіла практично виключає можливість застосування цього джерела світла для даних цілей. Натрієві лампи високого тиску, володіють найбільшою з усіх джерел світла загального застосування світловою віддачею (до 110 лм/Вт).

Найбільш оптимальними джерелами світла в даний час є лампи ДРІ. Ці лампи, вдало поєднують в собі високу економічність (світлова віддача до застосовуються в освітлювальних установках стадіонів.

Провідна роль у розвитку ламп ДРІ в Європі належить фірмам ФРГ Osram і Philips. Останньою була розроблена лампа ДРІ типу НРІ - СС потужністю 2 кВт з добавками йодидів натрію, талія, і індію. Світлова віддача лампи досягає 90 лм/Вт, кольорова температура 5400 К. Лампа випускається в двох модифікаціях: на напругу 380 В (положення горіння горизонтальне) і на 220 В (виконання, не критичне до положення горіння).

Відносна оцінка спектральних характеристик ламп і стандартного джерела D_{65} , прийнятого за еталонний, може бути проведена також шляхом розрахунку величин інтегралів, пропорційних координатам кольору.

$$\begin{aligned} E_R \equiv R &= \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{r}_\lambda d\lambda \\ E_G \equiv G &= \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{g}_\lambda d\lambda \\ E_B \equiv B &= \int_{400}^{700} F(\lambda) p(\lambda) \bar{b}_\lambda d\lambda \end{aligned} \quad (1.1)$$

де $F(\lambda)$ – спектральна інтенсивність променевого потоку джерела світла, що освітлює об'єкт передачі; $p(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт відбивання об'єкта; \bar{r}_λ , \bar{g}_λ , \bar{b}_λ – спектральна чутливість червоного, зеленого і синього каналів. Оцінка ведеться по 14 стандартних зразка МКО різного кольору з відомими значеннями спектральних коефіцієнтів відбиття у функції довжини хвилі. Для кожного кольорового зразка в кожному з колірних каналів беруться відношення величини інтеграла, розрахованого для досліджуваної лампи, до величини „еталонного” інтеграла для джерела D_{65} . Проведені за такою методикою розрахунки підтверджують переваги ламп ДРІ з рідкісноземельними елементами.

Фірма Osram випускає серію ламп ДРІ типу HQI з добавками рідкоземельних елементів, що отримала фірмову назву Power-Star. Для освітлення стадіонів найбільший інтерес представляють лампи потужністю 1; 2 і 3,5 кВт, характеристики яких представлені в табл. 1.2.

Характеристики ламп ДРІ з добавками йодидів рідкоземельних елементів (фірма Osram), що застосовуються для освітлення стадіонів			
Характеристика	Тип лампи, потужність (Вт),		
	HQI 1000 W	HQI 2000 W	HQI 3500 W
Напруга мережі, В	220	380	380
Напруга на лампі, В	140	220	220
Робочий струм, А	7,7	10,3	18
Світловий потік, клм	80	170	325
Світлова віддача, лм/Вт	80	85	93
Кольорова температура, К	6000	6000	6000
Координаті кольору, x , y	0,32; 0,35	0,32; 0,35	0,32; 0,35
Загальний індекс	85	85	95
Строк служби, г	2000	2000	1000
Положення горіння	Довільне	Довільне	Довільне
Довжина лампи, мм	382 (432)	430 (480)	430 (480)
Діаметр колби, мм	80	100	100
Довжина дуги розряду, мм	60	95	155
Висота світлового центру, мм	240	260	260

Крім зазначених у табл. 1.2, фірмою розроблена також аналогічна лампа потужністю 5 кВт, яка має наступні основні параметри: напруга на лампі 250 В; робочий струм 23 А; світловий потік 420 клм; світлова віддача 85 лм/Вт; координати кольору випромінювання $x = 0,31$, $y = 0,32$; кольорова температура 6500 К; положення горіння горизонтальне $\pm 15^\circ$.

Оцінюючи розглянуті і наведені в табл. 1.2 світлові і колірні характеристики ламп, а також їх конструктивні та експлуатаційні параметри, можна зробити висновок про високий технічний рівень цих джерел світла. З точки зору використання лами в прожекторах зовнішнього освітлення

необхідно особливо підкреслити такі переваги, як відносно невеликі габарити дуги розряду і некритичність до положення горіння. Коефіцієнт пульсації світлового потоку не перевищує 20% при однофазному живленні. При підключенні прожекторів до різних фаз трифазної мережі і при просторовому змішанні їх світлових пучків пульсація освітленості на полі може бути зведена до мінімуму. Одночасно при розробці ламп ДРІ типу HQI була вирішена і така важлива проблема, як миттєве перезапалювання після короткочасного зникнення напруги в електромережі. Відомо, що газорозрядні лампи можуть бути включені після згасання тільки при охолодженні розрядного пальника протягом 10-15 хв, що, природно, неприпустимо в освітлювальних установках стадіонів.

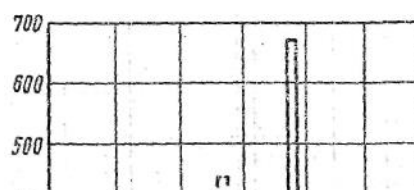
Для миттєвого перезапалювання ламп ДРІ в гарячому стані необхідний дуже великий імпульс напруги (25-60 кВ, в залежності, від потужності ламп). Освітлювальні прилади з лампами потужністю 1, 2 і 3,5 кВт, які використовуються на стадіонах, обладнані пристроєм, що забезпечує, їм надійне перезапалювання ламп в будь-якій стадії їх охолодження.

Лампи для миттєвого перезапалювання мають спеціальне виконання (тип HQI-D2). В зв'язку з тим, що сильний імпульс напруги викликає пробій між струмонесучими елементами різьбового цоколя один з електродів для підключення до блоку перезапалювання винесений на купол, колби.

Завдяки високій, світловій віддачі і хорошій кольоропередачі лампи ДРІ фірми Osram застосовуються і в освітлювальних установках закритих спортивних споруд.

Практика показує, що сумарний час роботи освітлювальної установки стадіону в середньому становить не більше 200 год. на рік. Термін служби майже всіх розглянутих джерел світла набагато перевищує цю величину і вирішальної ролі при оцінці ламп не грає.

Спектральна інтенсивність
променевого потоку, від.од.



Довжина хвилі, нм

Рис. 1.1. Спектр випромінювання лампи ДРІ з добавками NaT, TlI, InI₃
(фірма Sylvania, США)

У США запропоновано використання для освітлення відкритих спортивних споруд ламп ДРІ, що працюють в режимі певного перевантаження. Такий спосіб використання газорозрядних ламп, що мають досить високі номінальні параметри, як і у випадку ламп розжарювання дозволяє підвищити їх світлову віддачу при економічно прийнятному для освітлювальних установок стадіонів зниженні терміну служби. Для перевірки доцільності реалізації такої ідеї було проведено експериментальне порівняння параметрів ламп ДРІ потужністю 1 кВт з сумішшю йодидів (NaT, TlI, InI₃) в номінальному режимі і при підвищеній в 1,5 рази потужності. У режимі перевантаження світлова віддача склала 100 лм/Вт, порівняно з величини 70 лм/Вт в номінальному режимі. При цьому термін служби знизився з 6000 до 1000-1500 год. Крім того, в спектрі перевантаженої лампи відбувається підвищення інтенсивності червоного випромінювання, зниження зеленого і синього (рис. 1.1) і відповідне зменшення кольорової температури до 3200 К.

Економічний аналіз показав, що застосування таких ламп, в установках спортивного освітлення дає загальне зниження витрат на освітлення на 20% і зменшення початкових витрат на 27%.

1.2. Світлотехнічні характеристики прожекторів з різними типами відбивачів.

Світлові прилади (СП), призначаються для освітлення, опромінення, світлової сигналізації або проекції і діляться на освітлювальні, сигнальні і проекційні. Зазвичай СП складається з джерела оптичного випромінювання, пристрою для перерозподілу променевого потоку в просторі по заданих напрямках, а також конструкційних деталей, об'єднуючих всі частини СП і що забезпечують необхідний захист джерела випромінювання і світло розподільчого пристрою від механічних пошкоджень і дії довкілля. СП з газорозрядними джерелами світла можуть доповнюватися пристроями для запалення лампи і стабілізації її роботи.

Залежно від призначення СП використовується або випромінювання лише частини оптичного спектру (ультрафіолетове, видиме або інфрачервоне), або випромінювання всього оптичного спектру. По мірі концентрації променистого потоку СП ділять на три класи: що максимально концентрують світловий потік уздовж оптичної осі (прожектори), що максимально концентрують світловий потік в малому об'ємі на деякій ділянці оптичної осі (проектори) і що перерозподіляють світловий потік у великому тілесному куті (світильники).

Для перерозподілу світлового потоку в СП використовують: направлене відбивання світла дзеркальними відбивачами параболоїдної (рис. 1.2 а), еліпсоїдної (рис. 1.2 б), або довільної (рис. 1.2 в) форми; направлене пропускання світла френелівськими (дисковими або циліндровими) лінзами (рис. 1.2 г), асферичними або конденсорними лінзами (рис. 1.2 д) або призматичними пристроями (рис. 1.2 е) дифузне і направлено-розсіяне відбивання світла дифузними, емальованими і матованими відбивачами (рис. 1.2 ж); дифузне і направлено-розсіяне пропускання світла молочними, опаловими або матованими розсіювачами (рис. 1.2 е). Основні світлотехнічні характеристики СП — розподіл сили світла, яскравості і освітленості, а також коефіцієнт корисної дії, рівний відношенню корисно використаного світлового потоку до повного світлового потоку джерела випромінювання.

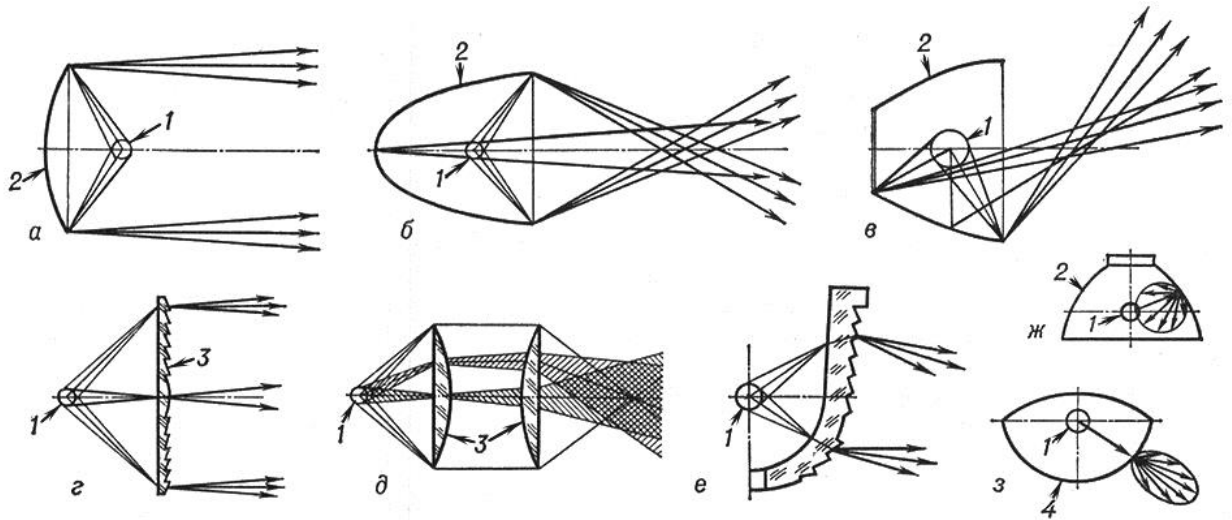


Рис 1.2. Перерозподіл світлового потоку різними видами відбивачів,
розсіювачів

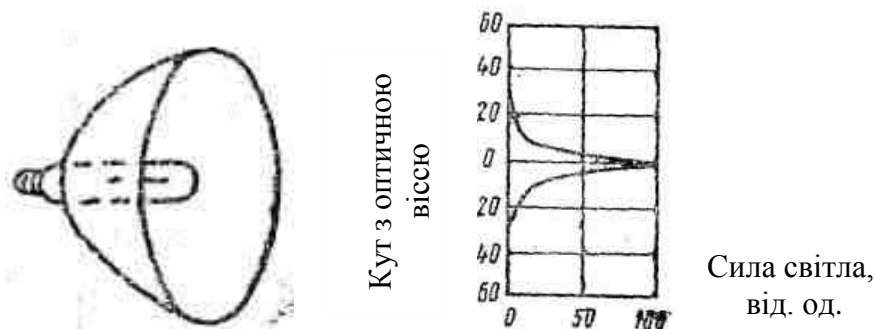


Рис. 1.3. Прожектор з параболічним відбивачем

Прожектори з параболічним відбивачем (рис. 1.3) мають конічну форму світлового пучка і невеликий кут розсіювання найчастіше встановлюються на щоглах, тобто на значній віддалі від освітлюваної поверхні поля. Це дозволяє при відповідних кутах нахилу здійснити раціональну компоновку еліптичних, світлових плям на поле і досягти високого коефіцієнта використання освітлюваної установки. Як джерело світла в таких прожекторах застосовуються лампи розжарювання (звичайні або прожекторні) і лампи ДРІ з відносно короткою дугою розряду не критичні до положення горіння.

При розміщенні освітлювальних приладів вздовж довгих сторін поля (на козирках трибун, або на фермах у верхніх рядах трибун) найбільш доцільною формою їх світлового пучка є „віялоподібна”, з великим кутом розсіювання в горизонтальній площині і малим – у вертикальній. Похилий

переріз пучка, а отже, і форма світлової плями на горизонтальній поверхні мають вигляд прямокутника. При цьому забезпечується найбільш економічний перерозподіл світлового потоку по прямокутній поверхні футбольного поля. Такий характер світлорозподілу досягається в прожекторах з параболо-циліндричними відбивачами (рис. 1.4) на фокальній осі яких розташовані джерела світла з лінійним тілом що світиться (галогенні лампи розжарювання, лампи ДРІ з довгою дугою і т. д.).

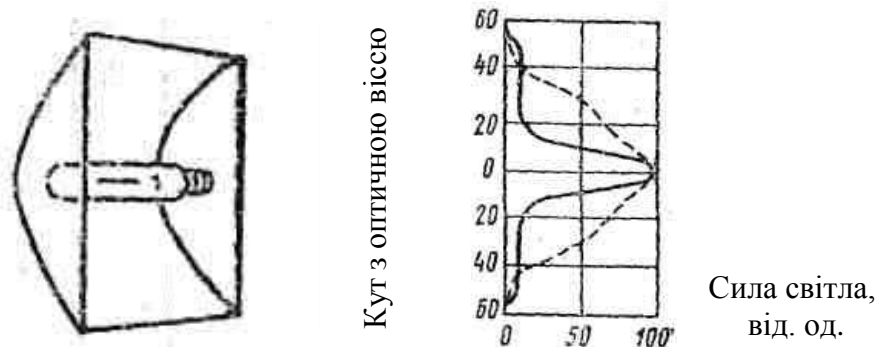


Рис. 1.4. Прожектор з параболо-циліндричним відбивачем

Різновидом таких освітлювальних, приладів є прожектори з несиметричною оптикою і заекранованою лампою для зниження засліплюючої дії (рис. 1.5). Верхній елемент відбивача являє собою частину еліптичного циліндра, а нижній, примикає до нього, має форму параболічного циліндра. Лампа розташована на загальній фокальній осі верхнього та нижнього елементів. Крива сили світла в вертикальній площині асиметрична і різко обмежена зверху в напрямках, близьких до оптичної осі.

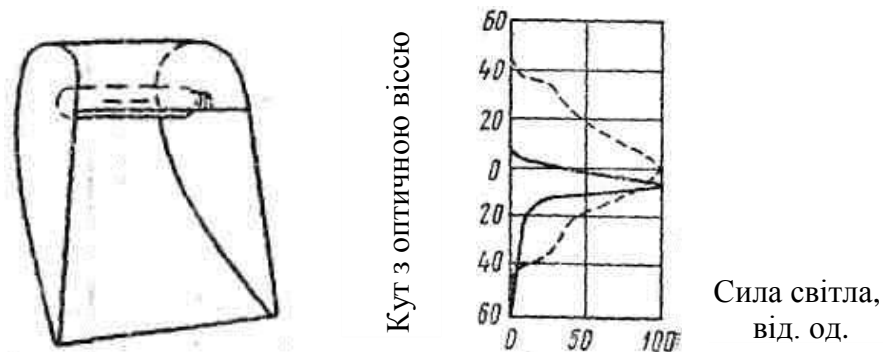


Рис. 1.5. Прожектор з несиметричною оптикою і заекранованою лампою

З численних і різноманітних характеристик прожекторів розглянемо лише ті, які необхідні при розробці проектів прожекторного освітлення

відкритих спортивних споруд, а конкретніше, саме футбольних стадіонів. До таких характеристик відноситься: крива сили світла, кут розсіювання, коефіцієнт підсилення і коефіцієнт корисної дії.

Крива сили світла, утворена кінцями радіусів-векторів, довжина кожного з яких чисельно дорівнює силі світла в даному напрямку, а початок розташований в світловому центрі джерела світла, є основною характеристикою прожектора і визначає розподіл світлового потоку джерела світла в різних кутових зонах.

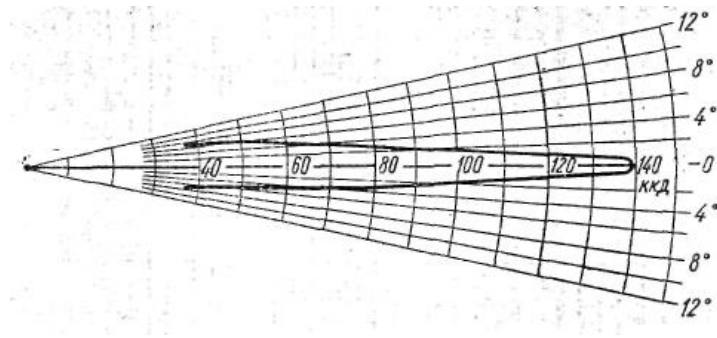


Рис. 1.6. Крива сили світла прожекторів в полярній системі координат.

Способи зображення кривої сили світла можуть бути різними. Найбільш простіший з них – застосування полярної системи координат (рис. 1.6).

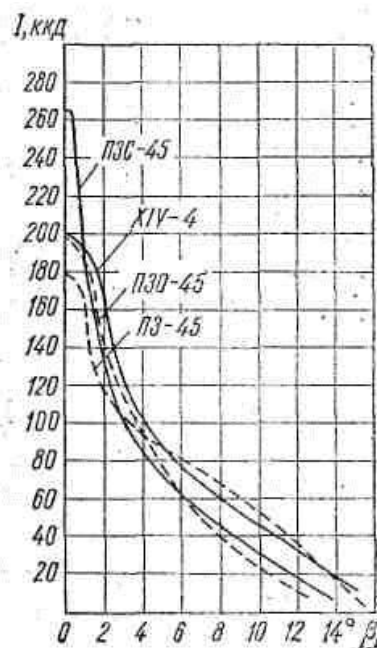


Рис. 1.7. Крива сили світла прожектора в прямокутній системі координат.

Однак, коли світловий потік джерела світла розподіляється в межах невеликого тілесного кута (а це характерно для прожекторів), зображення кривої сили світла в полярній системі координат стає скрутним і призводить до великих погрешностей у визначенні сили світла I по даній кривій при світлотехнічних розрахунках.

У таких випадках для зображення кривої сили світла зручніша прямокутна система координат (рис. 1.7). При цьому за вісь ординат приймається напрям оптичної осі прожектора, а по осі абсцис відкладаються значення кутів в горизонтальній (β_r) або вертикальній (β_v) площині.

При зображенні кривої сили світла джерел світла, які мають несиметричне розподіл світлового потоку, що характерно для багатьох типів прожекторів, в системі прямокутних координат наноситься не одна, а ціле сімейство кривих (рис. 1.8).

