

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«СВІТЛОВІ ПРИЛАДИ»

*(для студентів денної і заочної форм навчання освітнього рівня
«бакалавр» за спеціальністю
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

**Харків
ХНУМГ ім О.М. Бекетова
2018**

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Світлові прилади» (для студентів денної і заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка). / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: А. С. Литвиненко, Г. О. Петченко, О. М. Ляшенко, О. М. Діденко. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018 – 38 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. А. С. Литвиненко,
д-р фіз.-мат. наук, доц. Г. О. Петченко,
ст. викл. О. М. Ляшенко,
ст. викл. О. М. Діденко

Рецензент

Л. А. Назаренко – доктор технічних наук, професор кафедри світлотехніки і джерел світла

Рекомендовано кафедрою світлотехніки і джерел світла, протокол №6 від 27.04.2018.

З М І С Т

ВСТУП	4
ТЕМА 1. Світловий прилад як об'єкт розробки і виробництва	5
Рекомендована література	9
ТЕМА 2. Підхід до художнього конструювання світлових приладів	9
Рекомендована література	14
ТЕМА 3. Вплив зовнішніх факторів на процес конструювання СП	15
Рекомендована література	17
ТЕМА 4. Вибір оптичної системи СП	17
Рекомендована література	22
ТЕМА 5. Урахування технологічних факторів при виготовленні СП	23
Рекомендована література	25
ТЕМА 6. Урахування типу джерела світла	25
Рекомендована література	30
ТЕМА 7. Проблема енергозбереження в освітлювальних установках	31
Рекомендована література	38

ВСТУП

В Україні в даний час тільки в промисловості і сільському господарстві, у суспільних і житлових будівлях і на вулицях міст встановлено більш 250 млн світлових точок сумарною потужністю близько 25 млн кВт. Із них промисловість, шахти, сільське господарство налічують 101,5 млн штук; адміністративні споруди – 73 млн; зовнішнє освітлення – 6,5 млн; житлові споруди – 85,5 млн штук світильників. На освітлення щорічно витрачається понад 45 млрд кВт-г електроенергії, тобто приблизно 13 % вироблюваної в країні. Сучасну українську світлотехніку втілюють у собі флагмани вітчизняної світлотехніки – Тернопільський приладобудівний завод «Ватра», Львівський ламповий завод «Іскра» і Полтавський завод газорозрядних ламп. При цьому, наприклад, корпорація «Ватра» охоплює широку номенклатуру розробки і виготовлення світлотехніки, що включає майже всі сфери застосування, а саме: вибухозахищені світлові прилади (СП), загальнопромислові СП, прожекторне освітлення, світильники для теплиць, зовнішнє освітлення, адміністративно-громадське, світильники місцевого освітлення, транспортне освітлення та інше. У країні з'являються ряд малих підприємств, які освоюють нові, сучасні види світлотехнічної продукції, у тому числі на основі газорозрядних ламп та світлодіодів. Сучасне виробництво потребує велику кількість тонколистової сталі, трансформаторної сталі, листового алюмінію, термореактивних і термопластичних матеріалів. З переліченого видно, що область розробки і виготовлення світлових приладів є значущою для народного господарства протягом вже не одного десятиріччя.

Вказівки розраховані на самостійне вивчення студентами додаткових тем курсу «Світлові прилади». По кожній темі стисло висвітлюється її сутність і рекомендується відповідна література.

Вказівки містять необхідну інформацію, якою має оволодіти студент для складання іспиту і є корисними для підготовки до дипломного проектування за даним напрямком.

ТЕМА 1 СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД ЯК ОБ'ЄКТ РОЗРОБКИ І ВИРОБНИЦТВА

Властивості СП визначаються сукупністю функціональних і техніко-економічних показників, що впливають на ефективність як виробництва СП, так і їхнього застосування в освітлювальній установці (ОУ). СП – складний виріб, що складається із взаємозалежних елементів: ламп, ПРА, конденсаторів, дротів тощо, а також конструктивних вузлів і оптичної системи, параметри якої істотно залежать від особливостей конструкції СП і помітно впливають на його характеристики в цілому. Саме ці обставини дозволяють вважати правильним щодо розробки нових модифікацій СП тільки комплексний, системний підхід. Важливість такого підходу до розробки СП пов'язана з величезними масштабами їх виробництва, різноманітними областями застосування і умовами експлуатації. Освітлювальні прилади – єдина група електротехнічних виробів, для яких нормативно-технічною документацією (НТД) передбачається зміна технічних показників необхідність їхнього відновлення в процесі тривалої експлуатації. Створення СП із поліпшеними експлуатаційними показниками дозволяє, з одного боку, зменшити потребу у обслуговуючому парку світильників персоналі, і, з іншого боку, при тих же витратах електричної енергії значно підвищити продуктивність праці і якість продукції. Зрозуміло, що в удосконалюванні конструкції сучасних СП, підвищенні рівня технології їхнього виробництва закладені величезні можливості економії й раціонального використання матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів.