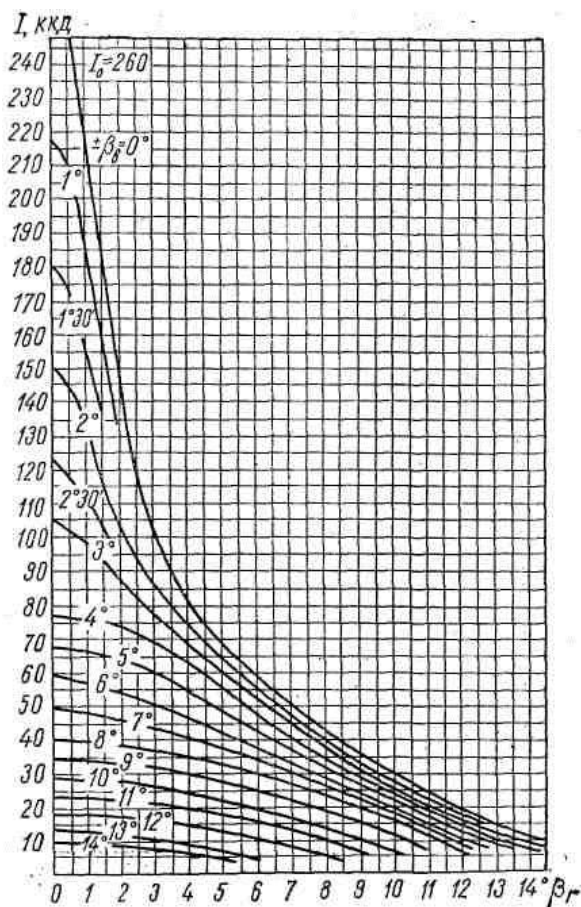
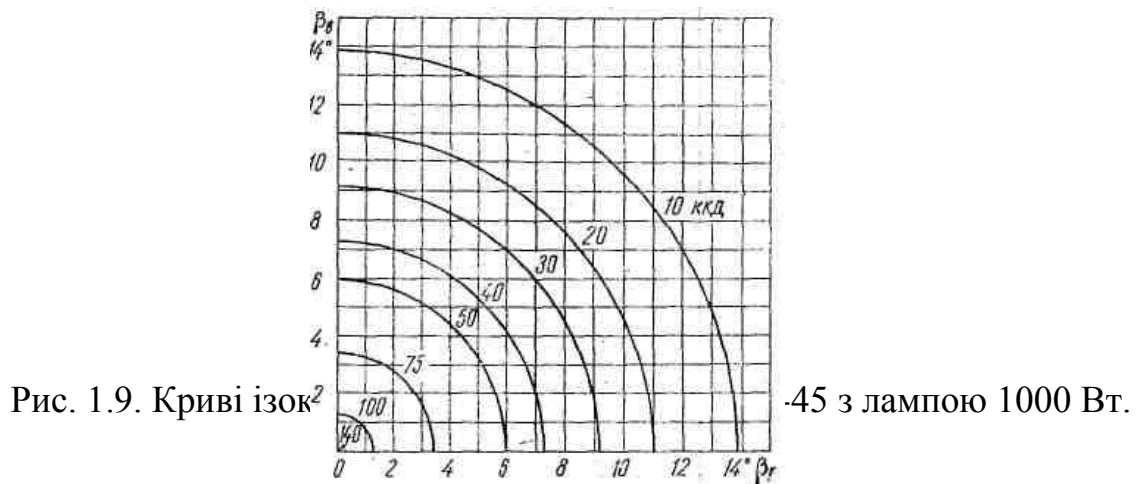


Рис. 1.8. Криві сили світла прожекторів типу ПЗС-45 з лампою 1000 Вт.

Побудова такого графіка проводиться за даними вимірювань сили світла під різними кутами або по даними кривих сили світла в

горизонтальній і вертикальній площинах, що вказується зазвичай у фірмових каталогах. При цьому приймається, що криві однакої сили світла (ізокандели) прожекторів (рис. 1.9) мають плавний характер і наближаються до еліптичної форми. Слід зазначити, що багато проектних організацій застосовують в якості основного розрахункового матеріалу графіки кривих ізокандел на умовній площині, перпендикулярній напрямку оптичної осі прожектора (рис. 1.9).

Не заперечуючи більшої наочності цих графіків, зазначимо, що користування ними для визначення сили світла або координат в градусному вираженні по заданій силі світла, що має місце при побудові кривих однакої освітленості, призводить до більшої похибки, ніж при застосуванні графіків в системі прямокутних координат. Це обумовлюється нерівномірним зменшенням сили світла при збільшенні кута випромінювання, особливо в межах від 0 до 2° , що значно ускладнює можливість інтерполяції.



Світловий пучок від прожектора є конусом з вершиною в точці розташування тіла розжарення джерела світла. Сила світла в цьому пучку максимальна в напрямку оптичної осі прожектора і значно зменшується до периферії. При цьому межі пучка не окреслені різко, а розпливчасті.

Кут розсіювання прожектора характеризується двома поняттями про номінальний кут розсіяння і про корисний кут розсіювання.

Номінальним кутом розсіювання називають кутову ширину світлового пучка прожектора, в межах якої сила світла знижується до $0,1$ максимальної сили світла. Корисним кутом розсіювання називають кутову

ширину світлового пучка прожектора, в межах якої забезпечується необхідна освітленість для заданих умов застосування прожектора. Концентруючи світловий потік джерела світла на більш вузькому пучку, отримують менший кут розсіювання і за рахунок цього велику максимальну силу світла прожектора. Саме максимальна сила світла прожектора визначає можливість створення необхідних освітленості на далеких ділянках освітлюваної території.

Відношення максимальної сили світла прожектора до середньої сферичної сили світла джерела світла, встановленого в прожекторі, називається коефіцієнтом підсилення прожектора (K_y)

Під коефіцієнтом корисної дії прожектора (η) розуміється відношення світлового потоку, що випромінюється в межах корисного кута розсіювання, до всього світлового потоку джерела світла (лампи).

Світловий потік, що випромінюється поза межами корисного кута розсіювання, є далеко не втраченим, так як він грає велику роль у створенні додаткової до розрахункової освітленості на ближніх і далеких відстанях від місця розташування прожекторів.

Зменшення сили світла окремих прожекторів в порівнянні з стандартними допускається в межах до 10%, а збільшення не обмежується.

Термін служби прожекторів зі скляними відбивачами гарантується не менше двох років, а з металевими відбивачами-не менше одного року з моменту відправки прожекторів із заводу. Сила світла прожекторів до кінця терміну служби не повинна знизитися більш ніж на 30% за умови нормальної їх експлуатації.

1.3. Аналіз систем освітлення для футбольних стадіонів.

Освітлення футбольних полів стадіонів повинно здійснюватися відповідно до встановлених нормативними документами. Існує ряд стандартів зі спортивного освітлення – всі вони регламентують вимоги до освітлення футбольних полів.

У Європі на основі Європейського стандарту EN 12193:1999 для різних класів гри регламентуються різні рівні освітленості футбольних полів. Національні футбольні асоціації, наприклад, футбольна асоціація Англії, передбачає для своїх ігор мінімальний рівень освітленості 120 лк (для клубів початкового рівня) і 350 лк для професійних ігор. Крім мінімальної освітленості при проектуванні освітлення футбольних стадіонів необхідно слідкувати за рівномірністю освітлення. Якщо гра має на увазі під собою телевізійну трансляцію, то вимоги щодо освітлення змінюються – це також варто мати на увазі. Для кольорової телевізійної трансляції норми освітлення в Європі встановлюються в межах 1200 лк – 1400 лк – освітленість у вертикальній площині.

При освітленні стадіонів застосовуються щоглові, лінійні або змішані системи.

Щоглові системи знайшли широке поширення, в основному, у варіанті використання 4-х опор, встановлених по кутах поля. Практика показує, що в цьому випадку основні вимоги до освітлення можуть бути реалізовані, проте системі властиві і недоліки: для обмеження засліплюючої дії прожекторів потрібні високі щогли. Залежно від місця розташування їх висота може досягати 80 м і більше, що істотно збільшує вартість будівельних робіт. Недоліком системи є також наявність 4-х тіней від освітлюваних об'єктів (спортсменів, спортивного обладнання). Тому 4-х щоглова система для освітлення застосовується в поєднанні з групами прожекторів, встановлених на козирках, опорах або інших будівельних елементах. Це приводить для поліпшення якісних показників освітлення футбольного поля.

Перехід до більшої кількості прожекторних щогл (6, 8 і більше освітлювальних опор) спрощує завдання отримання регламентованих показників освітлення, проте збільшує вартість освітлення футбольного стадіону. Такий спосіб використовується при освітленні невеликих спортмайданчиків, де висота щогл невелика.

Лінійні системи футбольного освітлення передбачають установку прожекторів вздовж довгих сторін поля на козирку над трибунами, або на спеціально передбачених для цієї мети конструкціях. Суцільна чи, яка складається з окремих груп ліній прожекторів дозволяє забезпечити потрібні зорові умови та вимоги телебачення. Глибина тіней при цій системі також зменшується. Обмеженням є умова розміщення прожекторів, при якому засліплююча дія їх невелика. До недоліків цієї системи слід віднести високу вартість установок футбольного освітлення.

При проектуванні кожної з цих систем футбольного освітлення необхідно уникати утворення на полі тіней від козирків трибун. Слід також передбачати світлове огороження прожекторних щогл.

Норми освітлення футбольних стадіонів вказані в табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

Клас гри	Мінімальна освітленість, лк			
	Відкрита споруда		Закрита споруда	
	$E_{гор}$, лк	$E_{вер}$, лк	$E_{гор}$, лк	$E_{вер}$, лк
Тренування	50	30	300	100
Змагання на стадіоні з кількістю місць 1500-10000	100	50	500	200
Змагання на стадіоні з кількістю місць 10000-25000	200	75	500	200
Змагання на стадіоні з кількістю місць більше 25000	400	100	500	200

1.4 Висновки до розділу

1. Аналіз систем освітлення футбольних стадіонів показав, що їх слід використовувати в залежності від призначення футбольного поля для переважно певного класу спортивних змагань, які плануються проводити на ньому. Найбільш вдалим по рівномірності освітлення, мінімізації засліплюючої дії джерел світла є 8-ми щоглова, та лінійна освітлювальна установка.
2. У світлових приладах, що використовуються в системах освітлення футбольних стадіонів, 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. Аналіз спектрального складу випромінювання джерел в залежності від добавок рідкоземельних металів та їх солей.

Спортивні змагання на стадіонах, як правило, починаються при природному освітленні, а закінчуються при штучному.

Як показали вимірювання для одержання високої якості зображення у телевізійних системах важливу роль відіграє кольорова температура і спектр випромінювання джерел світла, що використовуються. Бажано використовувати джерела світла з кольоровою температурою випромінювання максимально наближеною до діапазону кольорової температури, на яку може бути налаштована телевізійна камера. В міжнародній практиці за нормовану кольорову температуру для налаштування камер приймається величина 3200 ± 100 К. Оптимальним вирішенням при освітленні футбольного поля є використання джерел світла з спектром випромінювання і кольоровою температурою максимально наближеними до стандартних джерел денного світла МКО D_{55} і D_{65} , якими є спеціальні газорозрядні лампи. При цьому прийнято діапазон кольорової температури 5500-6000 К. Такими джерелами є лампи ДРІ.

Кольорова температура ламп різної потужності, різна так наприклад у лампи ДРІ потужністю 400 Вт вона становить 4200-4500 К а в лампи ДРІ потужністю 1000 Вт – 5000 – 6000 К.

Також слід зазначити що спектральний склад та інші світлотехнічні характеристики ламп ДРІ залежать від добавок рідкоземельних металів та їх солей.

Деякі метали дають випромінювання, яке складається з окремих спектральних ліній, як наприклад натрій (589 нм), талій (535 нм), індій (435 і 410 нм). Інші метали дають спектри, які складаються з великого числа густо розташованих ліній. В видимій області спектру, як наприклад скандій, титан, диспрозій. Галогеніди олова дають безперервні молекулярні спектри.

Для загального освітлення найбільш широкі розповсюдження отримали лампи з наступними складами металогалогенних домішок, крім ртуті і запалюючого газу:

- 1) йодиди натрію, талію і індію;
- 2) йодиди натрію, скандію і торію.

Для таких ламп характерна світлова віддача близько 80 лм/Вт з індексом кольоропередачі $R_a = 55-60$.

Лампи з йодидами диспрозію і інших рідкоземельних металів мають спектр настільки густо заповнений лініями диспрозію, що він виглядає як безперервний у всій видимій області спектру. Завдяки цьому індекс кольоропередачі збільшується до значення $R_a \geq 80$, а світлова віддача становить $H = 70..80$ лм/Вт.

Наведу один із програмних модулів аналізу спектрального складу випромінювання ламп фірми OSRAM типу HQI потужністю 1000 Вт.

Програмний модуль визначення спектрального складу випромінювання джерела типу (HQI NDL TS 1000) відбитого алюмінієвим відбивачем прожектора.

$$\phi_{\lambda \text{HQI}}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
1	21	30	38	61	80	44	38	38	50	...

$$\phi_{\lambda \text{HQI}}^T =$$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
1	42	39	43	45	42	58	100	48	47	...

$$\phi_{\lambda \text{HQI}}^T =$$

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670
1	50	65	63	51	46	43	38	35	43	...

$$\Delta \lambda := 10$$

HM

$$n := 0.. \text{rows}(\phi_{\lambda \text{HQI}}) - 1$$

$$\lambda_n := 380 + n \cdot \Delta \lambda$$

HM

$$\lambda^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 380 & 390 & 400 & 410 & 420 & 430 & 440 & 450 & 460 & \dots \\ \hline \end{array} .$$

$$\lambda^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 \\ \hline 0 & 470 & 480 & 490 & 500 & 510 & 520 & 530 & 540 & 550 & \dots \\ \hline \end{array} .$$

$$\lambda^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 \\ \hline 0 & 560 & 570 & 580 & 590 & 600 & 610 & 620 & 630 & 640 & \dots \\ \hline \end{array} .$$

$$\text{Const} := \max(\phi\lambda\text{HQI} \langle 1 \rangle)$$

$$\text{Const} = 100$$

$$\phi\lambda\text{vidn} := \begin{array}{|l} \lambda \langle 0 \rangle \leftarrow \lambda \\ \phi\lambda 1 \leftarrow \phi\lambda\text{HQI} \langle 1 \rangle \cdot \text{Const}^{-1} \\ \phi \leftarrow \text{augment}(\lambda, \phi\lambda 1) \end{array}$$

$$\phi\lambda\text{vidn}^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 380 & 390 & 400 & 410 & 420 & 430 & 440 & 450 & 460 & 470 \\ \hline 1 & 0.21 & 0.3 & 0.38 & 0.61 & 0.8 & 0.44 & 0.38 & 0.38 & 0.5 & \dots \\ \hline \end{array} .$$

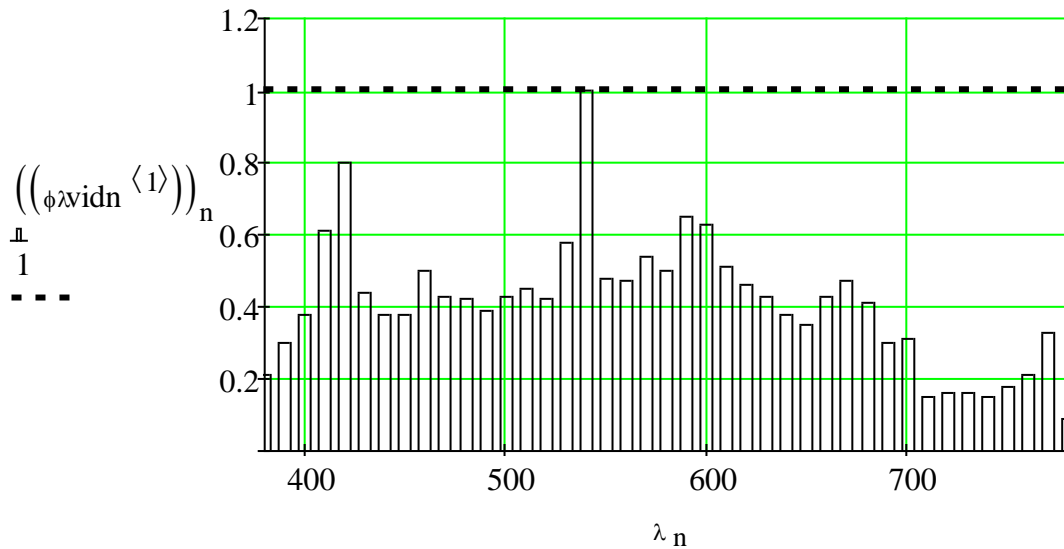
$$\phi\lambda\text{vidn}^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 \\ \hline 0 & 480 & 490 & 500 & 510 & 520 & 530 & 540 & 550 & 560 & 570 \\ \hline 1 & 0.42 & 0.39 & 0.43 & 0.45 & 0.42 & 0.58 & 1 & 0.48 & 0.47 & \dots \\ \hline \end{array} .$$

$$\phi\lambda\text{vidn}^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 30 & 31 & 32 & 33 & 34 & 35 & 36 & 37 & 38 & 39 \\ \hline 0 & 680 & 690 & 700 & 710 & 720 & 730 & 740 & 750 & 760 & 770 \\ \hline 1 & 0.41 & 0.3 & 0.31 & 0.15 & 0.16 & 0.16 & 0.15 & 0.18 & 0.21 & \dots \\ \hline \end{array} .$$

$$\phi_{\lambda \text{vidn}}^T =$$

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670
1	0.5	0.65	0.63	0.51	0.46	0.43	0.38	0.35	0.43	...

Графік відносного спектрального розподілу потоку випромінювання джерела світла -(%), -(нм)



Відносний спектральний коефіцієнт відбивання алюмінієвої поверхні відбивача прожектора -(%), -(нм)

$$\rho^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
1	92	93	94	92	92	92	92	94	92	...

$$\rho^T =$$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
1	92	94	93	94	94	94	93	92	90	...

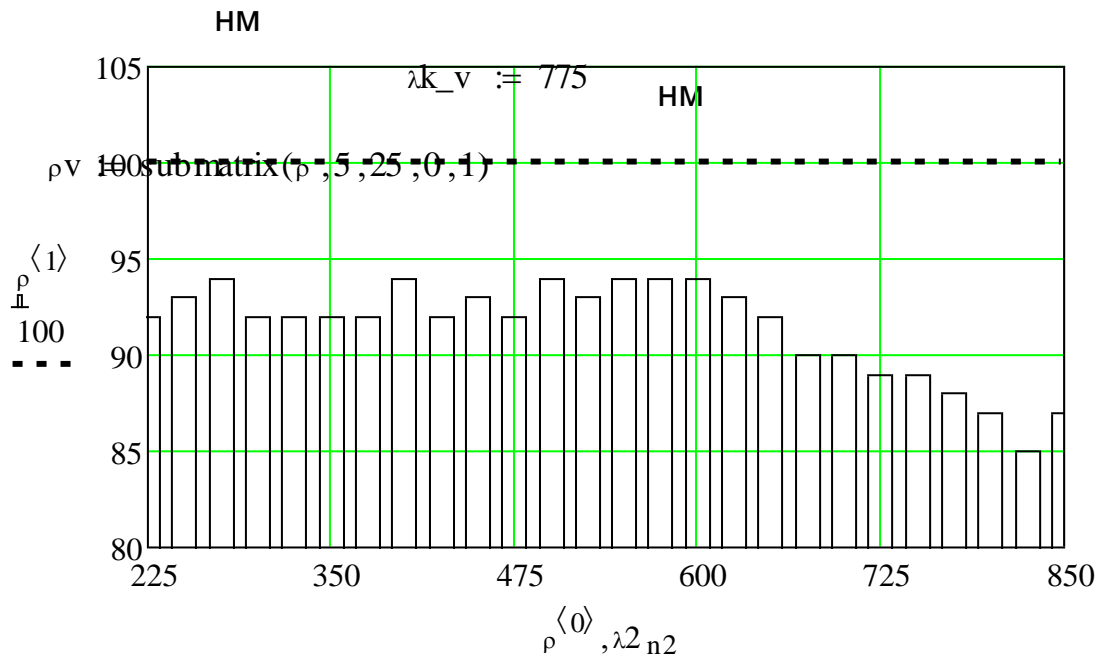
$$\Delta\lambda_2 := 25 \text{ нм}$$

$$n_2 := 0.. \text{rows}(\rho) - 1$$

Графік відносного спектрального розподілу коефіцієнта відбивання алюмінієвої поверхні відбивача -(%), -(нм)

$$\lambda_{\text{proch}}^2 = \lambda_2 \rho_{och} + n_2 \cdot \Delta\lambda_2^2 \quad \text{нм}$$

$\lambda_{p_v} := 375$



$$\rho_v^T = \begin{array}{c|cccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 350 & 375 & 400 & 425 & 450 & 475 & 500 & 525 & 550 & 575 \\ \hline 1 & 92 & 92 & 94 & 92 & 93 & 92 & 94 & 93 & 94 & \dots \end{array} \cdot$$

$$\rho_v^T = \begin{array}{c|cccccccccc} & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 \\ \hline 0 & 600 & 625 & 650 & 675 & 700 & 725 & 750 & 775 & 800 & 825 \\ \hline 1 & 94 & 93 & 92 & 90 & 90 & 89 & 89 & 88 & 87 & \dots \end{array} \cdot$$

Інтерполяція кубічним сплайном експериментальних значень коефіцієнта

відбивання алюмінію

$$A := \begin{bmatrix} \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^0 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^1 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^1 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^4 \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^4 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^5 \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^4 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^5 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^6 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^0 \cdot (\rho^{(1)})_i \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^1 \cdot (\rho^{(1)})_i \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 \cdot (\rho^{(1)})_i \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 \cdot (\rho^{(1)})_i \end{bmatrix}$$

$$a3 := A^{-1} \cdot B$$

$$\lambda3 := 380, 390 \dots 780$$

$$\rho_{V3}(\lambda3) := \sum_{i3=0}^{\text{last}(a3)} (a3_{i3} \cdot \lambda3^{i3})$$

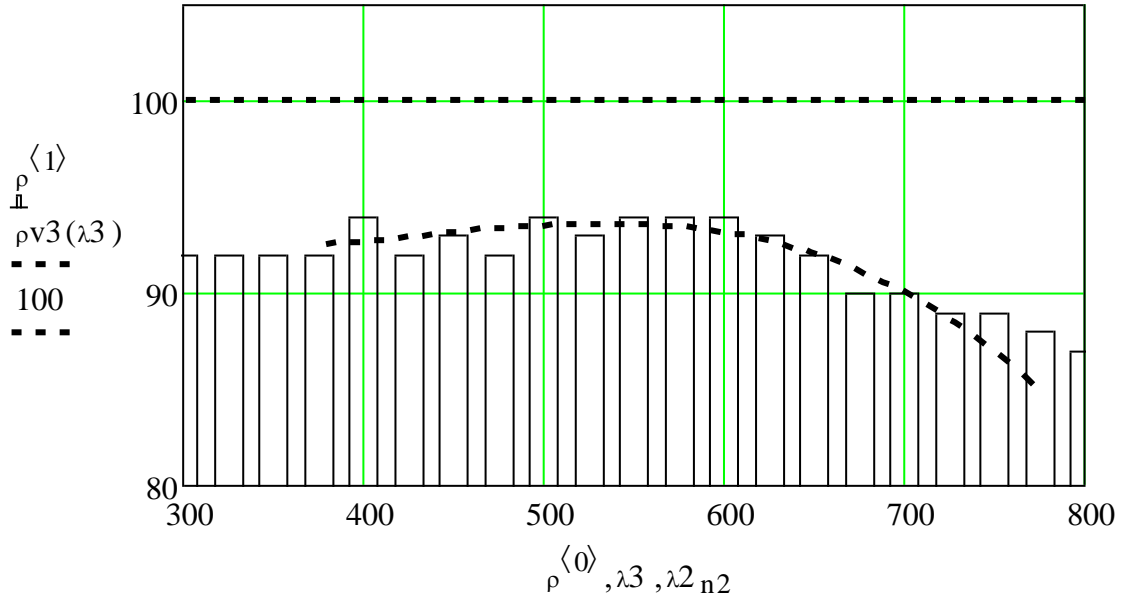
$$a3 = \begin{pmatrix} 108.99 \\ -0.13 \\ 3.34 \times 10^{-4} \\ -2.62 \times 10^{-7} \end{pmatrix}$$

$$\text{last}(a3) = 3$$

$$n4 := 0 \dots \text{rows}(V) - 1$$

$$\rho_{V4}_{n4} := \rho_{V3}(\lambda_{n4})$$

Суміщені графіки спектрального коефіцієнта відбивання: експериментальних його значень та функціональної залежності від довжини хвилі визначеної через кубічний сплайн.



Відносна спектральна чутливість ока людини

$$V^T =$$

	0	1	2	3	4	5
0	380	390	400	410	420	430
1	$4 \cdot 10^{-4}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$...

$$V^T =$$

	6	7	8	9	10	11
0	440	450	460	470	480	490
1	0.023	0.038	0.06	0.091	0.139	...

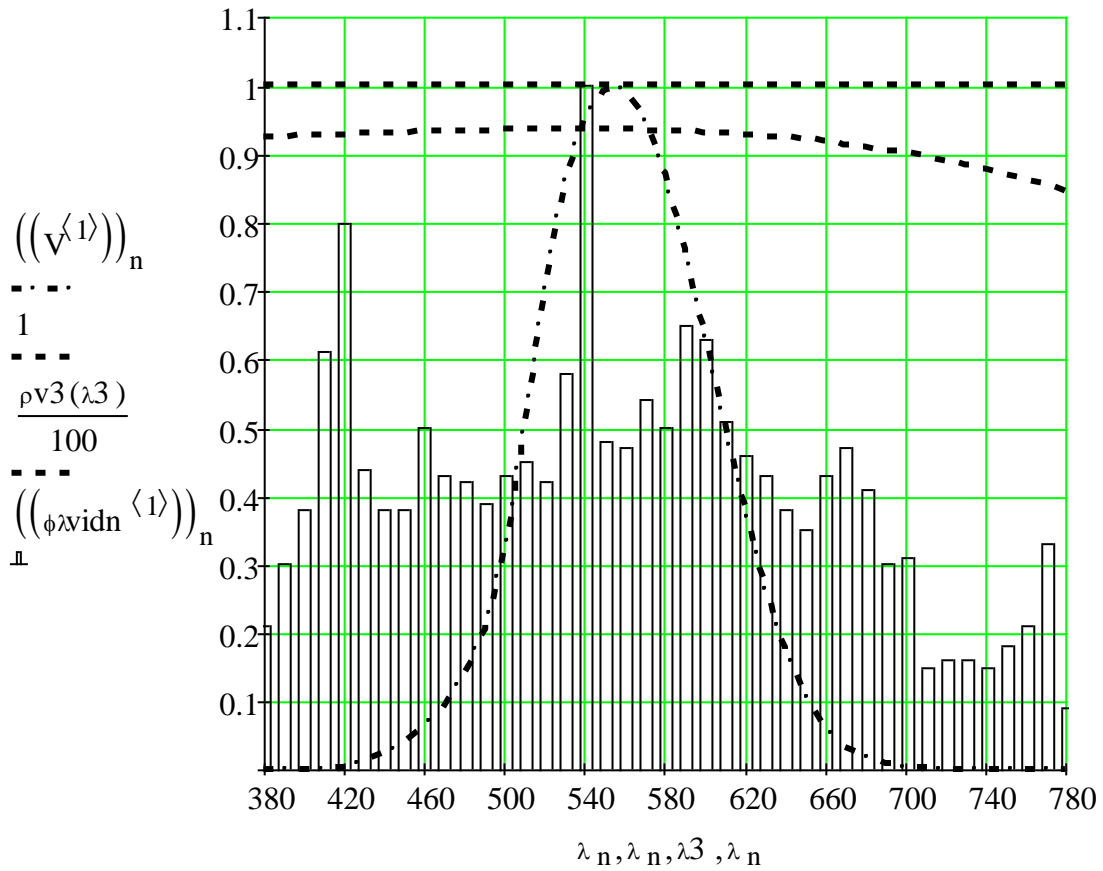
$$V^T =$$

	12	13	14	15	16	17
0	500	510	520	530	540	550
1	0.323	0.503	0.71	0.862	0.954	...

$$V^T =$$

	18	19	20	21	22	23
0	560	570	580	590	600	610
1	0.995	0.952	0.87	0.757	0.631	...

Суміщені графіки відносної спектральної ефективності та спектрального коефіцієнта відбивання



Приклад розрахунку реального світлового потоку прожекторів:

$$\Phi_1 := 6.83 \cdot \sum_{n=0}^{39} \left[\left(\phi_{\lambda \text{HQI}} \langle 1 \rangle \right)_n \cdot \left(V \langle 1 \rangle \right)_n \cdot \Delta \lambda \right]$$

$$\Phi_1 = 39919.552$$

ЛМ

$$\Phi_2 := \frac{6.83}{100} \cdot \sum_{n=0}^{39} \left[\left(\phi_{\lambda \text{HQI}} \langle 1 \rangle \right)_n \cdot \left(V \langle 1 \rangle \right)_n \cdot \rho_{V4n} \cdot \Delta \lambda \right]$$

$$\Phi_2 = 37271.688$$

ЛМ

2.2. Розрахунок спектру випромінювання прожекторів з врахуванням спектральних коефіцієнтів відбивання матеріалів відбивачів.

Для створення потрібного освітлення при проведенні зйомок широко використовуються різні пристосування (відбивачі, розсіювачі, екрани тощо), виготовлені з найрізноманітніших матеріалів. Здатність цих пристосувань відображати, пропускати, поглинати або змінювати спектральний склад падаючого світлового потоку визначають світлотехнічні характеристики поверхні матеріалу.

У відбивачів використовуються металеві поверхні двох видів: поліровані для дзеркального або напрямленого відбивання світлового потоку та матовані – для дифузного і направлено-розсіяного відбивання. Матеріалами для цих поверхонь, зазвичай, служать такі метали, як алюміній, хром, нікель, латунь, срібло, родій, кадмій і олово, їх застосовують у вигляді суцільних листів, гальванічного, хімічного покриття або порошку в складі фарбувальних речовин (бронзова і алюмінієва фарби). Залежність коефіцієнта відбивання полірованих металів ρ від довжини хвилі світлового випромінювання λ показана на рис. 2.1. Найбільш часто при виготовленні відбивачів використовують алюміній у вигляді тонких листів або фольги, що наклеюють на будь-яку плоску основу, або алюмінієвого порошку в складі фарби.

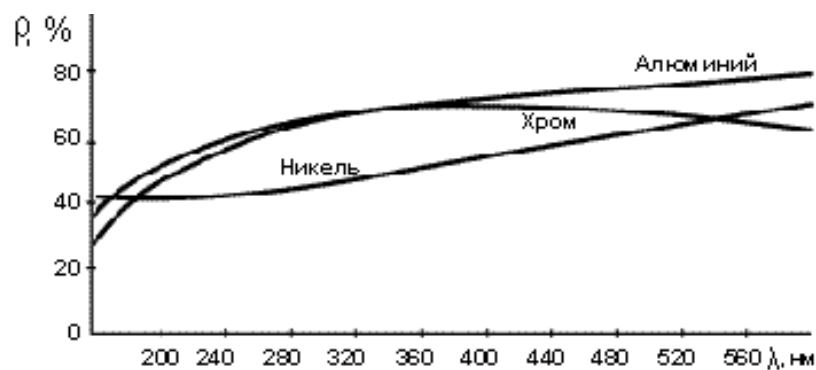


Рис. 2.1. Спектральні характеристики полірованих металів

Алюміній – легкий метал сріблястого кольору, стійкий до атмосферних впливів і корозії. Відмінними властивостями алюмінію як світлотехнічного матеріалу є високий коефіцієнт відбивання 0.8-0.95, постійна відбиваюча здатність при тривалому використанні і зміні температури в межах 300-750 К, рівномірна спектральна характеристика у видимій частині спектру, коефіцієнт відбивання збільшується на 0,1 в межах від 400 до 700 нм.

Дзеркальну срібну поверхню відбивача отримують шляхом гальванічного відкладення срібла на іншому металі. Поліроване срібло має максимальний коефіцієнт відбиття, що дорівнює 0,95, але в результаті окислення вже до кінця першого року служби даний коефіцієнт у металевих срібних дзеркал зменшується на 15-25%.

Хром – метал білого кольору з відтінком синього, стійкий до впливу більшості газів і органічних кислот. В атмосферних умовах хром тривалий час зберігає високу відбивну здатність і незначно окислюється при нагріванні до температури 400-600 К. Хромові покриття, нанесені на основу з міді або нікелю, мають високу механічну міцність. Ці властивості дозволяють використовувати хромовані відбивачі в освітлювальних приладах з високими робочими температурами. Коефіцієнти відбивання хромованих відбивачів рівні 0,61-0,62.

Родій – метал білого кольору з рожево-блакитним відтінком, дуже стійкий до корозії і дії парів кислот, лугів та інших хімічно активних речовин, присутніх в атмосфері. Родієві покриття володіють високою відбиваючою здатністю, коефіцієнт відбивання – 0.72-0.74, і твердістю, тому їх застосовують при виробництві високоякісних відбивачів. Недоліками відбивачів з родієвим покриттям є їх висока вартість і складність виготовлення.

Нікель – метал сріблясто-білого кольору, стійкий до атмосферної корозії. Але його коефіцієнт відбивання недостатньо високий: 0,55-0,60, тому нікель часто використовується в якості підшару під хромові і родієві покриття.

На сучасному етапі для комп'ютеризованих науково-технічних розрахунків і, зокрема, виконання автоматизованого проектування світлотехнічних систем, освітлювальних установок, електротехнічних систем живлення світлових приладів найчастіше використовуються спеціальні математичні програми типу Mathematica, MatLab, Maple, Mathcad, та інші.

Найпопулярнішим математичним пакетом із вище перерахованого списку є Mathcad, який дозволяє просто освоїти обчислювальні процедури і реалізувати на них математичні моделі. До переваг роботи математичної програми Mathcad слід віднести:

- 1) математичні вирази в середовищі Mathcad записуються в їх загально прийнятому вигляді;
- 2) в середовищі Mathcad процес створення програми іде паралельно з її відлагодженням;
- 3) завдяки потужному математичному апарату можливо вирішувати проблеми без виклику зовнішніх процедур;
- 4) пакет Mathcad доповнений довідником з основних математичних і фізико-хімічних формул і констант, які можна автоматично переносити в документ без загрози занести в них спотворення;
- 5) система Mathcad обладнана засобами анімації, що дозволяє реалізувати створені моделі не лише в статиці (числа, таблиці, графіки), але і в динаміці (анімаційні кліпи);
- 6) не виходячи з середовища Mathcad, є можливість відкривати нові документи на інших серверах та користуватися тими перевагами інших технологій, які надаються Internet.

Враховуючи вище згадане для створення програм дослідження спектрів випромінювання різних джерел світла, з врахуванням коефіцієнтів відбивання матеріалів відбивачів, коефіцієнтів пропускання оптичної системи, розрахунків фотометричних тіл світлових приладів, освітленості різних площин мною використано як основний пакет прикладних програм Mathcad.

У кожному із модулів програм дослідження певних світлотехнічних характеристик є коментарі перед виконанням кожної з інформаційних, математичних процедур (створення або зчитування баз даних, побудови графіків чи іншого). Тому в тексті пояснювальної записки наведено в пункті 2.1 лише один із варіантів роботи таких програм. В електронному варіанті роботи додано програми в повному обсязі.

2.3 Висновки до розділу

Проведений аналіз методик розрахунку рівнів освітленості різних (горизонтальних, вертикальних, похилих) площин освітлювальної території спортивного майданчику 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 об'єму, варто використовувати точковий метод розрахунку освітленості.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз спектрального складу випромінювання джерел в залежності від добавок рідкоземельних металів та їх солей.

Спортивні змагання на стадіонах, як правило, починаються при природному освітленні, а закінчуються при штучному.

Як показали вимірювання для одержання високої якості зображення у телевізійних системах важливу роль відіграє кольорова температура і спектр випромінювання джерел світла, що використовуються. Бажано використовувати джерела світла з кольоровою температурою випромінювання максимально наближеною до діапазону кольорової температури, на яку може бути налаштована телевізійна камера. В міжнародній практиці за нормовану кольорову температуру для налаштування камер приймається величина 3200 ± 100 К. Оптимальним вирішенням при освітленні футбольного поля є використання джерел світла з спектром випромінювання і кольоровою температурою максимально наближеними до стандартних джерел денного світла МКО D_{55} і D_{65} , якими є спеціальні газорозрядні лампи. При цьому прийнято діапазон кольорової температури 5500-6000 К. Такими джерелами є лампи ДРІ.

Кольорова температура ламп різної потужності, різна так наприклад у лампи ДРІ потужністю 400 Вт вона становить 4200-4500 К а в лампи ДРІ потужністю 1000 Вт – 5000 – 6000 К.

Також слід зазначити що спектральний склад та інші світлотехнічні характеристики ламп ДРІ залежать від добавок рідкоземельних металів та їх солей.

Деякі метали дають випромінювання, яке складається з окремих спектральних ліній, як наприклад натрій (589 нм), талій (535 нм), індій (435 і 410 нм). Інші метали дають спектри, які складаються з великого числа густо розташованих ліній. В видимій області спектру, як наприклад скандій, титан, диспрозій. Галогеніди олова дають безперервні молекулярні спектри.

Для загального освітлення найбільш широкі розповсюдження отримали лампи з наступними складами металогалогенних домішок, крім ртуті і запалюючого газу:

- 1) йодиди натрію, талію і індію;
- 2) йодиди натрію, скандію і торію.

Для таких ламп характерна світлова віддача близько 80 лм/Вт з індексом кольоропередачі $R_a = 55-60$.

Лампи з йодидами диспрозію і інших рідкоземельних металів мають спектр настільки густо заповнений лініями диспрозію, що він виглядає як безперервний у всій видимій області спектру. Завдяки цьому індекс кольоропередачі збільшується до значення $R_a \geq 80$, а світлова віддача становить $H = 70..80$ лм/Вт.

Наведу один із програмних модулів аналізу спектрального складу випромінювання ламп фірми OSRAM типу HQI потужністю 1000 Вт.

Програмний модуль визначення спектрального складу випромінювання джерела типу (HQI NDL TS 1000) відбитого алюмінієвим відбивачем прожектора.

$$\phi_{\lambda \text{HQI}}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
1	21	30	38	61	80	44	38	38	50	...

$$\phi_{\lambda \text{HQI}}^T =$$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
1	42	39	43	45	42	58	100	48	47	...

$$\phi_{\lambda \text{HQI}}^T =$$

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670
1	50	65	63	51	46	43	38	35	43	...

$$\Delta \lambda := 10$$

HM

$$n := 0.. \text{rows}(\phi_{\lambda \text{HQI}}) - 1$$

$$\lambda_n := 380 + n \cdot \Delta \lambda$$

HM

$$\lambda^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	380	390	400	410	420	430	440	450	460	...

$$\lambda^T =$$

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	470	480	490	500	510	520	530	540	550	...

$$\lambda^T =$$

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	560	570	580	590	600	610	620	630	640	...

$$\text{Const} := \max(\phi\lambda\text{HQI} \langle 1 \rangle)$$

$$\text{Const} = 100$$

$$\phi\lambda\text{vidn} := \begin{cases} \lambda \langle 0 \rangle \leftarrow \lambda \\ \phi\lambda 1 \leftarrow \phi\lambda\text{HQI} \langle 1 \rangle \cdot \text{Const}^{-1} \\ \phi \leftarrow \text{augment}(\lambda, \phi\lambda 1) \end{cases}$$

$$\phi\lambda\text{vidn}^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
1	0.21	0.3	0.38	0.61	0.8	0.44	0.38	0.38	0.5	...

$$\phi\lambda\text{vidn}^T =$$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
1	0.42	0.39	0.43	0.45	0.42	0.58	1	0.48	0.47	...

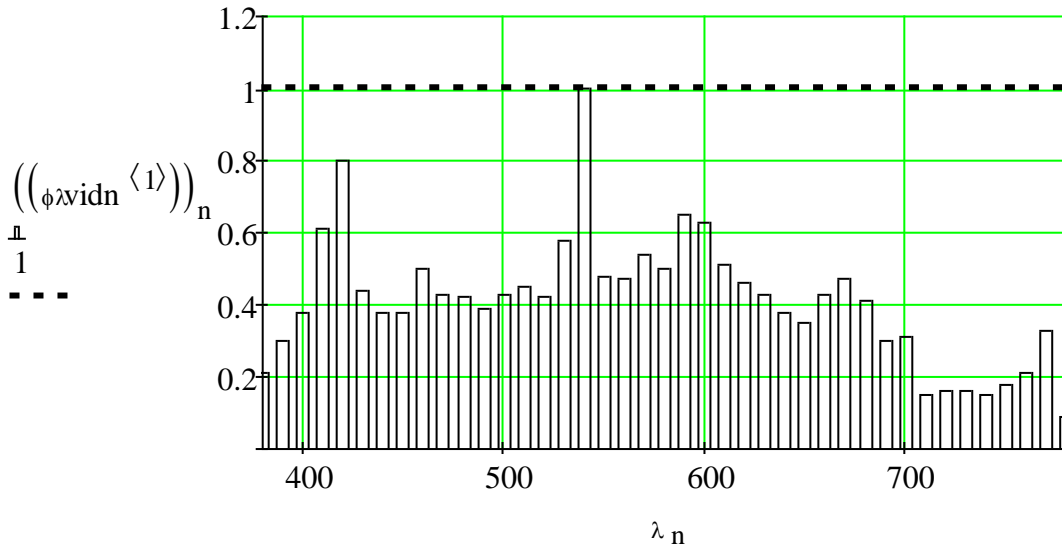
$$\phi\lambda\text{vidn}^T =$$

	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
0	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
1	0.41	0.3	0.31	0.15	0.16	0.16	0.15	0.18	0.21	...

$$\phi_{\lambda \text{vidn}}^T =$$

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670
1	0.5	0.65	0.63	0.51	0.46	0.43	0.38	0.35	0.43	...

Графік відносного спектрального розподілу потоку випромінювання джерела світла -(%), -(нм)



Відносний спектральний коефіцієнт відбивання алюмінієвої поверхні відбивача прожектора -(%), -(нм)

$$\rho^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
1	92	93	94	92	92	92	92	94	92	...

$$\rho^T =$$

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
1	92	94	93	94	94	94	93	92	90	...