Тому є необхідним дотримання такого підходу до конструювання СП, що звів би до мінімуму ймовірність розробки нераціональних СП із недостатнім рівнем надійності, не технологічністю конструкції, невірним вибором матеріалів і т. п. У зв'язку із цим однією з важливих задач конструювання сучасних СП є обґрунтоване скорочення їхньої виробничої номенклатури (номенклатури вузлів і деталей і необхідного технологічного оснащення і устаткування) при одночасному можливому розширенні споживчого

асортименту виробів. Різноманіття варіантів використання СП настільки велике, що спроба створення СП із найвигіднішими показниками для кожного варіанту експлуатації призвела б до дезорганізації виробництва й економічно нерентабельному рішенню задач. Раціональне конструювання повинне дозволити створювати СП найбільш доцільні для рішення масових завдань із максимальним обмеженням їхнього числа по базових конструктивно-технологічних елементах. Підставою для розвитку конструювання СП великомасштабного виробництва повинна була б служити обґрунтована мінімізація числа класів конструктивно-світлотехнічних схем, типів кривих сили світла (КСС), ступенів захисту СП і тип., що призводить, зокрема, до скорочення числа необхідних технологічних процесів і устаткування.

Таким чином, стала важливою проблема класифікації СП по призначенню, а також по основним властивостям (конструктивно-технологічної спільності, КСС, експлуатаційним характеристикам, технологічним особливостям). В основу загальної класифікації було покладене прагнення створити багатоцільову класифікацію, що найбільш повно характеризує все різноманіття відомих СП. При цьому, однак, була сформульована обмежувальна умова - розділити СП на такі групи, вимоги до яких були б по можливості загальними для всіх СП, що входять у ці групи. Загальну класифікацію зі СП запропоновано здійснювати по головним і додатковим ознакам. До першого з них віднесені: характер світлорозподілу, основна світлотехнічна функція, умови експлуатації і основне призначення. За характером світлорозподілу і, насамперед, за ступенем концентрації світлового потоку, всі СП принципово підрозділяються на світильники, прожектори й проєктори. По основній світлотехнічній функції СП розділені на освітлювальні й світлосигнальні прилади. За умовами експлуатації вони розділяються на СП для внутрішнього освітлення, зовнішнього освітлення й для екстремальних середовищ. За основним призначенням і умовам експлуатації СП класифікуються відповідно до [1–4].

Визначимо **низку вимог** до будь-якої нової конструкції розроблюваного СП, яку можна вважати оптимальною.

1. Конструкція СП повинна забезпечувати **безпеку** їхнього функціонування на всіх стадіях (виготовлення, транспортування, зберігання, монтажу, підготовки до роботи, технічного обслуговування й ремонту, утилізації).

Світлові прилади можуть бути джерелами небезпечних і шкідливих виробничих і побутових факторів, до числа яких необхідно віднести можливості: поразки електричним струмом; створення дискомфортних умов освітлення через підвищення сліпучої дії; пульсації світлового потоку, а також підвищеного рівня ультрафіолетової й інфрачервоної радіації; наявності акустичних перешкод; опіків через неприпустимо високу температуру елементів СП, до яких може доторкатися людина в процесі експлуатації СП; механічних ушкоджень і травм через руйнування елементів конструкції СП; виникнення пожеж і вибухів через помилки при конструюванні й неправильному застосуванні СП. Таким чином, безпека СП складається з електричної безпеки, вибухо- і пожежної безпеки, механічної безпеки, а також світлотехнічної, термічної і акустичної безпеки.

Необхідно відзначити, що електрична безпека СП визначається не тільки класом захисту від поразки електричним струмом, але й ступенем захисту оболонки СП, оскільки вона визначає захищеність від проникнення усередину приладу не тільки пилу й води, але й будь-яких твердих предметів, наприклад рук людини або інструментів, що перебувають у цих руках, стрижнів, дроту і т.д., що можуть контактувати зі струмоведучими деталями СП.

2. Конструкція СП повинна забезпечувати його **транспортабельність**.

Ця важлива властивість нової конструкції характеризує ступінь зручності виконання над нею підготовчих і заключних операцій, пов'язаним із транспортуванням при виробництві, експлуатації й ремонті. На транспортабельність виробу впливають його маса, об'єм, форма, габаритні розміри, режими переміщень, сприйнятливості до зовнішніх впливів, а також

здатність конструкції до розбирання (складання) і впакування в розібраному виді.

3. Конструкція СП повинна забезпечувати його **контролепридатність**.

Контролепридатність визначається пристосованістю конструкції до використання раціональних методів і засобів діагностування; можливістю контролю всіх параметрів, передбачених експлуатаційній документації без демонтажу його складових частин; раціональним розташуванням і доступністю елементів, мінімальним числом параметрів, що дозволяють забезпечити повноту й вірогідність оцінки технічного стану СП.

4. Конструкція СП повинна забезпечувати його **екологічність**.

Рівень шкідливих впливів ОУ на навколишнє середовище при її виробництві, експлуатації, ремонті і утилізації залежить від прийнятих при конструюванні СП інженерних рішень. Це пов'язано з реалізацією обраних при розробці технологічних процесів очисних споруджень (гальванічні й лакофарбові покриття), пристроїв загальнообмінної вентиляції й місцевої відкачки шкідливих випаровувань, відходів при шліфуванні й поліруванні, при пресуванні фенопластів і композиційних пластмас. Поряд із цим необхідно передбачати спеціальні пристрої для утилізації ртутних ламп, що виходять із ладу в процесі експлуатації й створюють загрозу отруєння навколишнього середовища.