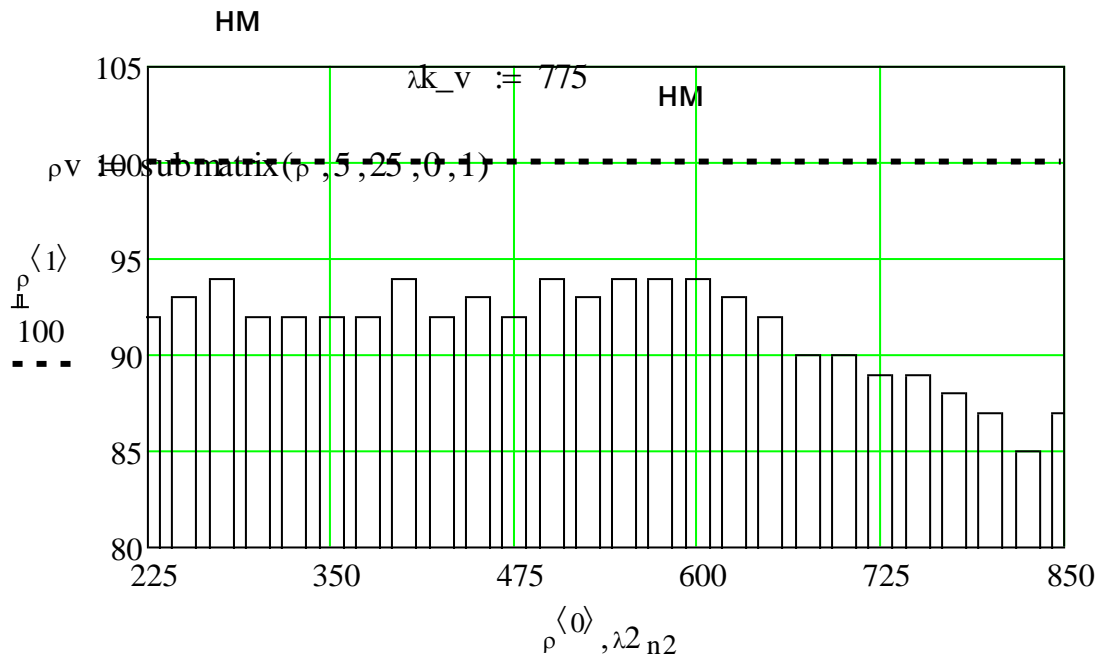
$$\Delta\lambda_2 := 25 \text{ нм}$$

$$n_2 := 0.. \text{rows}(\rho) - 1$$

Графік відносного спектрального розподілу коефіцієнта відбивання алюмінієвої поверхні відбивача -(%), -(нм)

$$\lambda_{\text{proch}}^2 = \lambda_{2\rho}^2 + n_2 \cdot \Delta\lambda_2^2 \quad \text{нм}$$

$\lambda_{p_v} := 375$



$$\rho^V T = \begin{array}{c|ccccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline 0 & 350 & 375 & 400 & 425 & 450 & 475 & 500 & 525 & 550 & 575 \\ \hline 1 & 92 & 92 & 94 & 92 & 93 & 92 & 94 & 93 & 94 & \dots \end{array} .$$

$$\rho^V T = \begin{array}{c|ccccccccccc} & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 \\ \hline 0 & 600 & 625 & 650 & 675 & 700 & 725 & 750 & 775 & 800 & 825 \\ \hline 1 & 94 & 93 & 92 & 90 & 90 & 89 & 89 & 88 & 87 & \dots \end{array} .$$

Інтарполяція кубічним сплайном експериментальних значень коефіцієнта

відбивання алюмінію

$$A := \begin{bmatrix} \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^0 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^1 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^1 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^4 \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^4 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^5 \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^4 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^5 & \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^6 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^0 \cdot (\rho^{(1)})_i \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^1 \cdot (\rho^{(1)})_i \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^2 \cdot (\rho^{(1)})_i \\ \sum_i [(\rho^{(0)})_i]^3 \cdot (\rho^{(1)})_i \end{bmatrix}$$

$$a3 := A^{-1} \cdot B$$

$$\lambda3 := 380, 390 \dots 780$$

$$a3 = \begin{pmatrix} 108.99 \\ -0.13 \\ 3.34 \times 10^{-4} \\ -2.62 \times 10^{-7} \end{pmatrix}$$

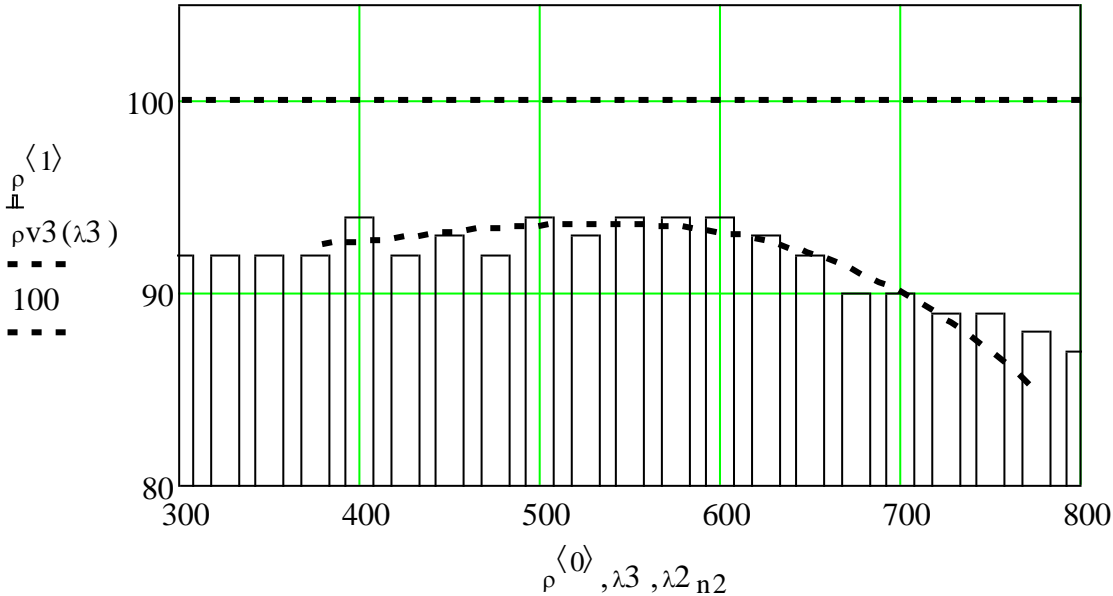
$$\text{last}(a3) = 3$$

$$\rho_{V3}(\lambda3) := \sum_{i3=0}^{\text{last}(a3)} (a3_{i3} \cdot \lambda3^{i3})$$

$$n4 := 0 \dots \text{rows}(V) - 1$$

$$\rho_{V4} n4 := \rho_{V3}(\lambda n4)$$

Суміщені графіки спектрального коефіцієнта відбивання: експериментальних його значень та функціональної залежності від довжини хвилі визначеної через кубічний сплайн.



Відносна спектральна чутливість ока людини

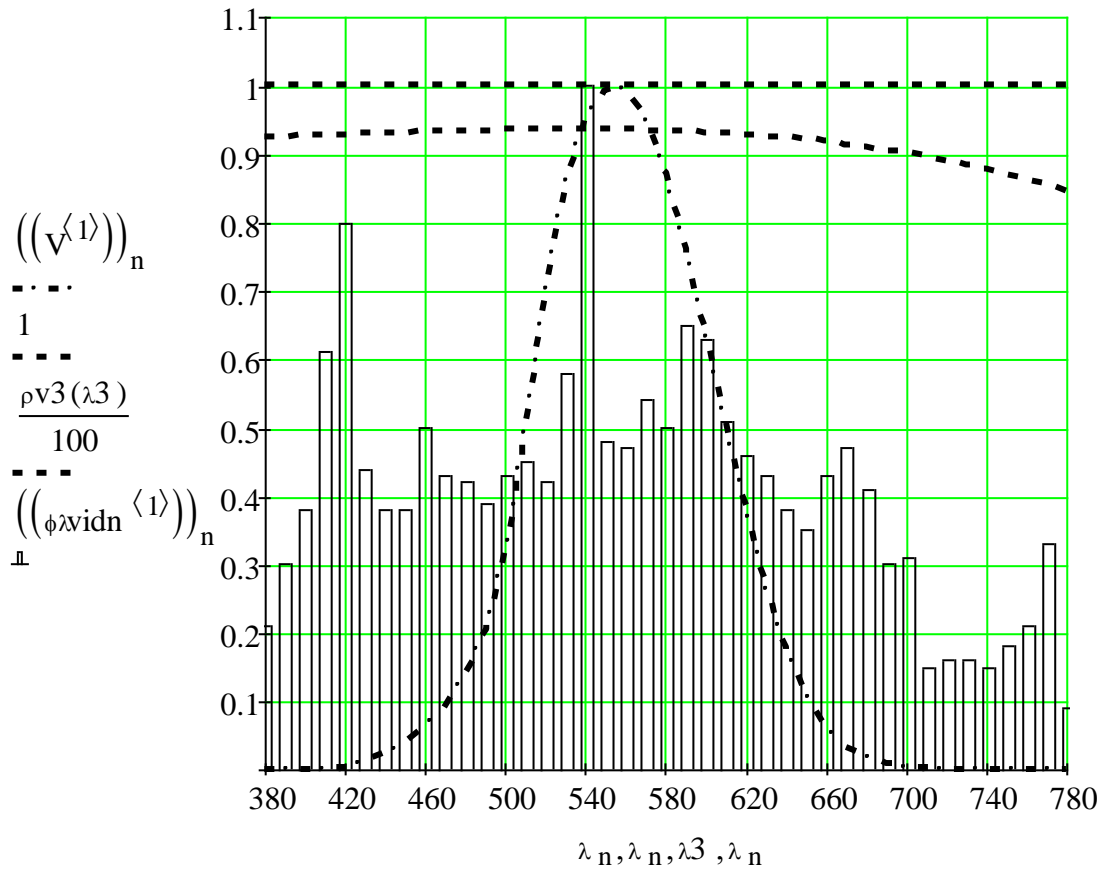
$$V^T = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 380 & 390 & 400 & 410 & 420 & 430 \\ 4 \cdot 10^{-4} & 1.2 \cdot 10^{-4} & 4 \cdot 10^{-4} & 1.2 \cdot 10^{-3} & 4 \cdot 10^{-3} & \dots \end{matrix} \end{matrix}$$

$$V^T = \begin{matrix} & \begin{matrix} 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 440 & 450 & 460 & 470 & 480 & 490 \\ 0.023 & 0.038 & 0.06 & 0.091 & 0.139 & \dots \end{matrix} \end{matrix}$$

$$V^T = \begin{matrix} & \begin{matrix} 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 500 & 510 & 520 & 530 & 540 & 550 \\ 0.323 & 0.503 & 0.71 & 0.862 & 0.954 & \dots \end{matrix} \end{matrix}$$

$$V^T = \begin{matrix} & \begin{matrix} 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 560 & 570 & 580 & 590 & 600 & 610 \\ 0.995 & 0.952 & 0.87 & 0.757 & 0.631 & \dots \end{matrix} \end{matrix}$$

Суміщені графіки відносної спектральної ефективності та спектрального коефіцієнта відбивання



Приклад розрахунку реального світлового потоку прожекторів:

$$\Phi 1 := 6.83 \cdot \sum_{n=0}^{39} \left[\left(\phi_{\lambda \text{HQI}}^{1} \right)_{n} \cdot \left(V^{1} \right)_{n} \cdot \Delta \lambda \right]$$

$$\Phi 1 = 39919.552$$

ЛМ

$$\Phi 2 := \frac{6.83}{100} \cdot \sum_{n=0}^{39} \left[\left(\phi_{\lambda \text{HQI}}^{1} \right)_{n} \cdot \left(V^{1} \right)_{n} \cdot \rho V^{4}_{n} \cdot \Delta \lambda \right]$$

$$\Phi 2 = 37271.688$$

ЛМ

2.2. Розрахунок спектру випромінювання прожекторів з врахуванням спектральних коефіцієнтів відбивання матеріалів відбивачів.

Для створення потрібного освітлення при проведенні зйомок широко використовуються різні пристосування (відбивачі, розсіювачі, екрани тощо), виготовлені з найрізноманітніших матеріалів. Здатність цих пристосувань відображати, пропускати, поглинати або змінювати спектральний склад падаючого світлового потоку визначають світлотехнічні характеристики поверхні матеріалу.

У відбивачів використовуються металеві поверхні двох видів: поліровані для дзеркального або напрямленого відбивання світлового потоку та матовані – для дифузного і направлено-розсіяного відбивання. Матеріалами для цих поверхонь, зазвичай, служать такі метали, як алюміній, хром, нікель, латунь, срібло, родій, кадмій і олово, їх застосовують у вигляді суцільних листів, гальванічного, хімічного покриття або порошку в складі фарбувальних речовин (бронзова і алюмінієва фарби). Залежність коефіцієнта відбивання полірованих металів ρ від довжини хвилі світлового випромінювання λ показана на рис. 2.1. Найбільш часто при виготовленні відбивачів використовують алюміній у вигляді тонких листів або фольги, що наклеюють на будь-яку плоску основу, або алюмінієвого порошку в складі фарби.

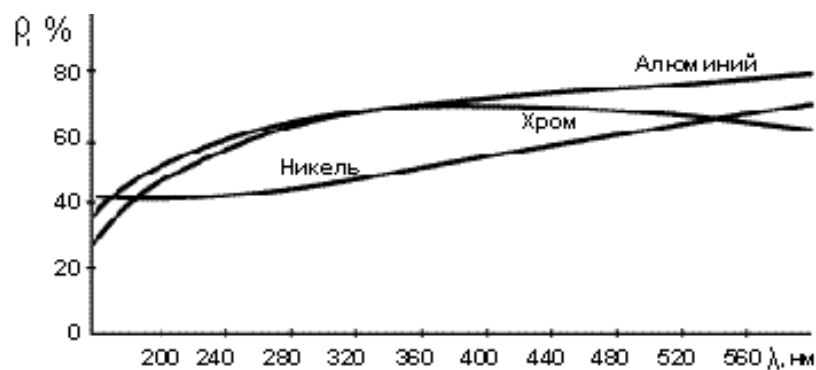


Рис. 2.1. Спектральні характеристики полірованих металів

Алюміній – легкий метал сріблястого кольору, стійкий до атмосферних впливів і корозії. Відмінними властивостями алюмінію як світлотехнічного матеріалу є високий коефіцієнт відбивання 0.8-0.95, постійна відбиваюча здатність при тривалому використанні і зміні температури в межах 300-750 К, рівномірна спектральна характеристика у видимій частині спектру, коефіцієнт відбивання збільшується на 0,1 в межах від 400 до 700 нм.

Дзеркальну срібну поверхню відбивача отримують шляхом гальванічного відкладення срібла на іншому металі. Поліроване срібло має максимальний коефіцієнт відбиття, що дорівнює 0,95, але в результаті окислення вже до кінця першого року служби даний коефіцієнт у металевих срібних дзеркал зменшується на 15-25%.

Хром – метал білого кольору з відтінком синього, стійкий до впливу більшості газів і органічних кислот. В атмосферних умовах хром тривалий час зберігає високу відбивну здатність і незначно окислюється при нагріванні до температури 400-600 К. Хромові покриття, нанесені на основу з міді або нікелю, мають високу механічну міцність. Ці властивості дозволяють використовувати хромовані відбивачі в освітлювальних приладах з високими робочими температурами. Коефіцієнти відбивання хромованих відбивачів рівні 0,61-0,62.

Родій – метал білого кольору з рожево-блакитним відтінком, дуже стійкий до корозії і дії парів кислот, лугів та інших хімічно активних речовин, присутніх в атмосфері. Родієві покриття володіють високою відбиваючою здатністю, коефіцієнт відбивання – 0.72-0.74, і твердістю, тому їх застосовують при виробництві високоякісних відбивачів. Недоліками відбивачів з родієвим покриттям є їх висока вартість і складність виготовлення.

Нікель – метал сріблясто-білого кольору, стійкий до атмосферної корозії. Але його коефіцієнт відбивання недостатньо високий: 0,55-0,60, тому нікель часто використовується в якості підшару під хромові і родієві покриття.

На сучасному етапі для комп'ютеризованих науково-технічних розрахунків і, зокрема, виконання автоматизованого проектування світлотехнічних систем, освітлювальних установок, електротехнічних систем живлення світлових приладів найчастіше використовуються спеціальні математичні програми типу Mathematica, MatLab, Maple, Mathcad, та інші.

Найпопулярнішим математичним пакетом із вище перерахованого списку є Mathcad, який дозволяє просто освоїти обчислювальні процедури і реалізувати на них математичні моделі. До переваг роботи математичної програми Mathcad слід віднести:

- 1) математичні вирази в середовищі Mathcad записуються в їх загально прийнятому вигляді;
- 2) в середовищі Mathcad процес створення програми іде паралельно з її відлагодженням;
- 3) завдяки потужному математичному апарату можливо вирішувати проблеми без виклику зовнішніх процедур;
- 4) пакет Mathcad доповнений довідником з основних математичних і фізико-хімічних формул і констант, які можна автоматично переносити в документ без загрози занести в них спотворення;
- 5) система Mathcad обладнана засобами анімації, що дозволяє реалізувати створені моделі не лише в статиці (числа, таблиці, графіки), але і в динаміці (анімаційні кліпи);
- 6) не виходячи з середовища Mathcad, є можливість відкривати нові документи на інших серверах та користуватися тими перевагами інших технологій, які надаються Internet.

Враховуючи вище згадане для створення програм дослідження спектрів випромінювання різних джерел світла, з врахуванням коефіцієнтів відбивання матеріалів відбивачів, коефіцієнтів пропускання оптичної системи, розрахунків фотометричних тіл світлових приладів, освітленості різних площин мною використано як основний пакет прикладних програм Mathcad.

У кожному із модулів програм дослідження певних світлотехнічних характеристик є коментарі перед виконанням кожної з інформаційних, математичних процедур (створення або зчитування баз даних, побудови графіків чи іншого). Тому в тексті пояснювальної записки наведено в пункті 2.1 лише один із варіантів роботи таких програм. В електронному варіанті роботи додано програми в повному обсязі.

2.3 Висновки до розділу

Проведений аналіз методик розрахунку рівнів освітленості різних (горизонтальних, вертикальних, похилих) площин освітлювальної території спортивного майданчику 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 об'єму, варто використовувати точковий метод розрахунку освітленості.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Загальна технологічна послідовність проектування установок прожекторного освітлення.

Для досягнення цілі розрахунку прожекторної освітлювальної установки футбольного стадіону потрібно визначити:

- а) число прожекторів, які підлягають встановленню для створення на освітлюваній площині футбольного поля заданої освітленості;
- б) точні координати місця встановлення прожекторних щогл і конкретне розташування прожекторів на них;
- в) висоту встановлення прожекторів над освітлюваною поверхнею;
- г) кути нахилу прожекторів у вертикальній площині;
- д) кути повороту прожекторів в горизонтальній площині.

При розробці проектів освітлення з груповим, зосередженим розташуванням прожекторів рекомендується застосовувати наступний метод. Даний розрахунок заснований на використанні кривих однакової освітленості від одного прожектора, проте ці криві служать тільки проміжною ланкою для побудови графіків однакової освітленості від груп прожекторів. При цьому під групою прожекторів розуміють ряд прожекторів встановлених на одній і тій самій прожекторній щоглі, на однаковій висоті від рівня освітлюваної поверхні і мають один і той самий кут нахилу у вертикальній площині. Більше того, прожекторна щогла з всіма 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 нормованих освітленостей у вертикальній площині виконується тільки в тих випадках, коли така освітленість має вирішальне значення, наприклад при проведенні телевізійної трансляції футбольного матчу, охоронному освітленні, освітленні фасадів і т. д.

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.

Для обмеження засліплення від прожекторів по нормативним вимогам відношення осьової сили світла прожектора до квадрату висоти установки його над рівнем ока спостерігача не повинно перевищувати 300. Згідно з цим мінімально допустима висота установки прожекторів визначається з рівняння

$$H = \sqrt{\frac{I_{\text{макс}}}{300}} \quad (1.1)$$

або

$$H = 0.058\sqrt{I_{\text{макс}}} \quad (1.2)$$

Мінімально допустима висота установки прожекторів регламентується за умови створення на освітлюваній території освітленості, що відповідає нормам. Якщо ж на території створюється більша освітленість, ніж цього потребують норми, то можна, зберігаючи ті ж умови видимості, дещо скоротити мінімально допустиму висоту установки прожекторів.

При зниженні висоти установки прожекторів до значення H_1 освітленість, яка при цьому повинна бути створена, за дослідженнями В. В. Мешкова може бути з достатньою для практики точністю визначена за формулою

$$E \geq \frac{E_H}{H_1} \sqrt{3.33 \cdot 10^{-3} I_{\max}} \quad (1.3)$$

де E_H – освітленість, що вимагається нормами, лк; H_1 – прийняте значення висоти установки прожекторів, м.