5. Конструкція СП повинна задовольняти вимогам **технічної естетики**.

«Справжня краса промислового виробу є свого роду інтегральний показник його якості. У техніці краса невіддільна від користі» – ці слова відомого радянського теоретика дизайну Ю.С. Сомова багато в чому визначають суть і завдання художнього конструювання. Художнє конструювання - це не прикраса сконструйованого СП, не наведення на нього естетичного

глянцю. Воно повинне проводитися протягом усього процесу розробки СП, при цьому художник-конструктор повинен поряд з інженером-світлотехніком починати роботу на стадії підготовки ТЗ на СП. Художнє й

інженерне конструювання повинні бути взаємодоповнюючими сторонами єдиного процесу системного конструювання СП.

Рекомендована література

1. Айзенберг Ю. Б. Основы конструирования световых приборов / Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергоатомиздат. 1995.
2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы – Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергия, 1980.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 2006.
4. Трёмбач В. В. Световые приборы / В. В. Трёмбач. – М.: Высшая школа, 1990.

ТЕМА 2 ПІДХІД ДО ХУДОЖНЬОГО КОНСТРУЮВАННЯ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ

Для рішення складних завдань художнього конструювання досвід, навички й творча інтуїція дизайнера відіграють вирішальну роль в обліку тих різноманітних факторів, які не піддаються математичному моделюванню й розрахунку. Дизайнер СП, крім того, повинен орієнтуватися в питаннях технології, матеріалознавства, економіки, психології, ергономіки тощо. Художнє конструювання нерозривно зв'язане як зі сферою виробництва, так і зі сферою застосування СП. Звідси головними вимогами в роботі дизайнера є насамперед вимоги функціонування СП, його взаємодії з людиною, а з іншого боку - вимоги, пов'язані з використанням матеріалом і працею. Однієї з найважливіших завдань художнього конструювання є вибір форми СП. Форма виробу на стадії макроконструювання визначається в основному його призначенням (робочими функціями) і ергономічними вимогами, а також матеріалом і конструкторськими рішеннями. Дизайнер повинен урахувати питання, пов'язані з антропометрією, з руховими можливостями людини й

будовою людського тіла, зокрема руки (наприклад, вирішуючи конструкцію СП місцевого висвітлення), а також ручних переносних або головних приладів), тому що все це впливає на формоутворення. Розмір і форма СП нерозривно пов'язані із числом, потужністю й типами ламп, необхідних для забезпечення необхідних умов освітлення. При цьому тепловий режим приладів може багато в чому визначати розміри використовуваних відбивачів і розсіювачів, необхідність наявності вентиляційних отворів або радіаторних ребер для поліпшення тепловідводу. Наявність спеціальної апаратури (ПРА, імпульсних запалюючих пристроїв, конденсаторів) також впливає на геометрію СП. Як фактор формоутворення виступає також група вимог, пов'язаних з необхідністю обліку матеріалів, конструкції й технології виробництва. Матеріал і конструкція по-різному впливають на форму. У більшості випадків матеріал впливає на форму не безпосередньо, а через конструкцію. Пластмаси, метал, дерево, скло, кераміка мають різні властивості й у різних конструкціях повинні застосовуватися по-різному. Новому матеріалу й новій конструкції повинна відповідати й нова форма. Необхідність урахування конструктивно-технологічних вимог до СП не повинна звужувати дизайнерські можливості при розробці нових конструкцій СП. Незнання особливостей технології виробництва (і насамперед специфіки переробки пластмас) часто призводить до зниження естетичного рівня СП, і насамперед у тих випадках, коли металеві деталі замінюють пластмасовими тих же конструкцій, форми й розмірів. Якщо ж використовувати можливості пластмаси й сучасного устаткування по її переробці, можна одержати витончені, легкі й у той же час міцні конструкції з тонкостінними елементами.

Виготовлення корпусів СП для промислових будинків і зовнішнього освітлення з листової сталі або дюралюмінію методом глибокої витяжки або ротаційного видавлювання, з листового або екструдованого алюмінію, із пресованого терморектопласта або склопластику, з термопласта (наприклад, полікарбонату) методом лиття під тиском призводить до необхідності розробки різних конструкцій СП.

При глибокій витяжці з листового матеріалу (сталевого або з алюмінієвих сплавів) або при ротаційному видавлюванні корпусу останній має бути переважно круглосиметричним і мати по можливості конічну форму для кращого зняття з матриці або з давильного патрона. Зовнішня поверхня таких корпусів, як правило, містить сліди обробки інструментом (концентричні ризики, зморшки матеріалу й ін.) і потребує для естетичного вигляду подальшої обробки.

При литті силуміну під тиском можливе одержання корпусів з будь-якою геометрією (радіаторні ребра, поглиблення, виступи тощо), що відкриває певні можливості щодо поліпшення зовнішнього вигляду СП.

Лиття ж розсіювачів з термопластов дозволяє одержати необхідну чіткість оформлення призматичної структури розсіювачів, що не тільки внутрішніх поліпшує вигляд СП, але й істотно впливає на його функціональні характеристики. Така високоякісна призматика не може бути отримана ні методами вакуумного або пневмоформовання, ані екструзією. Але якщо дизайнерське рішення вимагає виготовлення пластмасового виробу з різних сортів полімерів, то тут екструзія виходить на передній план.

Найважливішим завданням художнього конструювання є забезпечення єдності форми й змісту розробки, тобто максимальне розкриття за допомогою відповідної художньої форми функціонального призначення СП, його утилітарній сутності й соціальній значимості. Світловий прилад повинен бути насамперед потрібним, корисним, при цьому зручним і, звичайно, гарним.

Прагнення додати розроблювальному СП зовсім незвичайну, ефектну форму без достатніх для цього підстав з позицій реалістичного розкриття її сутності призводить до появи речей безглуздох, що дезінформують споживача. У багатьох випадках нові утилітарні функції прагнуть додати старим формам історично попередніх предметів. Так, перші електричні ОП уподібнювали свічникам, газовим лампам, газовим ліхтарям. У цьому сенсі необхідно відзначити що таку важлива якість виробу, як «образність», пов'язану зі створенням певного емоційного стану, психологічного настрою.

Дисонанс між формою й змістом проявляється в багатьох ОП, що імітують тварин, птахів, квіти й ін. Натуралістичні рішення форми промислових виробів, як правило, шкодять розкриттю її змісту. Важливим засобом художньої виразності є ритм, динаміка якого створюється закономірним чергуванням однакових елементів форми.

Варто зазначити, що характер закріплення СП і положення його в просторі (наприклад, принцип кріплення СП до стелі) візуально сприяє уяві конструкції як легкої або важкої, незграбної. Ніж крупніше й менше по висоті опора, масивніше підставка, тим «важче» форма. Найбільш «легкими» сприймаються СП з тонкими, витонченими елементами кріплення.

Особливу роль у створенні дизайнерського рішення СП грає колір, естетичні властивості якого досить великі й різноманітні. Протягом багатьох років колористичні рішення широко використовувалися в основному для побутових СП. Прилади ж для промислових, громадських будинків і зовнішнього освітлення, в основному, виготовлялися як однотонно забарвлені конструкції. За останні роки усе ширше застосовуються яскраві, насичені кольори.

Зв'язок між окремими елементами одного СП або ряду в уніфікованій серії або комплекті (гарнітурі) приладів повинна бути не тільки конструктивним, функціональним, але й композиційним. Цілісність, композиційна єдність виробу або серії виробів – один з найважливіших законів художнього конструювання.

Умови досягнення цілісності конструкції полягають у такому:

1. Основні конструктивні одиниці світильника мають бути розташовані у центрі конструкції і їх розміри мають перевищувати розміри другорядних елементів; центр тяжіння конструкції має відноситись до основних частин СП.

2. Має бути забезпечена логічність у побудові загальної об'ємно-просторової структури СП, загальної форми й форм окремих його деталей;

3. Світильники в ансамблі мають своєю формою підкреслювати і доповнювати форму інших. Якщо ж композиція СП у освітлювальній установці

створюється з декількох груп світильників, то кожна із груп стає елементом композиції, що повинна представляти єдине ціле.

4. Має бути забезпечена пропорційність виробу, що характеризує правильно виважені геометричні всіх елементів і частин, що становлять форму, одне з одним і у цілому, тобто пропорції є важливим засобом композиції.

5. На цілісність сприйняття композиції СП в ОУ впливає не тільки форма окремих світильників, але і їх колір. Коли колір СП у групі однаковий, ансамбль сприймається як єдине ціле.

6. Форма СП має бути тектонічною, тобто як єдине ціле має виступати форма конструкції, матеріал, який обрано для реалізації конструкторської розробки, технологія виготовлення, що залежить від обраного матеріалу і відповідність СП навколишньому середовищу. За визначенням *«тектоніка – один із засобів естетичної виразності форм, пов'язане з матеріально-конструктивною основою об'єкта й технологією його виготовлення»*. Завдяки відповідним дизайнерським засобам, ознаки технологічних операцій при виготовленні СП можуть маскуватись або, навпаки, підкреслюватись заради створення певного враження від зовнішнього вигляду світильника. Відповідність навколишньому середовищу - один із принципів методу художнього конструювання виробів. Навколишнє середовище впливає на загальний характер об'ємно-просторового рішення виробу; на розмір виробу й масштаб його деталювання; на вибір матеріалу, обробку і характер обробки поверхонь; на колірне рішення; на образний і стильовий характер виробу.

Світильники, що сконструйовані без урахування вказаних вимог, створюють враження нестійкості, незв'язаності і різностильності окремих вузлів і елементів.