Остаточний вибір висоти установки прожекторів проводиться комплексно, причому, крім фактора засліпленості, враховуються ще й місцеві умови, наприклад наявність висотних об'єктів, на яких можна встановити прожектори, а також умови, виникнення тіней і необхідні співвідношення вертикальної та горизонтальної освітленості. Слід мати на увазі, що при збільшенні висоти установки прожекторів освітленість збільшується в горизонтальній площині і зменшується у вертикальній.

Ясно, що і економічна сторона питання має істотне значення. Вартість прожекторних щогл різко зростає із збільшенням їх висоти.

При зміні кута нахилу прожектора (кута між напрямом оптичної осі прожектора і горизонтом) значно змінюються освітленість, форма і площа світлової плями.

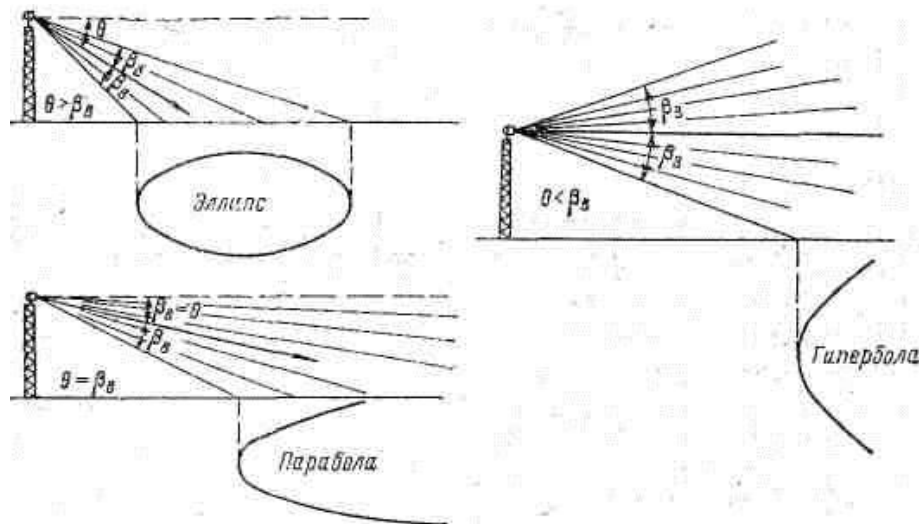


Рис. 1 Зміна форми світлової плями в залежності від кута нахилу прожектора

Світлова пляма при куті нахилу прожектора θ , перевищує половину кута розсіяння у вертикальній площині ($\theta > \beta_v$), має еліптичну форму (рис. 1), при рівності кутів θ і β_v – параболічну і при $\theta < \beta_v$ – гіперболічну. Коефіцієнт використання світлового потоку в першому випадку буде найбільшим, так як весь світловий потік прожектора в межах кута

розсіювання потрапляє на освітлювану поверхню. Однак з цього не слід робити висновок про непридатності застосування малих кутів нахилу, так як в деяких випадках, наприклад для освітлення далеко розташованих об'єктів або для створення освітленості у вертикальній площині, таке рішення буде раціональним.

3.2 Технологічні особливості розташування щогл і світлових приладів

Прожектори встановлюються звичайно на спеціальних прожекторних майданчиках, що монтуються на щоглах, як показано на рис. 3.1.

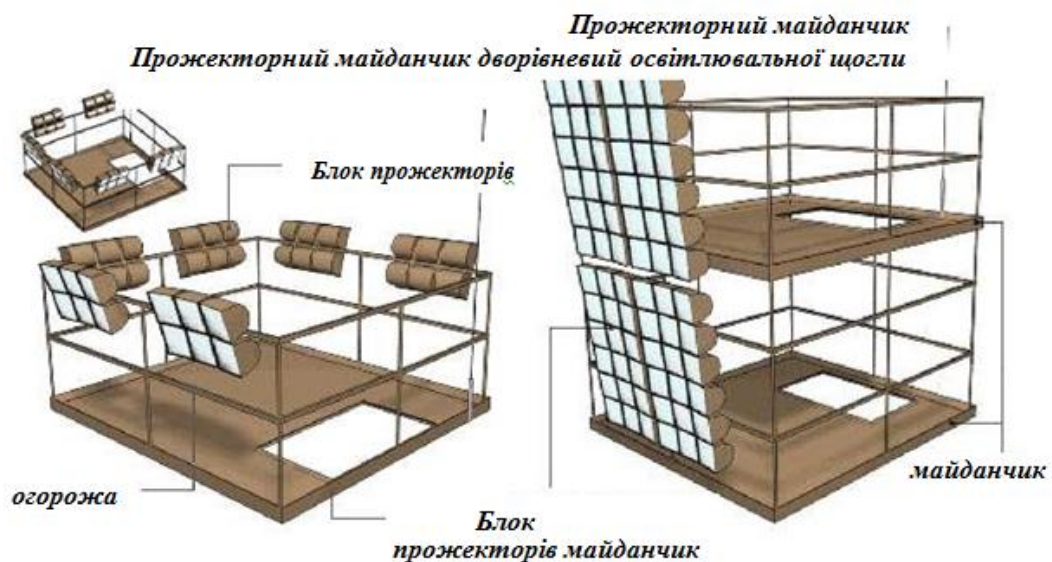


Рисунок 3.1

Схеми прожекторних майданчиків

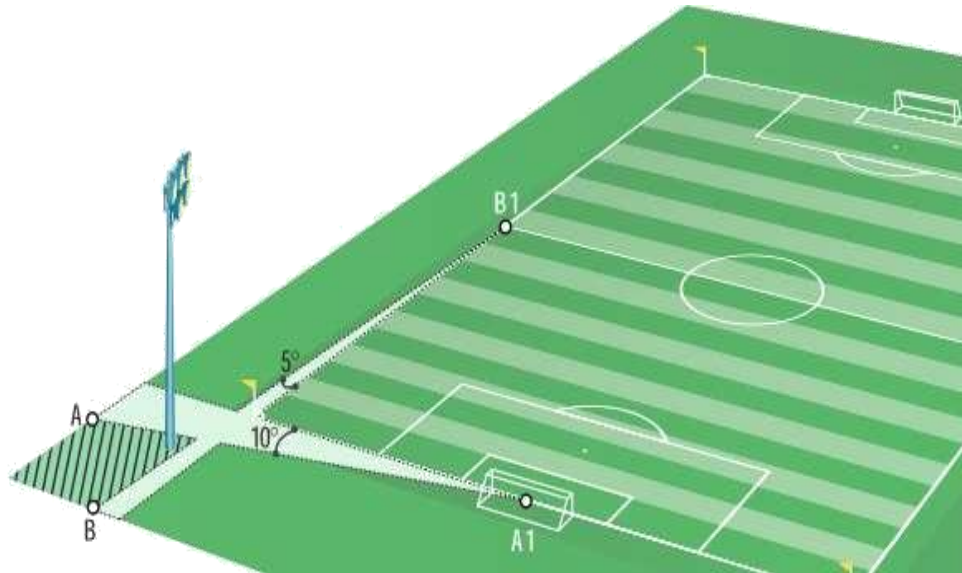


Рисунок 3.2

Розміщення кутових щогл

Створення нормованої освітленості в даному випадку забезпечується за рахунок освітлення прожекторами кожної щогли чверті ігрового поля, суміжної з щоглою.

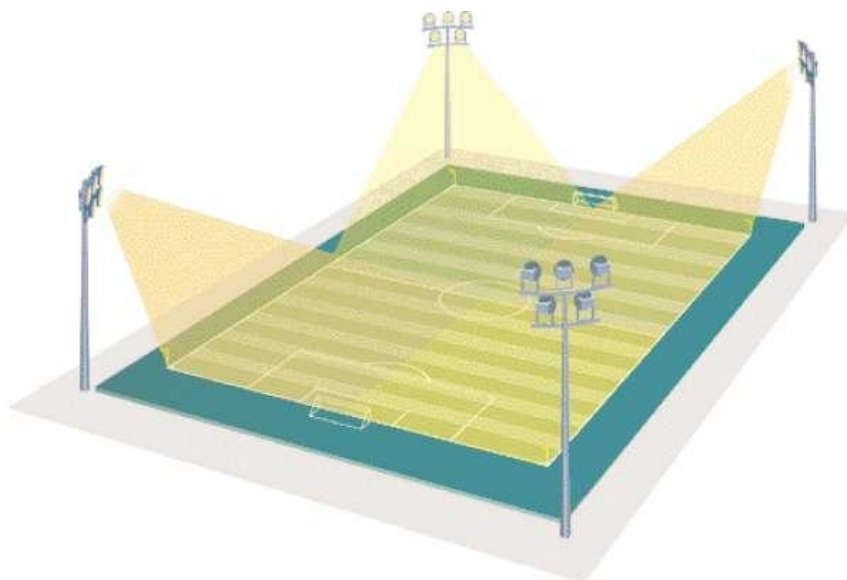


Рисунок 3.3

Спрямування світлового потоку прожекторної батареї, кожної із 4 щогл

Кутові щогли слід розташовувати за межами області спостереження гравців і близько до даних цільових і дотичних ліній. Розміщувати кутові щогли потрібно під кутом не менше 10 градусів за гольовою лінією і не

менше 5 градусів до дотичних ліній.

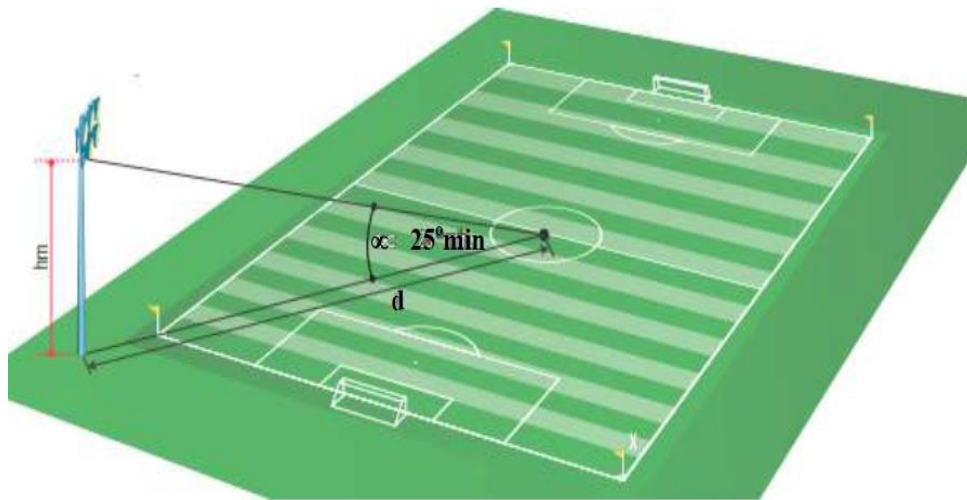


Рисунок 3.4

Розрахунок мінімальної висоти встановлення прожекторної батареї

3.3. Бічне розташування щогл біля футбольного стадіону

Для бічних освітлювальних установок можна використовувати нижчі щогли, ніж при їх кутовому розташуванні. Конфігурації, що найчастіше використовуються, – 4, 6 і 8 щогл.

Чотирьохщоглові бічні ОУ в порівнянні з ОУ кутового розташування створюють комфортніші умови спостереження для глядачів. Контроль заливаючого світла від чотирищоглової установки проводити набагато простіше, ніж від шести- або восьмищоглової ОУ. Це є їх безперечною перевагою.

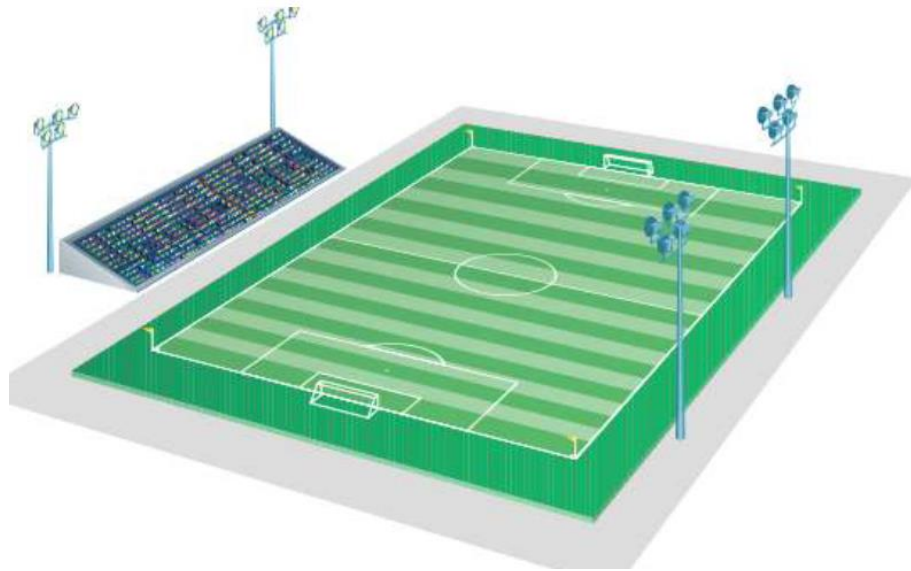
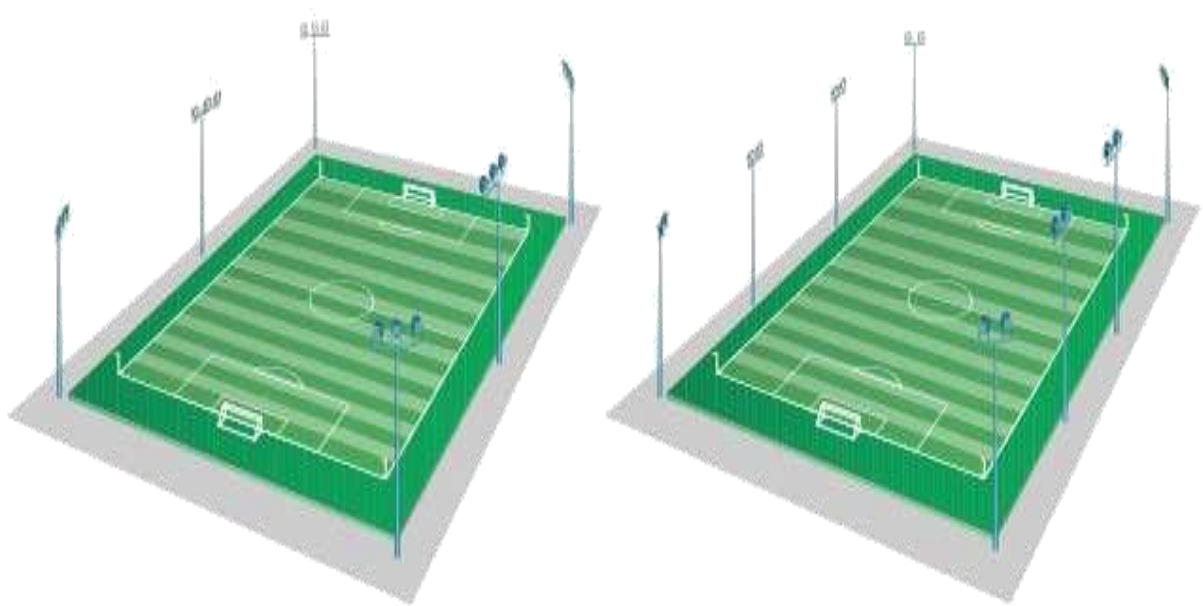


Рисунок 3.5

Чотирищоглова установка



А)

Б)

Рисунок 3.6

Шести (А) і восьми (Б) щоглові установка

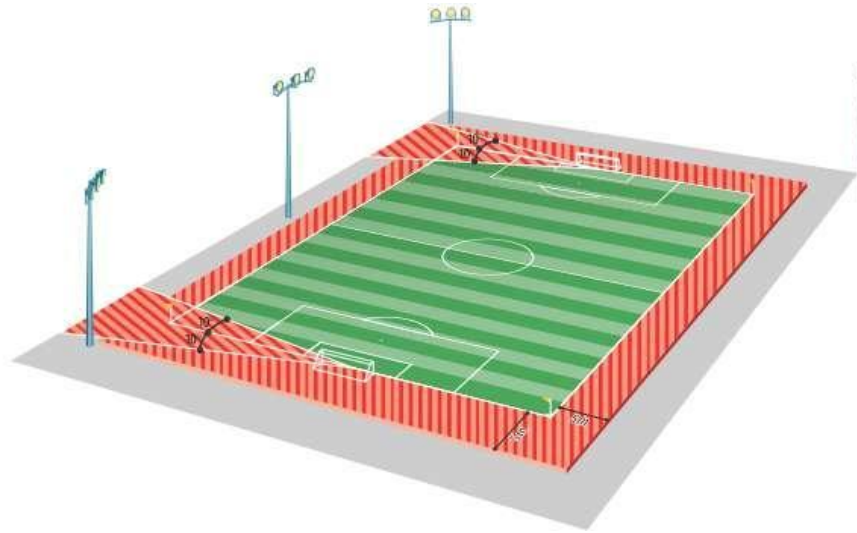


Рисунок 3.7

Допустиме розташування бічних щогл

Шести і восьми щоглові системи можна використовувати для мінімізації ефектів заливаючого світла при зниженні висоти. Щогли дозволяється встановлювати за глядацькими трибунами. Щогли в даному випадку слід розміщувати під кутом не менше 10 градусів до лінії воріт, забезпечуючи воротарю необмежений огляд у напрямі до кутового прапорця.

3.4. Технологія моделювання освітлювальної установки 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 , 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 проекції 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 10x20м. 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:

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

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

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

Для спрощення подальших математичних розрахунків задано точки матрицями:

$$S1 := \begin{bmatrix} xs1 \\ ys1 \\ zs1 \end{bmatrix}; H1 := \begin{bmatrix} xh1 \\ yh1 \\ zh1 \end{bmatrix}; P1 := \begin{bmatrix} xp1 \\ yp1 \\ zp1 \end{bmatrix}; Q1_{q,r,k} := \begin{bmatrix} xq_q \\ yq_r \\ zq_k \end{bmatrix}.$$

Необхідно відмітити що координати $xh1 = xs1$, а $yh1 = ys1$.

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

$$\begin{aligned} A1 &= yp1 - ys1 \\ B1 &= -xp1 + xs1 \\ C1 &= 0 \\ D1 &= (-yp1 + ys1)xs1 + ys1 \cdot (xp1 - xs1) \\ N1 &:= \begin{bmatrix} A1 \\ B1 \\ C1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

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 M_1 лежить на нормалі до площини $S_1N_1P_1$, яка рпоходить через точку Q_1 , то можна записати рівняння такої нормалі в канонічній формі з використанням координат точок M_1 та Q_1 :

$$\frac{x_{m_1} - x_{q_1}}{A_1} = \frac{y_{m_1} - y_{q_1}}{B_1}$$

З першої і третьої умови слід розв'язати лише систему рівнянь:

Для розв'язання цієї системи задаємо рівняння прямої Q_1M_1 в параметричній формі:

$$\frac{x_{m_1} - x_{q_1}}{A_1} = \frac{y_{m_1} - y_{q_1}}{B_1} = t$$

$$Q_1M_1: \begin{cases} x_{m_1} = A_1 t + x_{q_1} \\ y_{m_1} = B_1 t + y_{q_1} \end{cases}$$

Підставляємо отримані координати точки M_1 в рівняння площини $S_1N_1P_1$ і розв'язуємо це рівняння відносно параметра t , а саме:

$$(A_1 t + x_{q_1})A_1 + (B_1 t + y_{q_1})B_1 + D_1 = 0$$

Після математичних перетворень одержимо:

$$t = -\frac{A_1 x_{q_1} + B_1 y_{q_1} + D_1}{A_1^2 + B_1^2}$$

Знайшовши параметр t , знаходимо координати точки M_1 :

$$x_{m_1} = A_1 \left(-\frac{A_1 x_{q_1} + D_1}{A_1^2 + B_1^2} \right) + x_{q_1}$$

$$y_{m_1} = B_1 \left(-\frac{A_1 x_{q_1} + D_1}{A_1^2 + B_1^2} \right)$$

Визначаємо кути відхилення α_1 і β_1 від оптичної осі світлового приладу та кут θ_1 між напрямком S_1Q_1 та нормаллю до площини XOZ .

Для цього задамо відрізки векторно:

$$\overrightarrow{S_1P_1} := (\overline{P_1 - S_1})$$

$$\overrightarrow{S_1M_1} := (\overline{M_1 - S_1})$$

$$\text{Отже } \cos \alpha_1 = \frac{\overrightarrow{S_1P_1} \cdot \overrightarrow{S_1M_1}}{|\overrightarrow{S_1P_1}| \cdot |\overrightarrow{S_1M_1}|}$$

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:

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

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

Тоді кут $\alpha1$ з врахуванням знаку можемо одержати з виразу:

$$\alpha1 := \text{if} \left[\psi \geq \varphi, \arccos \left(\frac{\overrightarrow{S1P1} \cdot \overrightarrow{S1M1}}{|\overrightarrow{S1P1}| \cdot |\overrightarrow{S1M1}|} \right), \arccos \left(\frac{\overrightarrow{S1P1} \cdot \overrightarrow{S1M1}}{|\overrightarrow{S1P1}| \cdot |\overrightarrow{S1M1}|} \right) \right]$$

Для обчислення $\beta1$ задамо векторно відрізок $S1Q1$:

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

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

Визначаємо кут $\theta1$ між напрямком $S1Q1$ та нормаллю до площини XOZ .