Конструюючи виріб, дизайнер, як і конструктор-світлотехнік, має бачити перед собою всі операції технологічного циклу виробництва і повинен уміти самостійно зробити всі операції монтажу й обслуговування СП. При цьому важливим є процес макетування або моделювання СП як на етапі перевірки ухвалених рішень, так і на попередніх етапах розробки. Роль макетів на етапах

різна, і відповідно до цього визначаються матеріал і технологія виготовлення. Якщо на стадіях підготовчої і художньо-конструкторської пропозиції важливо мати дрібномасштабні умовні макети для передачі загальної форми і вигляду виробу, то на наступних стадіях доцільно переходити до повномасштабних макетів СП із максимально близьким відтворенням не тільки форми, але й матеріалу, кольору тощо. Матеріал і технологія макета повинні цьому сприяти. Для ескізного макетування застосовують пластилін, пінопласт, картон, папір (ватман), дрiт. Для виконання чистового демонстративного макета, що є підсумком роботи дизайнера, застосовують більше тверді й довговічні матеріали - дерево, гіпс, різні пластмаси (поліметилметакрилат). Всі варіанти макетів доцільно зберігати до завершення роботи, тому що їх порівняння важливе для пошуку найкращого варіанта. Крім того, у ряді випадків виникає необхідність вернутися до одному з первинних рішень.

Рекомендована література

1. Айзенберг Ю.Б. Основы конструирования световых приборов / Ю. Б. Айзенберг. – М.: Энергоатомиздат. 1995.
2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы / Ю. Б. Айзенберг. – М.: Энергия, 1980.
3. Козлов В.Н. Технология производства световых приборов / В. Н. Козлов. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 2006.
5. Трембач В. В. Световые приборы / В. В. Трембач. – М.: Высшая школа, 1990.
6. Технологія світлотехнічного виробництва. Конспект лекцій // Петченко Г.О. – Харків, ХНАМГ, 2005. – 102 с.

ТЕМА 3 ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС КОНСТРУЮВАННЯ СП

Рішення завдань захисту СП від впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища здійснюється в основному на етапі конструювання. Найважливішими зовнішніми впливають на СП факторами є кліматичні, механічні, радіаційні, термічні, біологічні, електромагнітні, а також спеціальні (або екстремальні) фактори, наприклад вплив вакууму або води при роботі СП у цих середовищах. Кліматичні умови впливають на СП при транспортуванні, зберіганні й експлуатації. Температура й вологість повітря, пил, агресивні середовища, біологічні об'єкти (грибки, бактерії, комахи, гризуни), сонячна радіація, сильно виражена атмосфера або, навпаки, підвищене тиск повітря, наявність твердого випромінювання, вібрація, тряска, удари й інші впливи дуже впливають на працездатність СП. Всі ці впливи повинні враховуватися за допомогою цілеспрямованих конструкторських заходів щодо захисту СП і програм спеціальних випробувань і базуватися на надійних даних про кліматичні й інші умови роботи розроблюваних СП.

Захист від кліматичних впливів. Кліматичні впливи визначаються атмосферними умовами, до яких ставляться температура, вологість і тиск повітря, сонячне випромінювання, вітер, дощ, роса, сніг, лід, промислові газы, пісок, пил тощо. В [1-4] розглянуті кліматичні виконання СП і категорії СП залежно від місця розміщення при експлуатації, значення температури повітря в різних кліматичних умовах, ступені захисту СП від пилу й від води, а також найпоширеніші ступені захисту СП.

Для СП, не призначених для роботи у високогірних місцевостях (нормальна висота над рівнем моря не перевищує 1000 м), нижнє робоче значення атмосферного тиску становить 86,6 кПа (650 мм рт.ст.), нижнє граничне робоче значення – 84 кПа (630 мм рт.ст.). Інтегральна поверхнева густина потоку енергії сонячного випромінювання (верхнє робоче значення) для висот до 15 км включно становить 1125 Вт/м² (0,027 кал), у тому числі

густина потоку ультрафіолетової частини спектра (довжина хвиль 280-400 нм) - 68 Вт/м² (0,0016 кал). Інтенсивність дощу (верхнє робоче значення) становить для виробів типу виконання В, ТУ, УХЛ (ХЛ), ТС - 3 мм/хв; для виробів типу ТВ, Т, ПРО, М, ТМ, ОМ, В - 5 мм/хв. Інтенсивність падіння краплі (верхнє робоче значення) для виробів типу М, ТМ, ОМ, У категорії 5, що не є убудованими елементами внутрішнього монтажу, становить 0,4 мм/хв при куті від 90 до 45° до обрїю. Концентрація озону в приземному (приводному) шарі повітря становить (верхнє робоче значення) для типу ТВ, УХЛ (ХЛ), Т, ПРО, ТМ, М, ОМ, В 40мкг/м³; для типу ТС, В, ТУ - 20мкг/м³. Швидкість вітру (верхнє граничне значення) становить 50 м/с. **За нормальні значення факторів зовнішнього середовища при випробуваннях СП (нормальні кліматичні умови випробувань) приймають такі: температура 25± 10° С; відносна вологість повітря 45-80%; атмосферний тиск 84-106,7 кПа (630-800 мм рт.ст.),** якщо в стандартах на окремі групи СП не прийняті інші межі, обумовлені специфікою СП. До мїр захисту від кліматичних впливів ставиться правильний вибір ступенів захисту, що відповідають матеріалам і покриттям поверхонь СП. Основна увага при цьому придїляється захисту від корозії за допомогою фарбування, хїмічного або електрохїмічного захисту поверхонь відповідно до методик, описаних у [1-4].

Захист від механїчних навантажень. Механїчні навантаження, впливу яких підлягають СП, обумовлені вібрацією будинків і споруджень, динамічними впливами на СП внаслідок закрїплення на верстатах і самохїдних пристроях (засобах транспорту, механїзмах - кранах, екскаваторах, бурових вежах), вітровими навантаженнями й ін. Конструктивні заходи по захисту від впливу механїчних навантажень повинні забезпечити виконання приладами заданих функцій, підвищення надїйності роботи СП, захист обслуговуючого персоналу від травматизму, шуму й вібрацій. Поряд із систематичними навантаженнями, викликаними згаданими умовами роботи, СП можуть підлягати випадковим одиночним або багаторазовим ударам у процесі експлуатації (наприклад, при роботі в приміщеннях, де має місце осколкове

дроблення, або в шахтах) або при транспортуванні (при транспортній вібрації й трясці, а також ударах). Особливе значення для СП, що працюють в умовах механічних навантажень, є забезпечення працездатності джерела світла (ДС), а також надійності контактів ДС в електротехнічній схемі СП. Важливо відзначити, що до виробів, призначених для функціонування в умовах впливу механічних навантажень, висувають вимоги по міцності й стійкості при впливі цих навантажень, а до виробів, не призначених для функціонування в цих умовах, - тільки по міцності. При цьому під міцністю до впливу механічних факторів розуміється здатність СП виконувати свої функції й зберігати свої параметри в межах, установлених стандартами норм після механічних впливів. Під стійкістю же розуміється здатність СП зберігати свої параметри в заданих межах під час впливу механічних факторів.

Рекомендована література

1. Айзенберг Ю. Б. Основы конструирования световых приборов / Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергоатомиздат. 1995.
2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы – Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергия, 1980.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 2006.
4. Трёмбач В. В. Световые приборы / В. В. Трёмбач. – М.: Высшая школа, 1990.

ТЕМА 4 ВИБІР ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ СП

Вибір оптичної системи СП є найважливішим і одним з перших етапів мікроконструювання, що у значній мірі визначає габарити, масу й всі основні характеристики світильника. Методи світлотехнічного розрахунку оптичних систем докладно викладені в [1-4]. Разом з тим знання основних принципів вибору оптичних систем СП і шляхів забезпечення їх високої світлотехнічної

ефективності для найбільш масових випадків застосування має важливе значення.

Основою для вибору оптичної системи СП є комплекс вимог до параметрів СП, насамперед, світлотехнічних, що формулюються у ТЗ на конструювання СП. При цьому повинні бути враховані зовнішні фактори і їхній вплив на параметри СП, а також властивості матеріалів, специфіка технології виробництва і особливості застосування СП в ОУ.

Відбивальні оптичні системи. Як показано в [1-4], СП із параболоїдними відбивачами забезпечують найбільшу концентрацію світлового потоку в порівнянні з іншими оптичними системами при однакових за розмірами світлових отворах і оптичних характеристиках матеріалів. Параболоїдні відбивачі створюють конічні світлові пучки із круговим обрисом і найменшими можливими кутами випромінювання. Параболоциліндричні дзеркальні відбивачі вибираються звичайно для лінійних ДС і тоді, коли необхідно створити світловий пучок із двома площинами симетрії в перетині з істотно різними кутами випромінювання в цих площинах, що розрізняються в 1, 5 - 4 рази. Параболоїдні й параболоциліндричні оптичні системи з відбивачами, що мають гладку поверхню, не можуть забезпечити можливість плавного регулювання характеристик світлового пучка СП - сили світла, кута розсіювання, однорідності розподілу світлового потоку в пучку - і з цього погляду можуть називатися твердими системами. Для зміни сили світла таких СП потрібне зміна геометричних розмірів відбивачів: для варіювання кута розсіювання потрібна зміна кута охопту відбивача (при цьому кут розсіювання росте значно повільніше, ніж кут охопту). Параболоїдні відбивачі з різними кутами охопту по-різному формують структуру пучка. Найкраща рівномірність розподілу світлового потоку в пучку забезпечується при плоских відбивачах з малими кутами охопту. При збільшенні глибини відбивачів захопленою оптичною системою потік значно зростає й розподіляється навколо незмінної центральної частини світлового пучка. При цьому загальний тілесний кут випромінювання СП збільшується майже в 3 рази, а рівномірність розподілу

потоків помітно погіршується. Чітко окреслені концентровані конусні пучки забезпечують прожектори з оптичною системою у вигляді дзеркального параболоїдного відбивача. Зміщений убік від оптичної осі контрвідбивач дозволяє змінити напрямок поширення світлового пучка, що в цілому ряді випадків, як, наприклад, в автомобільних несліпучих фарах, має велике значення.

Питання про придатність тієї чи іншої КСС різних варіантів оптичних систем має вирішуватися тільки з обліком конкретних світлотехнічних вимог. У одних випадках, наприклад, для прожекторів далекої дії, вимоги до рівномірності пучка диктують необхідність застосування плоских відбивачів з малими кутами охопту. В інших випадках, наприклад для маяків, рівномірність розподілу світлового потоку в пучку не тільки не потрібна, але й небажана, і тоді економічно значно вигідніше застосовувати в оптичній системі глибокі відбивачі з більшими кутами охопту. Висока рівномірність висвітлення забезпечується при роботі оптичних систем на основі пластинчастих (фацетних) дзеркальних відбивачів. Шляхом зміни розміру пластин можна одержати різні необхідні кути розсіювання СП. Кожна пластина такого відбивача створює повне зображення світнього тіла і при цьому освітленість від кожної пластини змінюється так само плавно, як безпосередньо від ДС (без відбивача). В основному застосовуються пластинчасті параболоїдні відбивачі, які створюють коефіцієнт підсилення від одного десятка до декількох, забезпечують кути розсіювання в кілька десятків градусів. По зазначених параметрах СП із пластинчастими параболоїдними відбивачами займають проміжне положення між СП із суцільними (гладкими) параболоїдними відбивачами і дзеркальними СП.