Для цього $Q1S1$ задамо у векторній формі:

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

Нормаль до площини XOZ має вигляд:

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

$$\theta = \arccos \left[\frac{\overrightarrow{Q1S1} \cdot \overrightarrow{N1Q1}}{|\overrightarrow{Q1S1}| \cdot |\overrightarrow{N1Q1}|} \right] = \theta(x_{q1}; x_s; y_s; z_{q1}; z_s)$$

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 спортивного майданчику, написану по алгоритму, що розглянутий цьому пункті, реалізовано в середовищі «MathCad».

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Конструкторський аналіз вихідних і нормативних даних для системи освітлення футбольного поля

Жорсткі вимоги до освітлення повинні виконуватися не тільки на тих об'єктах, де проводяться міжнародні змагання з телетрансляцією, але і на будь-яких майданчиках, призначених для занять спортом. Система освітлення повинна забезпечувати безпеку як гравців, так і глядачів в залі, освітлення проходів і виходів в аварійних ситуаціях, спортсменам, суддям, персоналу, глядачам і телеглядачам, можливість добре бачити спортивний майданчик, ігрові предмети, простір, що оточує ігрову зону. При цьому необхідно забезпечити комфортність зорового сприйняття – зокрема, уникати засліплюючої дії світла.

Отже, метою штучного освітлення є створення умов хорошої видимості для тих, хто використовує спортивний стадіон. До списку користувачів належать:

- гравці, судді й офіційні особи (якісне освітлення сприяє максимально повному прояву їх професійних якостей);
- глядачі на майданчику (освітлення дозволяє стежити за тим, що відбувається навіть з найвіддаленіших від об'єкту спостереження місць).

Виходячи з нормативних даних норм освітленості футбольного поля, перед виконанням кваліфікаційної роботи ставилося завдання спроектувати ОУ, яка б створювала значення освітленості на спортивному об'єкті з наступними параметрами:

$$E_{\text{гор}} = 1000-2000 \text{ лк};$$

$$E_{\text{верт}} = 500-1000 \text{ лк}.$$

Обумовлювалися значення коефіцієнтів нерівномірності освітлення:

$k1 = E_{\min} / E_{\max} \geq 0.3$ (відношення мінімальної до максимальної горизонтальної освітленості майданчика на висоті 1 м над поверхнею трав'яного газону чи штучного покриття футбольного поля);

$k2 = E_{\min} / E_{\text{midl}} \geq 0.35$ (відношення мінімальної до середньої горизонтальної освітленості на тій же висоті);

$k3 = E_{\text{midl}} / E_{\max} \geq 0.35$ (відношення середньої до максимальної горизонтальної освітленості аналогічно).

4.2 Вибір світлових приладів та їх технічні характеристики

З великої кількості вибору можливих світлових приладів для проекту пропонується застосовувати:

1. Прожектор типу ГО 04-150-002 з несиметричною оптикою;
2. Прожектор типу NL-DEC-30;
3. Світильника типу НПП-01-60.

У наступних пунктах даного параграфу, коротко зупинюся на світлотехнічних та електротехнічних характеристиках вище перелічених прожекторів та світильників, за якими вони мають переваги перед аналогічними.

Параметри прожектора ГО 04-150-002 з несиметричною оптикою. Прожектор виготовлений з алюмінієвого сплаву методом лиття під тиском з порошковим покриттям, відбивач світильника виготовлений з високоякісного алюмінію світлотехнічного призначення ALANOD, захисне скло силікатне загартоване, ущільнююча прокладка з кремнійорганічної гуми, ліра для кріплення на опорну поверхню зроблена із сталі з порошковим покриттям, зі спеціальною шкалою для точної установки кута нахилу прожектора.

Прожектор рекомендується встановлювати на опорну поверхню, також допускається установка на поверхню з нестандартних матеріалів. Для підключення та обслуговування потрібно вивернути два гвинти, що

з'єднують корпус і рамку зі склом, повернути рамку на 90° . Це забезпечить доступ до лампи з патроном і відсіку ПРА і клемної колодки.

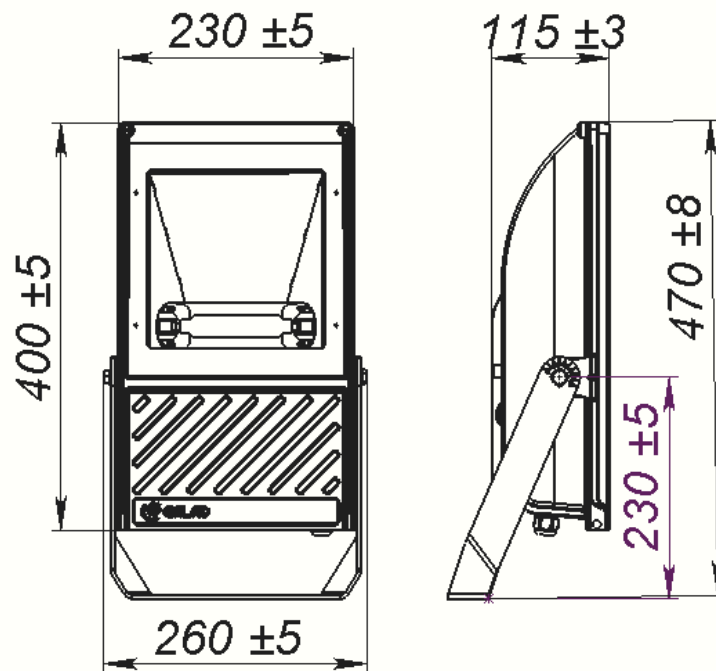


Рис 4.1

Геометричні розміри прожектора ГО 04-150-002

Основні електротехнічні характеристики даного світлового приладу наступні.

Номінальна потужність – 1000 Вт (номінальна потужність лампи, що використовується в прожекторі).

Напруга мережі – 220 ($\pm 10\%$) В (номінальна напруга мережі вказана з діапазоном, у якому світловий прилад гарантовано працює стабільно. Даний діапазон повністю задовольняє ГОСТ 13109-97).

Частота живлення – 50 ($\pm 10\%$) Гц (стандартна промислова частота напруги в нашій країні та країнах Європи, діапазон допустимих значень повністю задовольняє ГОСТ 13109-97).

Коефіцієнт потужності – не менше 0,85. Це відношення активної і повної електричної потужності світлового приладу. Характеризує додаткові втрати в мережі при електроживленні. Чим ближче його значення до 1, тим менше втрат.

Клас захисту від ураження електричним струмом дорівнює 1 (згідно ГОСТ 61140 (крім робочої ізоляції струмоведучих частин, на приладах є спеціальна клемма для підключення заземлюючого провідника).

Споживана потужність – 1,15 кВт (активна потужність прожектора з урахуванням втрат в ПРА при стандартних умовах).

Основні світлотехнічні характеристики.

Світловий потік – 12500 лм.

Коефіцієнт корисної дії 79%, «кількісна оцінка ефективності світлового приладу. ККД дорівнює відношенню світлового потоку прожектора до світлового потоку використовуваної лампи» (за даними ГОСТ 13109-97). Чим вищий ККД, тим нижчі втрати світла в оптичній системі світлового приладу.

Діапазон кольорової температури (T_K) 2800-6500 К (визначається використовуваною лампою). Значення кольорової температури прийнято використовувати для якісної характеристики кольоровості випромінювання.

Індекс кольоропередачі Ra 60-95 (також визначається використовуваною лампою). Значення індексу передачі кольору показує, наскільки природно будуть сприйматися об'єкти, освітлені даним джерелом світла, у порівнянні з еталонним. В якості еталонних джерел світла у світлотехніку використовують природний денне світло D65 і світло лампи розжарювання. Максимально можливе значення індексу передачі кольору 100.

Тип кривої сили світла (КСС) – асиметрична. За ГОСТ 17677-82 визначає розподіл світлового потоку в просторі, тобто куди і з якою силою світла спрямовується світловий потік.

Експлуатаційні характеристики.

Тип джерела світла – ДРІ. В даному світильнику використовується металогалогенні лампа HSI-TS 250/830 WDL PB.

Кількість основних джерел світла – 1.

Патрон – RX7s. Термін «патрон» означає виріб, що виконує фіксацію джерела світла і його електричне з'єднання з джерелом живлення.

Даний патрон призначений для металогалогенних ламп з подвійним цоколем.

Спосіб установки світильника – на лірі. Світильник забезпечений спеціальною лірою для установки на опорну поверхню.

Кліматичне виконання – УХЛ1. По даних ГОСТ 15150-69. Температура експлуатації від -60°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Світильник призначений для роботи на відкритому просторі.

Ступінь захисту оптичного блоку – IP 65. За міжнародним стандартом IEC 60529, а також DIN 40050, ГОСТ 14254-96. Значення чисел: 6 – світильник повністю пилонапроникний, 5 – світильник захищений від водяних потоків з будь-якого напрямку.

Тип ПРА – ЕМПРА (пускорегулюючий апарат – пристрій, необхідний для запалювання та стабільної роботи газорозрядних ламп. ЕМПРА – найбільш широко використовуваний, надійний і дешевий тип ПРА).

Маса – 7,2 кг (найбільша можлива маса світильника в повній комплектації).

Габарити – 470 x 110 x 270 мм (максимальні розміри світильника довжина, ширина, висота).

Термін служби світильника – 10 років (згідно ГОСТ Р 54350-2011, ГОСТ 8607-82 і ГОСТ 15597-82).

Гарантійний термін – 24 міс (гарантійний термін світильника відповідає вимогам ГОСТ 17677-82).

Переваги:

Довговічність: металеві деталі захищені порошковим покриттям і стійкі до агресивного середовища Стабільність характеристик: відбивач оброблений електрохімічною поліруванням і анодуванням, захищений від окислення і корозії. Стійкість до УФ випромінювання: захисне скло зберігає незмінний коефіцієнт пропускання. Високий ступінь захисту від впливу навколишнього середовища IP65: світильник пило- та вологонепроникний Відповідає європейським нормам електромагнітної сумісності.

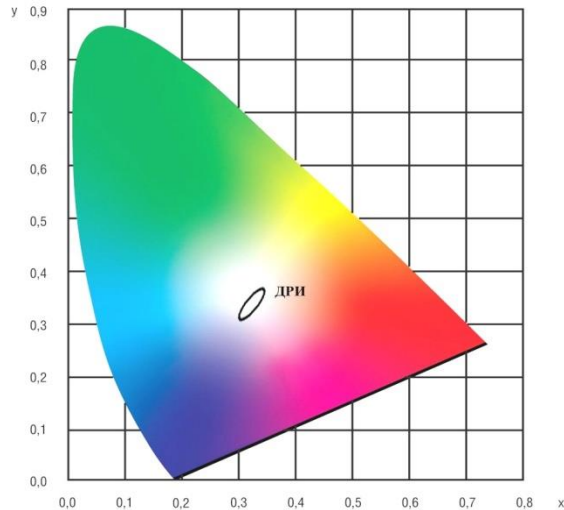


Рис 4.2

Діаграма кольоровості випромінювання прожектора
(враховано спектральний склад випромінювання джерела світла
та коефіцієнт відбивання матеріалу відбивача)



Рис 4.3

Зовнішній вигляд прожектора NL-DEC-30

На центральних щоглах розміщуємо світлодіодні прожектори NL-DEC-30. Устаткування прикріплюється за допомогою скоби, що дозволяє просто змінювати напрямок світлового потоку прожектора. Ціна світлодіодного прожектора NL-DEC-30 доступна для самого скромного бюджету. Його особливості: висока енергоефективність; корпус – литий під тиском з алюмінієвого сплаву, покритий антикорозійною емаллю; захисне скло – силікатне загартоване; висока яскравість освітлення, достатня передача кольору; термін служби – 50 000 годин; ступінь захисту IP65.

4.3 Визначення висоти щогли при поперечному розташуванні

Висоту щогл слід вибирати так, щоб кут, утворюваний між поверхнею ігрового поля і його поздовжньою центральною лінією та найнижчим кутом охоплення складав ≥ 25 ($h_m = d \cdot \text{tg} \alpha$). Використання щогли менше 15м не рекомендується внаслідок зростання зорового дискомфорту, характерного для нижчих щогл.

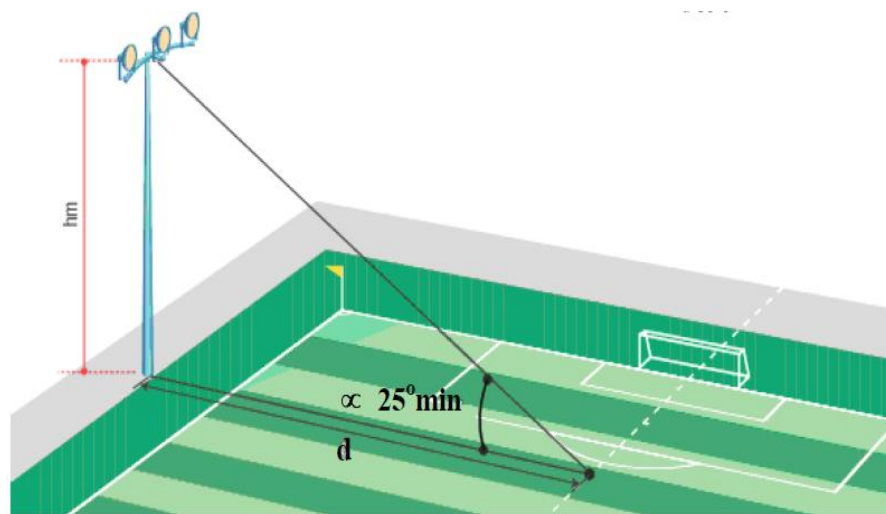


Рис. 4.5

Визначення мінімальної висоти щогли

4.4 Розрахунок максимального кута нахилу прожектора

Кут підйому світильників прожекторного типу не повинен перевищувати 70 відповідно до обмеження засліплюючої дії та наявності заливаючого світла за межами безпосередньої площі футбольного поля.

Відповідно до вимог до освітлення найважливішим параметром є висота щогли, яка повинна бути гранично збільшена.

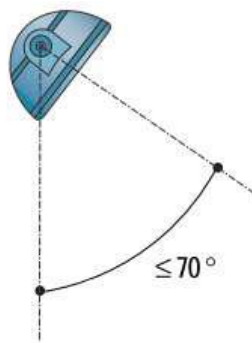


Рис. 4.6

Визначення кута нахилу оптичної осі
(максимальної сили світла прожектора)

Для освітлення спортивного майданчику ми використовуємо шестищоглову систему розміщення прожекторів (рис 3.7).

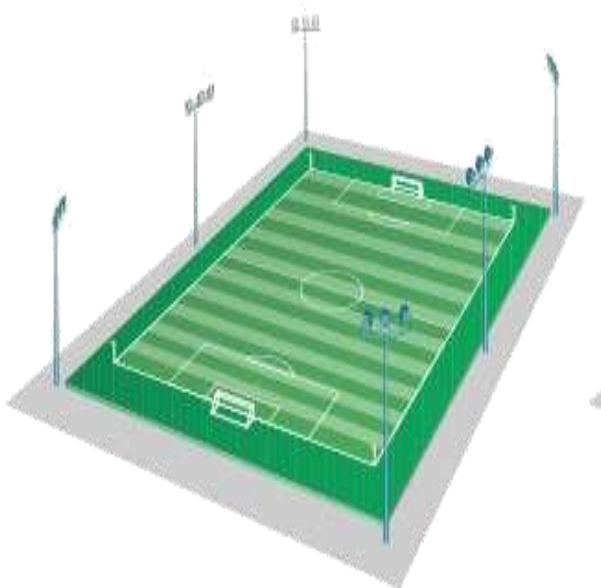


Рис 4.7

Шестищоглова конфігурація розташування прожекторних батарей

Оскільки економічна ситуація в країні напружена і фінансування місцевих бюджетів обмежене розміщення щогл є економічно не вигідним, тому пропонується розмістити світлові прилади ОУ на сталевих опорах загорожувальної сітки майданчика на висоті 4,2 м. Це максимальна висота, на якій можна розташовувати площадку для світильників, з врахуванням парусності опор.

4.8 Висновки до розділів 3, 4

За результатами експериментальних та теоретичних досліджень можна зробити висновки:

- розміщення світлових приладів прожекторного типу на щоглах біля футбольного стадіону 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 футбольного поля 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 Захист електричних мереж та вибір апаратів захисту

За ПУЕ всі електричні мережі повинні мати захист від великого струму (короткого замикання та струмового перенавантаження). Захист забезпечує найменший час вимкнення мережі та вимогу селективності. Захист електричних мереж здійснюється запобіжниками або автоматичними вимикачами.

Апарат захисту автоматично вимикає електричну мережу та захищає її при аномальних режими. Запобіжники мають обмежене застосування та використовуються в шафах та щитках старої конструкції.

Автоматичні вимикачі найбільш розповсюджені. Вони мають теплові та електромагнітні реле. Теплові роз'єднувачі добре захищають від перенавантаження. А електромагнітні швидко та надійно вимикають мережу при великих струмах короткого замикання.

Апарати захисту треба розташовувати в доступних для обслуговування місцях. Щоб не було можливості їх ушкодження. Їх встановлюють у місцях приєднання мережі до джерела живлення, на вводах в будівлях, в групових щитках, у місцях зменшення провідності перерізу.

Захисні апарати встановлюються на всі нормально не заземлені фазах чи лініях. Для захисту освітлювальної мережі використовуються апарати з тепловими чи комбінованими перемикачами. Крім того в мережах, що живлять розетки передбачають додатковий захист устаткуванням захистного вимкнення (УЗО).

Для живильної та розподільчої мережі приміщень споруди футбольного стадіону пропонується вибрати чотириполюсні автоматичні вимикачі з комбінованим розщепленням типу S264-B, S264-D та S284-D. Для групової мережі двухполюсні автоматичні вимикачі типу S262-C та S192-C.

Характеристики апаратів захисту електричних мереж на різних ділянках приміщень футбольного стадіону подані в табл.5.1.

Таблиця 5.1 Вибір апарату захисту на ділянках мережі живлення, розподільчої та групової мережі.

Ділянка	Іроз, А	І АЗ,А	Тип апарату захисту
АБ	685.154	750	S 191-С
БВ	91.893	94	S 264-В
ВГ	80.256	82	S 264-В
ГД	69.347	70	S 264-В
ДК	52.537	63	S 264-В
КЛ	14.231	16	S 264-В
БМ	61.17	63	S 264-В
МН	41.45	50	S 264-В
НО	29.223	32	S 264-В
ОП	16.562	20	S 264-В
БР	47.901	50	S 264-В
РС	37.308	40	S 264-В
СТ	25.281	32	S 264-В
ТУ	9.72	10	S 264-В
БФ	4.57	13	S 264-В
ФХ	6.831	8	S 264-С
ХЦ	3.008	4	S 264-С

5.2 Електротехнічний розрахунок групових щитків мережі живлення освітлювальної установки футбольного стадіону

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

Розрахунок потужності ОЩ-1.1.

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

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

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

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

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

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

Розрахунок приведених моментів.

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

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

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

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

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

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

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 мережі живлення та розподільчих мереж окремо по ділянках.

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

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

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

Визначаємо поперечні перерізи кабельно-провідникових виробів мережі живлення та розподільчих мереж.

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

$$S_{\text{стАБ}} = 16 \text{ мм}^2$$

Визначаємо спад напруги та струм на ділянці АБ.

$$U_{\text{АБ}} = \frac{M_{\text{АБ}}}{c * S_{\text{стАБ}}} = \frac{1825}{72 * 16} = 1,58 \text{ %;}$$

$$U_{\text{Б}^*} = \Delta U - U_{\text{Б}} = 5 - 1,58 = 3,42 \text{ %;}$$

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

$$I_{\text{дд1}} = 16 \text{ А.}$$

Аналогічні розрахунки проводяться на двох інших ділянках БВ та АВ (у пояснювальній записці їх не наводжу).

Результати електротехнічних розрахунків параметрів групових щитків зведено у таблиці 5.2.

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 5.2, 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 5.2, продовження.

Ділянка	група	P,кВт	m,кВт*м
ОЩ1.3	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
		$\Sigma P=10.17$	$\Sigma m=604.55$

5.3 Керування мережею живлення освітлювальної установки приміщень футбольного стадіону

Способи керування освітленням, тобто його вмиканням та вимиканням, вибирають з врахуванням зручності експлуатації, простоти та економічності. Завжди необхідно враховувати наявність природного освітлення і характер його використання. В залежності від забезпечення зон

приміщення природним освітленням вирішується, якими частинами повинно вимикатися штучне. Апарати керування рекомендується встановлювати в місцях, зручних для використання, а також в найбільш сприятливих умовах середовища; інколи для цього передбачається спеціальне приміщення.