Світлові прилади із дзеркальними відбивачами, що мають розраховану форму поверхні, можуть забезпечувати різноманітні необхідні КСС, мають високі ККД завдяки відсутності багаторазових відбивань, що призводять до додаткових втрат світлового потоку в СП із дифузійними поверхнями. Дзеркальні СП забезпечують значно більше високі коефіцієнти використання в

ОУ, ніж інші види СП. Разом з тим залежність характеристик цих СП від умов експлуатації відносно більше; вимоги, які пред'являються до якості їхнього обслуговування, значно вище, ніж при використанні дифузійних СП. Для дзеркальних СП, призначених для роботи в нормальних умовах середовища, найбільш доцільні оптичні системи з матеріалів середньої твердості і твердих при конструктивно-світлотехнічних схемах СП класу II з інтенсивною природною вентиляцією; для роботи в тяжких умовах середовища - прилади класу IV з оптичними системами із твердих матеріалів (для внутрішніх поверхонь можливі матеріали середньої твердості) з надійною герметизацією внутрішньої порожнини. Таким чином, правильність вибору основних матеріалів і раціональність конструкції для заданих умов застосування мають для дзеркальних СП найбільше значення. Успішне рішення цих завдань дозволяє істотно підвищити техніко-економічні характеристики ОУ саме при використанні хоча й більше дорогих, але значно більше раціональних дзеркальних СП.

Найцікавіші можливості підвищення ефективності дзеркальних відбиваючих оптичних систем зі скла й пластмаси представляє використання технології нанесення багат шарових інтерференційних покриттів. Використання багат шарових покриттів дозволяє значно підвищити й ККД СП (завдяки тому, що покриття можуть мати коефіцієнт відбиття до 0,96) і поліпшити їхній тепловий режим, тому, що через багат шарове покриття може проходити до 80% ІК-випромінювання від ДС, що падає на відбивач. При цьому одночасно в багатьох випадках вдається різко зменшити тепловідвод від СП в освітлюване приміщення, особливо при вбудовуванні їх у стелю. Застосування таких СП із «холодним пучком» (СП холодного світла) особливо бажано при висвітленні картин у музеях і галереях, харчових продуктів і в інших випадках, коли при високих освітленостях треба знизити теплові навантаження. Особливо ефективно використання багат шарових покриттів через відсутність впливу на них зовнішнього середовища.

Комфортне світлове середовище в багатьох приміщеннях промислових і суспільних будинків забезпечується за допомогою СП із ЛЛ і дзеркально відбиваючими параболоциліндричними оптичними системами, що створюють у поперечній площині необхідну КСС. Особливо вигідно для цих випадків розробляти СП із тонкими лінійними енергоекономічними ЛЛ.

Заломлюючі оптичні системи. Такі системи, зокрема параболоїдні і параболоциліндричні, застосовуються в цілому ряді відповідних прожекторних СП. Разом з тим такі оптичні системи не є універсальними або кращими для всіх областей застосування прожекторної техніки. У багатьох випадках заломлюючі оптичні системи кращі завдяки наступним своїм перевагам: заломлюючі (лінзові) оптичні системи в прожекторах для кіностудій, театрів, телебачення й в інших подібних СП не дають провалів яскравості в центральній частині освітлюваної на близьких відстанях поверхні, дозволяють плавно змінювати світловий пучок від вузького до широкого без погіршення рівномірності розподілу світлового потоку при розфокусуванні ДС. Лінзові оптичні системи дозволяють одержати кілька світлових пучків від СП із одним ДС і декількома лінзами або однією циліндричною лінзою в установках світлової сигналізації (у морських і авіаційних маяках, сигнальних вогнях злітно-посадочних смуг аеродромів тощо). У багатолінзових оптичних системах можна добитися значного підвищення значень коефіцієнтів використання системи. Так, при застосуванні френелівських лінз із катадіоптричними елементами кут охопту може бути доведений до 180° . Основний недолік оптичних систем з катадіоптричними елементами полягає у тому, що кожне катадіоптричне кільце повинне виготовлятися окремо і механічно зчленовуватися з високим ступенем точності з іншими елементами оптичної системи. Інші види застосовуваної в прожекторних СП лінзової оптики відрізняються достатньою простотою виготовлення із силікатного скла методом пресування, мають відносно невисоку вартість, великий термін служби, характеристики їх мало залежать від умов експлуатації. Винятковий інтерес представляють новітні дискові лінзи фірми, виконані з теплостійкої пластмаси

(поліметилметакрилату), що мають у край малу товщину (близько 0,5 мм) і масу. Ці дискові лінзи використовуються, зокрема, з метою концентрації сонячної енергії в сонячних батареях.