Способи керування освітленням поділяються на чотири види: місцеве, централізоване, дистанційне та автоматичне керування.

Місьцеве керування використовується для невеликих приміщень та виконується вимикачами, перемикачами або іншими простими апаратами. Прилади керування розміщують біля входів в приміщення зі сторони дверної ручки або всередині приміщення на висоті близько 1,5 метри від підлоги. Поза приміщеннями вимикачі встановлюють, якщо всередині умови середовища гірші, ніж зовні, а також для приміщень, що часто знаходяться зачиненими.

В великих приміщеннях краще централізоване керування, що здійснюється з групових щитків автоматами, що захищають групові лінії. Якщо ж експлуатація допускає вмикання освітлення всього приміщення одночасно, то для цього можна використовувати ввідні апарати на щитках або апарати на початку живильних ліній.

Дистанційне керування здійснюється магнітними пускачами або контакторами, встановленими на щитах станції керування, ввімкненими в ланки ліній живильною освітлювальною мережею. В пункті керування передбачається сигналізація стану освітлення, що живиться через кожний з пускачів чи контакторів.

При автоматичному керуванні вмикання та вимикання штучного освітлення створюється без участі людини в залежності від зміни освітлювальних умов, що створюються в приміщеннях штучним освітленням, або по підсумковому добовому графіку. Для місцевого освітлення використовуються індивідуальні вимикаючі апарати, що встановлюються на робочих місцях.

6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Поняття рентабельності

Рентабельність є однією з базових економічних категорій економіки. Пояснення терміну "рентабельність" не викликає різних думок, оскільки під ним розуміється відношення, в чисельнику якого завжди фігурує прибуток. Рентабельність прибутку визначається як відношення прибутку до капіталу (активів), рентабельність витрат – як відношення прибутку до собівартості (витрат), рентабельність продаж відношення прибутку до ціни (виручки від реалізації).

При розрахунках показників рентабельності також виходять з різних величин, що складають прибуток, – балансовий прибуток, прибуток від реалізації, чистий прибуток.

Показники рентабельності є відносними характеристиками фінансових результатів та ефективності діяльності підприємства. Вони вимірюють доходність підприємства з різних та групуються в співвідношенні інтересами учасників економічного процесу, ринкового обміну.

Показники рентабельності є важливими характеристиками факторного середовища формування прибутку (та доходу) підприємства. З цієї причини вони є обов'язковими елементами порівняного аналізу та оцінки фінансового стану підприємства.

При аналізі виробництва, показники рентабельності можна об'єднати в наступні групи:

- 1) показники рентабельності продукції;
- 2) показники рентабельності капіталів (активів);
- 3) показники, розраховані на підставі потоків власних грошових коштів.

6.2 Розрахунок економічної ефективності при експлуатації нового обладнання

При визначенні економічного ефекту повинно бути забезпечено порівняння варіантів нової і базової техніки за такими показниками:

1. За об'ємом продукції, яка виробляється з допомогою нової техніки (роботи).
2. По якісних параметрах.
3. Фактором часу.
4. Соціальних факторах виробництва і використанні продукції, яка впливає на навколишнє середовище.

Існує два види економічного ефекту:

1. Від створення нових (вдосконалених) світлотехнічних виробів з покращеними техніко-економічними показниками і монтажньо-експлуатаційними характеристиками. Величина економічного ефекту від використання цих виробів визначається в сфері експлуатації.
2. Від впровадження заходів технічного прогресу на підприємстві.

Розрахунок економічного ефекту від виробництва нового (вдосконаленого) світлотехнічного виробу проводиться за формулою:

$$E = C_{\delta} \cdot a - (C_n + E_n \cdot \Delta K) + \frac{U'_{\delta} - U'_n + E_n (K'_{\delta} - K'_n)}{P_{ам} + E_n}, \quad (6.1)$$

де E – економічний ефект від виробництва і використання одиниці нового (вдосконаленого) світлотехнічного виробу, грн.;

C_{δ} – ціна одиниці базового виробу скорегованого із врахуванням фактичних (планових) затрат, які відповідають другому (або третьому) року впровадження нових виробів і встановленого нормативу рентабельності;

a – коефіцієнт еквівалентності одиниці нового (вдосконаленого) виробу до базового із врахуванням продуктивності (роботи) і довговічності.

$$a = a_1 \cdot a_2;$$

$$a_1 = \frac{\Phi_{лн} \cdot \eta_n}{\Phi_{лб} \cdot \eta_b}, \quad (6.2)$$

де a_i – коефіцієнт, який враховує ріст продуктивності (роботи) одиниці нового (вдосконаленого) освітлювального виробу порівняно з базовим;
 $\Phi_{лн}, \Phi_{лб}$ – світлові потоки у новому і базовому світильниках, лм;
 η_n, η_b – ККД нового і базового світильника;
 a_2 – коефіцієнт, що враховує термін служби базового виробу порівняно з новим;

$$a_2 = \frac{1/T_b + E_n}{1/T_n + E_n}, \quad (6.3)$$

де T_b, T_n - термін служби базового і нового (вдосконаленого) приладу і враховується в тих випадках, коли зміна цих параметрів обумовлена вимогами замовника і ці параметри нормуються нормативно-технічною документацією;

Π_n - нижня межа ціни нового виробу, яка визначається виходячи із собівартості його виробництва в умовах другого (або третього) року і встановленого нормативу рентабельності, грн.;

$P_{ам}$ - доля (коефіцієнт) відрахувань на амортизацію при використанні споживачем одиниці базового і нового (вдосконаленого) виробу. Розраховується як величина обернена до терміну служби з врахуванням морального зношення;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (0,15);

ΔK – питомі додаткові капітальні затрати (грн.), що пов'язані із створенням і організацією виробництва нового (вдосконаленого) виробу, куди включаються також інші одноразові витрати, які потрібні для створення і освоєння виробництва нової техніки порівняно із середніми питомими затратами для даної групи продукції. Розраховуються на одиницю виробу, виходячи із об'ємів

випуску нових виробів у розрахунковому році (на другому або третьому році серійного виробництва);

U'_o, U'_n – річні поточні витрати у споживача без врахування відрахувань на амортизацію при використанні відповідно базового і нового, а також виробів в розрахунку на об'єм роботи при використанні нового виробу.

Річні поточні витрати визначаються за формулою:

$$U' = C_e + C_l + C_q, \quad (6.4)$$

де C_e – вартість спожитої електроенергії, грн.;

C_l – вартість ламп, що заміняються, грн.;

C_q – вартість чисток і обслуговування, грн.

Вартість споживаної електроенергії розраховується за формулою:

$$C_e = n_l \cdot P_l \frac{1}{\eta} K_{мер} \cdot T_p \cdot C_e, \quad (6.5)$$

де n_l – кількість ламп в освітлювальному приладі, шт;

P_l – потужність однієї лампи, кВт;

η – коефіцієнт потужності понижувального трансформатора;

$K_{мер}$ – коефіцієнт, що рахує втрати потужності в мережах при різних рівнях напруги і коефіцієнтах потужності;

T_p – кількість годин роботи освітлювального приладу за рік, год.;

C_e – вартість 1кВт години електроенергії, грн.

При використанні в освітлювальному приладі електричної схеми "розрядна лампа – баласт" у вище приведеній формулі враховуються втрати потужності баласту і формула підрахунку вартості споживаної електроенергії матиме вигляд:

$$C_e = n_l (P_l + P_o) \cdot K_{мер} \cdot T_p \cdot C_e, \quad (6.6)$$

де P_o – втрати потужності в баласті, Вт.

При визначенні вартості електроенергії в базовому освітлювальному приладі його вираз потрібно помножити на коефіцієнт еквівалентності "а".

Вартість ламп, які замінюються в освітлювальних приладах розраховується за формулою:

$$C_l = n_l K_{л.з} (C_l + C_з), \quad (6.7)$$

де n_l – кількість ламп в освітлювальному приладі, шт.;

$K_{л.з}$ – коефіцієнт заміни ламп, який дорівнює відношенню числа годин використання світлової установки в рік (T_p) до строку служби лампи (T_l),

$$K_{л.з} = \frac{T_p}{T_l}, \quad (6.8)$$

де C_l – ціна одної лампи, грн.;

$C_з$ – питома вартість заміни лампи із врахуванням складності доступу до ламп світильника,

$$C_з = A_d \cdot C'_з, \quad (6.9)$$

де A_d – коефіцієнт, що враховує складність доступу до ламп;

$C'_з$ – питома вартість заміни лампи без врахування складності доступу грн/шт.

При визначенні вартості заміни ламп базового освітлювального приладу вираз $C_з$ потрібно помножити на коефіцієнт еквівалентності “а”.

Річна вартість чисток світильника для промислових підприємств, громадських і адміністративних приміщень розраховується за формулою:

$$C_{оч} = n_ч \cdot C'_{оч}, \quad (6.10)$$

де $n_ч$ – кількість чисток в рік у відповідності з вимогами будівельних норм і правил [10] по проведенню планово-запобіжних ремонтів залежно від категорії оточуючого середовища і приміщення;

$C_{оч}$ – вартість однієї чистки із врахуванням складності доступу до ламп світильника, грн.;

$$C_{оч} = A_d C'_{оч}, \quad (6.11)$$

де $C'_{оч}$ – вартість однієї чистки без врахування складності доступу до ламп світильника, грн.

Тут теж при визначенні вартості чистки базового світильника, вираз $S_{ч}$ потрібно помножити на коефіцієнт еквівалентності "а".

K'_6, K'_n – супутні капітальні витрати в споживача, які пов'язані з монтажем і встановленням базового і нового світильника в розрахунку на об'єм роботи при використанні нового виробу.

Тут теж при визначенні K'_6 потрібно вираз помножити на коефіцієнт еквівалентності "а".

На основі робочих креслень визначаємо витрату основних матеріалів для виготовлення нового баласту опромінювача. На основі цін на застосовані матеріали визначаємо витрату цих матеріалів у грошовому еквіваленті. Допоміжні матеріали, які застосовуються при виготовленні нового баласту, беруться в процентному відношенні до основних матеріалів за сталим технологічним процесом виготовлення продукції даної групи.

Трудові затрати на виготовлення нового баласту розраховуються за методикою [] виходячи із конструкторської і технологічної документації та трудозатрат на виготовлення окремих деталей, вузлів і виробу в цілому, а також розряду робіт працюючих і тарифу по даному розряду.

Калькуляція затрат на виготовлення нового баласту складається на основі методики [], де враховуються вартість матеріалів і покупних виробів, транспортних витрат, які враховують затрати на доставку на підприємство матеріалів комплектуючих, основної і додаткової зарплати виробничого персоналу, а також накладних виробничих і позавиробничих витрат.

В відсотковому відношенні до основної зарплати розраховується додаткова заробітна плата основних робітників, а від суми основної і додаткової зарплати – відрахування на соціальне страхування.

Сума затрат на утримання і експлуатацію заводського обладнання розраховується в процентах до основної зарплати виробничих робітників. Аналогічним чином розраховуються цехові та заводські витрати.

За даними планово-економічної служби ВАТ "ВАТРА" рівень цих затрат для продукції такого виду складає:

- затрати на утримання і експлуатацію обладнання 660–700 %,
- цехові витрати 150–170 %,
- заводські витрати 660–700 %.

На основі вище приведених даних розраховується виробнича собівартість приладу. Величина позавиробничих витрат, що склалась на ВАТ "ВАТРА", складає 2,0 %. Сумуючи виробничу собівартість з позавиробничими витратами одержуємо повну собівартість приладу.

Для визначення оптової ціни в калькуляцію затрат на виготовлення приладу закладається прибуток в розмірі 10-30 % від повної собівартості.

Відпускна ціна визначається множенням оптової ціни на коефіцієнт 1,2, який називається податком на додану вартість і він є єдиним для нашої держави.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.1 Вимоги до виробничого освітлення і його нормування

Виробниче освітлення, правильно спроектоване і виконане, призначення для вирішення наступних питань: покращує умови зорової роботи; знижує втомлюваність; сприяє якіснішому та швидкому випуску продукції; сприятливо впливає на виробниче середовище; чинить позитивний психологічний вплив на працюючого; підвищує безпеку праці і знижує травматизм на виробництві.

До сучасного промислового освітлення висуваються підвищені вимоги не тільки гігієнічного, але і технічно-економічного характеру.

Створення сприятливих умов праці, які не викликають швидкої втоми органів зору, зниження ймовірності виникнення нещасних випадків, сприяння підвищенню продуктивності праці можливе тільки освітлювальною установкою, яка відповідає наступним вимогам:

- 1) освітленість на робочому місці повинна відповідати зоровим умовам праці згідно гігієнічним нормам. Збільшення освітленості робочої поверхні покращує видимість об'єктів за рахунок підвищення їх яскравості, збільшує швидкість розпізнавання деталей, що відбивається на зростанні продуктивності праці. Так, при виконанні точних зорових робіт збільшення освітленості з 50 до 1000 лк дозволяє отримати приріст продуктивності праці до 25% і навіть при виконанні грубих робіт, які не потребують зорового напруження, збільшення освітленості робочого місця з 50 до 300 лк підвищує продуктивність праці на 5 – 8 % [15]. Однак є межа, при якій подальше збільшення освітленості майже не дає ефекту, тому необхідно покращувати якісні характеристики освітлення.
- 2) необхідно забезпечити достатньо рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні, а також в межах навколишнього простору. Якщо в полі зору знаходяться поверхні, які значно відрізняються між собою по яскравості, то при переводі погляду з

яскравого освітленої на слабо освітлену поверхню око повинне переадаптуватися, що веде до зорової втоми.

Для підвищення рівномірності природного освітлення великих цехів здійснюється комбіноване освітлення. Світле забарвлення стелі, стін і виробничого обладнання сприяє створенню рівномірного розподілу яскравості в полі зору.

3) на робочій поверхні не повинно бути різкої тіні. Наявність різних тіней створює не рівномірний розподіл яскравості в полі зору, викривляє розміри і форми об'єктів розпізнання, в результаті підвищується втомлюваність, зниження продуктивності праці. Особливо шкідливі рухомі тіні, які сприяють збільшенню травматизму. Тіням необхідно запобігати, або пом'якшувати.

При природному освітленні повинні передбачатися сонцезахисні пристрої (жалюзі, козирки, світлорозсіювачі склоблоки, склопластики), які перешкоджають проникненню в приміщення прямих сонячних променів, які створюють різкі тіні.

4) в полі зору не повинно бути прямої або відбитої блискучості. Блискучість – підвищена яскравість поверхонь, які світяться і які викликають порушення здорових функцій (засліплюваність). Пряма блискучість створюється прямими джерелами світла, відбита – поверхнями з великим коефіцієнтом відбивання або відбивання напрямку до ока. Засліплюваність призводить до швидкої втоми людини і зниження її працездатності.

Обмеження прямої блискучості досягається зменшенням яскравості джерел світла, правильним вибором захисного кута світильника, збільшенням висоти підвісу світильників.

Послабленням відбитої блискучості може бути досягнуто правильним вибором направлення світлового потоку на робочу поверхню, а також зміною кута нахилу робочої поверхні. Там, де це можливо, потрібно замінити блискучі поверхні матовими.

- 5) величина освітленості повинна бути постійною в часі. Коливання освітленості, особливо якщо вони часті і мають велику амплітуду, кожен раз викликають переадаптацію ока і ведуть до значної втоми.

Постійність освітлення в часі досягається стабілізацією напруги живлення, жорстким кріпленням світильників, застосуванням спеціальних схем включення розрядних ламп. Наприклад, зниження коефіцієнта пульсації освітленості люмінесцентних ламп з 55% до 5% приводить до зменшення втомлюваності і росту продуктивності праці до 30% для робіт високої точності.

- б) потрібно вибирати оптимальну спрямованість світлового потоку, що дозволяє в одних випадках розглядати внутрішні поверхні деталей, в других-розрізняти рельєфність елементів робочої поверхні.
- 7) необхідно вибирати необхідний спектральний склад світла. Ця вимога особливо суттєва для забезпечення правильної кольоропередачі, а в деяких випадках для підсилення кольорових контрастів.

Правильну кольоропередачу забезпечує природне освітлення і штучні джерела світла з спектральною характеристикою, близькою до сонячної.

- 8) освітлювальна установка не повинна бути джерелом додаткових небезпек і загроз здоров'ю людей. Необхідно звести до мінімуму тепловиділення, шум, який випромінюється, небезпеку ураженням струмом, зменшити пожежну небезпеку.

- 9) установка повинна бути зручною, надійною і простою в експлуатації.

Природне і штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами СНіП-4-79 в залежності від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розпізнання, розрядки зорової роботи, системи освітлення, фона, контрасту об'єкта з фоном.

Для природного освітлення нормованим параметром є коефіцієнт природного освітлення (КЕО).

Прийнято розподіляти нормування КЕО для бокового та верхнього освітлення. При боковому освітленні нормуються мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, яке повинно бути забезпечене в точках, найбільш віддалених від вікна; в приміщеннях з верхнім і комбінованим освітленням нормується середнє значення КЕО в межах робочої зони.

Для штучного освітлення нормованими параметрами є мінімальна освітленість, показник засліплюваності і глибина пульсації освітленості.

Норми передбачають переважне використання розрядних ламп. Якщо ці лампи використовувати неможна, то застосовують лампи розжарення і норми освітленості в цьому випадку знижуються на один чи два ступені по шкалі освітленості вказаній в СНіП-4-79. Прийнято розподільне нормування в залежності від системи освітлення і застосованих джерел світла. Величина мінімальної освітленості визначається характером зорової роботи: найменшим розміром об'єкта розпізнання, контрасту об'єкта з фоном, характеристикою фона. Розрізняють вісім розрядів і чотири підряди робіт в залежності від ступеня здорового напруження.

Допустимі значення коефіцієнта пульсації для розрядних ламп не повинні перевищувати 10..20% в залежності від системи освітлення і умов зорових робіт.

При комбінованому освітленні освітленість робочих поверхонь від світильників загального освітлення повинна бути рівна або більше 10% нормованого. Ця величина не повинна бути менше 150 лк для розрядних ламп і 50 лк для ламп розжарювання.

Для обмеження засліплюючої дії світильників загального освітлення в виробничих приміщеннях показник засліпленості не повинен перевищувати 20 – 80 одиниць в залежності від тривалості і розряду зорової роботи.

Мінімальна освітленість робочих поверхонь, які потребують обслуговування в аварійному режимі, повинна бути рівна 5% нормованої освітленості в системі загального освітлення. В той же час вона не повинна бути нижче 2 лк в середині будинку і 1 лк на відкритих територіях.

Найменша освітленість на підлозі, землі або сходах при аварійному освітленні для евакуації людей повинна бути в приміщеннях 0,5 лк, а на відкритих територіях 0,2 лк [25].

7.1.2 Планування робіт по охороні праці

Планування робіт по охороні праці проводиться на основі аналізу стану і прогнозування травматизму, захворюваності, умов праці і пов'язаних з ними необхідних профілактичних міроприємств, а також на основі постановки цілей і задач в роботі по охороні праці з врахуванням розвитку виробництва.

Планування робіт по охороні праці повинно здійснюватись на основі розробки: перспективних комплексних планів покращення умов, охорони праці і санітарно-оздоровчих міроприємств, які є складовою частиною планів економічного і соціального розвитку підприємства; текучих планів виконання міроприємств по охороні праці, які включаються в розділ "Покращення стану умов і охорони праці" колективних договорів або в угоду по охороні праці між профспілковою організацією і адміністрацією, пов'язаних техпромфінпланами підприємства; оперативних (квартальних, місячних) планів по цехам і ділянкам.

Текуче планування може бути річним, кварталним і місячним. На кожному підприємстві повинні бути розроблені плани-графіки виконання міроприємств у відповідності з угодою по охороні праці між профспілковою організацією і адміністрацією, яка поновлюється щорічно.

При складанні текучих планів в основному використовуються дані результатів паспортизації санітарно-технічного стану умов праці і атестації робочих місць. Почасти ці результати враховуються і при складанні перспективних планів (якщо відповідні міроприємства потребують великих підготовчих робіт).

Пропозиції для включення в щомісячні плани робіт по безпеці праці, вказаний вище розділ колективного договору або щорічна угода по охороні праці і комплексний план покращення умов, охорони праці і

санітарно-оздоровчих міроприємств на п'ять років складається майстрами і бригадирами сумісно з громадськими інспекторами профгруп.

Оперативне планування пов'язане з виникненням різного роду аварій, неполадок і несправностей виробничого обладнання і колективних засобів захисту.

Служби охорони праці складають плани цільових і комплексних перевірок стану безпеки праці, а також кварталні і місячні плани контролю стану всіх підрозділах. Крім планових можуть мати місце і позапланові міроприємства по охороні праці.

Враховуючи багатоплановість робіт по охороні праці, залучення до них практично всіх служб головних спеціалістів підприємств, основною організацією формою робіт по охороні праці а теперішній час стало впровадження галузевих систем управління охорони праці (СУОП).

Управління охорони праці повинно забезпечувати взаємодію всіх підрозділів і служб підприємства. Організація і координація робіт по охороні праці покладена на служби охорони праці. Крім того, ця служба у відповідності з Положенням про відділи охорони праці: проводить аналіз стелу і причин виробничого травматизму і професійних захворювань, розробляє сумісно з відповідними службами підприємства міроприємства по попередженню нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань, а також організовує їх впровадження; організовує роботу на підприємстві по проведенню паспортизації санітарно-технічного стану цехів і атестацію робочих місць в частині умов праці і техніки безпеки по забезпеченню здорових умов праці, проводить ввідний інструктаж і надає допомогу в організації навчання робітників по питанням охорони праці у відповідності з ГОСТ 120004-79 і діючими нормативними документами; бере участь в роботі атестаційної комісії і комісій по перевірці будівель інженерно-технічними працівниками і службовцями правил і норм по охороні праці, інструкцій по техніці безпеки, а також виконує деякі інші функції.

7.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.2.1. Шляхи і засоби підвищення стійкості об'єкту в надзвичайних ситуаціях природного та техногенного характеру

Однією із основних задач цивільної оборони являється підвищення стійкості робіт об'єктів народного господарства в умовах надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Для цього на кожному об'єкті наперед організовується і проводиться великий об'єм робіт, які направлені на підвищення стійкості його роботи в умовах надзвичайних ситуацій. До них відносяться інженерно-технічні, технологічні і організаційні міроприємства.

Інженерно-технічними міроприємствами забезпечується стійкість промислових будівель, споруд, обладнання і комунікацій підприємства до дії вражаючих факторів.

Технологічними міроприємствами здійснюється підвищення стійкості шляхом зміни технологічного режиму, який виключає можливість виникнення вторинних уражуючи факторів.

Організаційними міроприємствами передбачається передчасна розробка і планування дій особистого складу штаба, служб і формувань цивільної оборони (ЦО) об'єкта в умовах надзвичайних ситуацій.

Із всього комплексу міроприємств, які підвищують стійку роботу об'єктів в надзвичайних умовах, особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних міроприємств.

Інженерно-технічні міроприємства, які спрямовані на підвищення стійкості, потрібно прагнути проводити при найменших затратах, досягаючи максимальної їх ефективності.

Міроприємства, які проводяться з метою підвищення стійкості роботи об'єктів в надзвичайних умовах, будуть економічно обґрунтованими в тому випадку, якщо вони максимально пов'язані з міроприємствами, які проводяться в мирний час для забезпечення безаварійної роботи об'єкта, покращення умов праці або вдосконалення виробничого процесу. Особливо важливе значення має розробка інженерно-технічних міроприємств ЦО при

новому будівництві, так як в процесі проектування в багатьох випадках можна добитися логічного сполучення загальних інженерних рішень з захисними міроприємствами ЦО без суттєвого їх подороження. На існуючих об'єктах міроприємства по підвищенню стійкості їх роботи доцільно проводити в процесі реконструкції або виконання інших ремонтно-будівельних робіт.

Об'єм і характер проведення інженерно-технічних міроприємств залежать від важливості об'єкта, його місця знаходження, густини настрійки і розмірів території, а також чисельності працюючих.

Об'єкти народного господарства досить різні по своєму призначенню, характеру виробничого процесу і умовам розміщення. Тому не можна дати одного рецепта по проведенню інженерно-технічних міроприємств, придатного для всіх об'єктів. На кожному об'єкті народного господарства проведення інженерно-технічних міроприємств передбачається виходячи із конкретних умов. Однак деякі інженерно-технічні міроприємства є загальними і повинні проводитись на всіх об'єктах. До таких міроприємств відносяться:

- забезпечення захисту робочих і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення стійкості управління ЦО об'єкта;
- підвищення стійкості будівель і споруд;
- захист цінного і унікального обладнання;
- підвищення стійкості постачання електроенергією, газом, паром, водою і роботи мереж комунального господарства;
- захист об'єктів від пожеж і інших вторинних факторів ураження;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва [28].

Надійний захист виробничого персоналу від зброї масового ураження є важливим фактором підвищення стійкості роботи довільного об'єкта, так як без людей не буде ніякого виробництва.

Основним засобом захисту персоналу підприємств є укриття їх в захисних спорудах або сховищах.

Управління ЦО об'єкта складає основу діяльності начальника і його штаба і закладається в здійсненні постійного керівництва персоналом, формуваннями ЦО об'єкта на всіх етапах ведення ЦО.

Для підвищення стійкості управління в умовах надзвичайних ситуацій на об'єкті народного господарства повинна бути розроблена схема повідомлення і зв'язку, яка являється складовою частиною загального плану ЦО об'єкта. Управління повинно бути постійним на всіх етапах: при загрозі нападу, в умовах проведення евакуації, а також при веденні рятувальних і невідкладних робіт.

Інженерно-технічний комплекс довільного підприємства включає в себе будівлі і споруди, технологічне обладнання і комунікації електромережі, тепломережі, водопровід, каналізацію і газопровід.

Для підвищення надійності елементів інженерно-технічного комплексу на об'єкті проводяться наступні міроприємства:

- 1) підвищення стійкості будівель і споруд;
- 2) захист технологічного обладнання;
- 3) підвищення надійності постачання електроенергією, паром, водою, газом.

Від стійкості будівель і споруд залежить в основному стійкість всього об'єкта.

Доцільно межею підвищення стійкості будівель і споруд до дії ударної хвилі вважати такою, при якій отримані підприємства в цілому пошкодження дають можливість його виправданого відновлення. Разом з тим прагнути підвищити стійкість всіх будівель і споруд не потрібно, так як це пов'язано з великими матеріальними затратами, які не завжди будуть виправдані. Головним чином, потрібно підвищувати міцність найбільш важких елементів виробництва, від яких залежить робота всього підприємства, але стійкість яких нижче загальної границі стійкості.

Підвищення стійкості будівель і споруд досягається встановленням додаткових зв'язків між несучими елементами, створенням каркасів, рам,

підкосів, контрфорсів, опор для зменшення прольоту несучих конструкцій, а також за рахунок застосування більш міцних матеріалів.

Низькі споруди для підвищення їх міцності частково посипаються ґрунтом. Такий засіб підвищення стійкості може застосовуватись для напівпідвальних приміщень і різних споруд.

Високі споруди (труби, вишки, вежі, колони) закріплюються відтяжками, які розраховані на навантаження, яке створює дія швидкісного напору повітря ударною хвилею.

Захист технологічного обладнання здійснюється в першу чергу шляхом проведення загальних інженерно-технічних міроприємств, які здійснюються для підвищення стійкості роботи підприємства.

Надійно захистити все обладнання від дії ударної хвилі практично неможливо, так як доводити міцність будинків цехів до захисних властивостей сховищ економічно недоцільно. Задача полягає в тому, щоб звести до мінімуму небезпеку руйнування і пошкодження особливо цінного унікального обладнання.

Захист обладнання і готової продукції може здійснюватись шляхом розміщення деяких видів найбільш цінного обладнання в заглиблених приміщеннях і використання для цього захисних пристроїв.

Крім застосування захисних пристроїв велике значення має місце закріплення станків на фундаментах, пристрій контрфорсів, які підвищують стійкість їх проти перекидаючої дії швидкісного напору повітря ударної хвилі.

Для сучасних підприємств характерна велика кількість комунікацій для подачі води, пару, електроенергії, газу.

Вихід із ладу енергопостачання веде до зупинки роботи підприємства і припинення випуску запланованої продукції. Тому підвищення стійкості роботи енергопостачання об'єкту має важливе значення.

Підвищення стійкості системи електропостачання досягається проведенням як загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних міроприємств.

Підвищення стійкості системи електропостачання об'єкта досягається базуванням підприємства на двох і більше джерелах, які віддалені на таку відстань, щоб виключалась можливість руйнування їх одним вибухом.

У випадку живлення підприємства від районної енергосистеми лінії електропередач доцільно проводити з двох напрямків, а прийомні підстанції будувати на такій відстані один від одного, щоб не було ураження одним вибухом.

При відсутності можливості живлення від двох джерел на випадок виходу із ладу основного джерела електропостачання підготовлюється резервний місцевий автономний генератор електроенергії.

Доцільно також провести міроприємства по захисту існуючих і будівництву резервних підстанцій, а розподільчу апаратуру і прилади розмістити в захисних спорудах.

Для запобігання виходу із ладу електричних мереж потрібно встановлювати пристрої автоматичного відключення їх при утворенні перенапруг, які можуть бути створені електромагнітними полями.

Мережі комунального господарства забезпечують нормальну роботу кожного об'єкта. Тому на них також проводяться інженерно-технічні міроприємства.

Для підвищення стійкості утеплювальних систем об'єкта здійснюються інженерно-технічні міроприємства, які проводяться при будівництві нових об'єктів і реконструкції існуючих.

З урахуванням захисту від ударної хвилі теплової мережу доцільно будувати по кільцевій системі і прокладати труби системи теплопостачання в спеціальних каналах, а також з'єднувати паралельні ділянки. Запірні і регулюючі пристрої потрібно розміщувати в оглядових колодязях на території, яка не завалюється при руйнуванні будівель. На теплових мережах

потрібно встановлювати запірно-регулюючу арматуру (засувки, вентиля і т.п.), яка дозволяє відключати пошкоджені ділянки.

Для підвищення стійкості системи каналізації потрібно будувати роздільні системи каналізації: одна для зливних, інша для промислових і господарських (фекальних) вод.

Матеріально-технічне постачання має важливе значення для стійкості роботи об'єкта, так як при порушенні постачання підприємство працювати не зможе.

Сучасне підприємство є споживачем значного числа різних видів матеріалів. Щоб виробництво велося безперебійно, необхідно забезпечити його сировиною, матеріалами, паливом, електроенергією, інструментами. Крім того, сучасні підприємства працюють в кооперації з багатьма заводами і фабриками, вихід із ладу яких веде за собою зупинку підприємства із-за припинення постачання вузлів і деталей суміжниками.

Резерви комплектуючих виробів, матеріалів, сировини і обладнання наперед визначаються відповідними міністерствами для кожного підприємства виходячи із необхідних термінів роботи підприємства при порушенні постачання.

Гарантійний запас всіх матеріалів повинен зберігатися по можливості розосереджено в місцях, де він менше всього може підлягати знищенню. Цей гарантійний запас всіх матеріалів розраховується на термін роботи підприємства, в якій можливе відновлення нормального постачання.

Паливо на промислових підприємствах витрачається для ведення технологічного процесу, для виробки рушійної енергії, для потреб транспорту, опалення і побутових потреб. Тому, щоб запобігти зупинці роботи, підприємства повинні підготуватись для роботи на різних видах палива (газ, нафта, вугілля).

На об'єкті вивчаються також можливості створення місцевих матеріалів, сировини, для виготовлення комплектуючих виробів і інструментів своїми силами на випадок виходу із ладу інших заводів-суміжників, які постачають ці вироби.

Відновлення виробництва підприємств можливо і доцільно лише в тих випадках, коли виникли такі руйнування і пошкодження, які можна ліквідувати своїми силами.

В основу розрахунків при плануванні робіт беруться пошкодження і руйнування елементів виробничого комплексу об'єкта, які визначені при оцінці стійкості, дослідженням сили опору цих елементів до дії надлишкового тиску ударної хвилі.

По кожному варіанту можливого ураження розробляється план відновлення об'єкта, яким передбачається залучені для відновлювальних робіт формування ЦО об'єкта, матеріали, які використовуються, техніка і обладнання. При цьому складаються розрахунки потрібних матеріалів, механізмів і сил.

При розробці планів і проектів відновлення, підрахунку сил і засобів потрібно виходити з того, що відновлення може носити тимчасовий характер. В основу планів і проектів повинна бути закладена вимога – як можна швидше відновити випуск продукції. Тому в проектах відновлення допустимі (в розумних межах) відступи від прийнятих будівельних, технічних і інших норм.

Інженерно-технічні міроприємства проводять наперед в мирний час, так як для їх виконання потрібні великі капітальні затрати і тривалий час.

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 колишнього керівництва держави. 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”. Даний закон (в оновленій редакції від 2017 р.) 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. Шкідливі викиди при виробництві і експлуатації світових приладів

Виготовлення світильників супроводжується рядом технологічних операцій, при виконанні яких спостерігаються відповідні забруднення довкілля.

При виготовленні основних, кріпильних та з'єднувальних деталей світильників і подальшій їх механічній та гальванічній обробці відбувається забруднення повітря, води, ґрунту у вигляді дрібних металевих частинок і пилу, газопилове і парогазове забруднення.

Виготовлення пускорегулюючої апаратури (ПРА) світильників супроводжується рядом технологічних операцій, основними з яких є розкрій сталі на смуги, виготовлення магнітопроводу, обмотки, збирання електричної системи, просочування електроізоляційними лаками, настройка дроселя. На всіх технологічних стадіях наявні шум та вібрація, відбувається механічне забруднення пилом, шкідливими парами та газами при просочуванні виробу лаками та фарбами.

При виготовленні деталей ливарним методом відбувається не лише забруднення повітря шкідливими речовинами, а й теплове забруднення.

При виготовленні більшості деталей світильників використовується метод штампування, який супроводжується механічним забрудненням відходами, шумом та вібрацією.

У гальванічних і фарбувальних цехах деталі світильників підлягають антикорозійному покриттю з метою захисту їх від дії навколишнього середовища. При цьому відбувається механічне та хімічне забруднення повітря та води. До механічних відносяться різні метали та їх сплави у вигляді дрібних частинок та порошку, а до хімічних – шкідливі пари та гази, які утворюються при гальванічній обробці.

Необхідно розглянути й ті забруднення, які виникають при експлуатації світильників. Світильники живляться від мережі змінного струму 380/220 В, отже їх експлуатація супроводжується електромагнітним забрудненням навколишнього середовища. Невід'ємною складовою одиницею більшості світильників є ПРА, при роботі якого створюються

радіозавади та акустичні шуми. Розглянемо детальніше, які негативні впливи на довкілля спричиняють вищеназвані забруднення.

Забруднення атмосфери в процесі виробництва світильників спричиняють такі токсичні речовини: оксид вуглецю CO, діоксид сірки SO₂, оксид азоту NO_x, вуглеводні C_nH_m та пил.

Високі концентрації домішок та їх міграція в атмосферному повітрі призводять до утворення більш токсичних речовин (смог, кислоти), або до таких явищ як парниковий ефект та руйнування озонового шару.

Хімічні реакції, які відбуваються в повітрі, призводять до виникнення димних туманів – смогів. Особливо небезпечні сірчані сполуки й оксиди азоту, які спричиняють кислотні дощі. Кислотні дощі стали дуже поширеним явищем, при чому вони можуть випадати на відстані багатьох сотень і тисяч кілометрів від джерела первісного викидання речовини. Кислотні дощі забруднюють озера і ґрунти, змінюють їх хімічний склад.

Величезних збитків завдають і механічні промислові відходи. Це не лише величезні площі землі, зайнятої звалищами, шлакосховищами, відвалами, а й смертельні дози різних токсичних речовин, що роками разносяться дощовими водами, дим та пил.

Непоправної шкоди завдають биті люмінесцентні та розрядні лампи на звалищах. Кожна така лампа містить приблизно 150 мг ртуті, що здатні отруїти близько 500 м³ повітря. Ртуть потрапляє в ґрунти, повітря, ґрунтові води, отруює все живе навколо, завдаючи здоров'ю не меншої шкоди, ніж радіація.

Шум – одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Шум справляє шкідливу фізіологічну дію на людський організм, зумовлює професійні захворювання. Це виявляється через пошкодження слухового апарату, травми нервової системи, сповільнену психічну реакцію.

Електромагнітне забруднення спричиняють високовольтні лінії електропередач, радіо- та телевізійні станції. Мірою забруднення

електромагнітними полями є напруженість поля. Ці поля завдають шкоди перш за все нервовій системі, спричиняють головний біль і сильну втому.

Вухо людини звукові хвилі частотою нижче 16 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію. Вібрації – це тремтіння або струси всього тіла чи окремих його частин під час різних робіт. Тривалі вібрації завдають великої шкоди здоров'ю – від сильної втоми до струсу мозку, розриву тканин, порушення серцевої діяльності, деформації м'язів і клітин тощо.

8.3. Заходи, щодо усунення шкідливих викидів речовин

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 завислих 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 полягає 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 люмінесцентному 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 виловлювання 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.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі приведені результати теоретичних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, що полягає в забезпеченні енергоефективної системи освітлення та її електропостачання для типових футбольних стадіонів на прикладі таких об'єктів Тернопільської області. На базі отриманих результатів досліджень зроблені наступні висновки:

1. Аналіз освітлювальних установок та їх систем електропостачання для типових футбольних стадіонів показав, що їх слід використовувати з максимальним врахуванням нормованих значень коефіцієнтів нерівномірності освітлення на лише горизонтальної, а й вертикальних нормованих площин. Найбільш вдалим по рівномірності освітлення, мінімізації засліплюючої дії джерел світла є 8-ми щоглова, та лінійна освітлювальна установка.

2. Проведено технологічний та конструкційний аналіз світлових приладів за їхніми світлотехнічними та електротехнічними характеристиками. Рекомендовано використання енергоекономних, бажано світлодіодних джерел випромінювання, так як вони найбільш енергоощадні. коли порівнювати з іншими традиційними джерелами світла.

3. Сучасний розвиток комп'ютерної техніки провокує використання не тільки спеціалізованих програм розрахунку рівнів освітленості, таких як, наприклад, «Dialux», а й дозволяє розробляти уточнені програми для розрахунку заданих рівнів освітленості точковим методом та методом використання світлового потоку.

4. Розроблені програми визначення спектрального складу випромінювання джерел світла за їх паспортними значеннями та відомими коефіцієнтами відбивання світлового потоку від матеріалів відбивачів. Проаналізувавши їх, показано, що кольоровість свічення реальних джерел відхиляється від норм в межах відносної похибки від 5 до 8 %. Ці значення необхідно врахувати при розробці реальних проектів.

5. Для сучасних енергоощадних джерела випромінювання, наприклад, світлодіодних, можна використовувати менш потужні системи електропостачання. Але до таких систем виставляються серйозніші вимоги по стабільності їх електротехнічних характеристик.

Спроектована модель освітлювальної установки та системи її електропостачання задовольняє поставленим завданням, вимогам енергозбереження, екології оточуючого середовища, безпеки життєдіяльності людини і є економічно доцільною.

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. Варсанофьева Г.Д., Фомина А.М. Освещённость и ее контроль в осветительных установках – М.: Энергия, 1992. – 200 ст.
3. Соболева Н.А., Берковский А.Г., Чечик Н.О., Елисеев Р.С. Фотоэлектронные приборы. М.: Наука, 1985 г. – 592 с.
3. Гуревич М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы) – 2-е издание., переработанное и дополненное – Л.: Энергоатомиздат, 1993. – 272 с.,
4. Эпштейн М.И. Измерения оптического излучения в электронике. М.: Энергия, 1985 – 248 с.,
5. Опτικο-электронные приборы для научных исследований: Учебное пособие/Л.Л. Новицкий, А.С. Гомелюк, В.Е. Зубарев, А.М. Хорохов –М.: Машиностроение, 1996 г. – 432 с.
6. Пароль Н.В., Кайдалов С.А. Фоточувствительные приборы и их применение. Справ очник. – М.: Радио и связь, 1991 – 112 с. : ил. – (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1168)
7. Справочная книга по светотехнике /Под ред. Ю.Б.Айзенберга/ – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 472 с.
8. 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.
9. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергий. 1985. – 547 с.
10. Юнович А.Э. Свет из гетеропереходов. Природа. /Светотехника/ 2001. №6. С. 38-46.
11. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: – Энергоиздат, Ленинград. отд-ние, 1995.
12. Айзенберг Ю.Б. Основы конструирования световых приборов. М.: Энергоатомиздат. 1996.
13. Скобелев В.М., Афанасьева Е.И. Источники света. 1997.

- 14.Кунго Я.А., Твардовский П.М. Автоматизация управления и регулирования напряжения в осветительных установках. – М.: Энергия, 1999. – 128 с.
- 15.«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.
- 16.Кнорринг Г.М., – Справочник для проектирования электрического освещения. М.: Госэнергоиздат. 1997.
- 17.Тиходеев П.М., – Световые измерения в светотехнике. М.: Госэнергоиздат. 1998.
- 18.СНіП 2-05-08. Природне та штучне освітлення. Будівельні норми і правила. Светотехника. 2008. №2.
- 19.Епанешников М. М., – Электрическое освещение. М.: Госэнергоиздат. 1998.
- 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. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е.Я.Юдина. Уч. Для вузов М., «Машиностроение», 1976. – 335 с.
30. Козьяков А.Ф., Морозова Л.Л. Охрана труда в машиностроении: учебник для учащихся сред. спец. Учебных заведений. – М.: Машиностроение, 1990-256 с.
32. Ковалик І.І., Чайковський Н.І., Чубатий Ю.О. Підвищення енергоефективності електропостачання систем освітлення спортивних об'єктів. 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. 68.