Перевагою СП із заломлюючими оптичними системами є, як правило, високий ККД, недоліком - висока яскравість, що приводить до підвищеної сліпучої дії й обмеження області застосування. Яскравість світлового отвору заломлюючої оптичної системи в межах захисних кутів може бути помітно знижена шляхом перерозподілу світлового потоку в просторі за допомогою горизонтальних заломлюючих елементів на бічних поверхнях. Однак для більшості областей застосування таких світильників, наприклад зовнішнього освітлення, освітлення промислових будинків і підземних виробітків, виконання горизонтальних призм не тільки на зовнішньої, але навіть на внутрішній бічній поверхні заломлювачів неприпустимо через порушення експлуатаційних вимог (на цих поверхнях осідають забруднююче повітря компонента, що призводить до швидкої деформації КСС і зниженню ККД, при цьому очищення ребристої поверхні заломлювачів досить складна й неефективна).

Високі експлуатаційні характеристики для освітлення промислових і громадських будинків при роботі в нормальному навколишньому середовищі мають СП із заломлюючими відбивачами, що працюють на основі повного внутрішнього відбиття.

Комбіновані оптичні системи. Для рішення найбільш складних світлотехнічних завдань широке застосування знайшли комбіновані дзеркально-призматичні оптичні системи. Розглянемо лише кілька прикладів. Наприклад, для різкого зниження сліпучої дії зустрічних машин на вулицях і дорогах створюються й використовуються не тільки дзеркально-призматичні лампи-фари зі складною й різною геометрією призм, але й спеціальні оптичні системи, які перерозподіляють світло у просторі.

Рекомендована література

1. Айзенберг Ю. Б. Основы конструирования световых приборов / Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергоатомиздат. 1995.

2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы – Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергия, 1980.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 2006.
4. Трёмбач В. В. Световые приборы / В. В. Трёмбач. – М.: Высшая школа, 1990.

ТЕМА 5 УРАХУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ СП

При проектуванні оптичних систем має велике значення урахування технологічних факторів. Наприклад, при розробці оптичних систем потужних прожекторів далекої дії, відбивачі з діаметром більше 1,5м розраховують і виготовляють тільки з оптичного скла. Сучасні технологічні можливості світлотехнічної промисловості не дозволяють виготовити металеві відбивачі такого діаметра з високими точністю і якістю дзеркальної поверхні. Крім того, на працездатність великогабаритних металевих відбивачів сильно впливають коливання навколишньої температури, а також місцеві перегрівки від потужних ДС. Тому такі відбивачі діаметром до 3м роблять методом малювання з листового оптичного силікатного скла при найсуворішому дотриманні технологічних режимів їх термічної обробки. Технологічні особливості виробництва визначають вибір матеріалу для відбивачів цілого ряду СП. Зокрема, круглосиметричні дзеркальні відбивачі більшості СП для освітлення промислових споруд і зовнішнього освітлення виготовляються з листового алюмінію методом механічного ротаційного видавлювання. У той же час аналогічні відбивачі для дифузійних СП покриваються силікатною емаллю гарячого випалу, виготовляються зі сталевих аркушів методами глибокої поопераційної витяжки на пресах. Таке розходження в основному матеріалі і технології виготовлення, на перший погляд, однакових за призначенням

виробів пояснюється різними світлотехнічними вимогами до якості їхньої поверхні. При штампуванні (глибокій витяжці) виходять нерівності, утяжки матеріалу навіть після введення додаткової технологічної операції розгладження поверхні відштампованого виробу. Така якість поверхні не забезпечує виконання вимог до дзеркальних відбивачів і задовольняє їх тільки в тих випадках, коли всі ці нерівності ховаються при наступному нанесенні зверху товстого шару силікатної емалі. Ротаційне видавлювання відбивачів з більш м'якого й пластичного алюмінію забезпечує досить високу якість основної поверхні (навіть без наступного шліфування й полірування) при доданні їй шляхом гальванічної обробки необхідних світлотехнічних і експлуатаційних характеристик. Одержання дзеркально відбиваючих поверхонь за методом алюмінізації у вакуумі також вносить ряд істотних теплотехнічних обмежень. При цьому необхідно враховувати нагрівостійкість застосовуваних лаків.

Технологічний фактор, наявність устаткування й можливість виготовлення високоякісного інструмента й оснащення відіграють вирішальну роль при виборі й конструюванні оптичної системи з елементами із пластмаси. При наявності екструдерів можливе виготовлення незамкнутих профілів для розсіювачів і заломлювачів. Разом з тим екструзія не дозволяє одержати масові вироби високої точності (наприклад, із гострими кутами призм на заломлювачах), що легко досягається при литті під тиском. На термопластавтоматах можна відлити будь-який відбивач, у тому числі складної несиметричної форми (прийнятної для даного устаткування), за один технологічний цикл, різко скоротивши трудомісткість виготовлення в порівнянні з використанням традиційного листового металу. Замкнуті розсіювачі (сферичної, кубічної, октаедрічної і іншої форми) з високою якістю зовнішньої поверхні і конструктивно оформленим приєднувальним отвором можуть бути отримані методом лиття під тиском на спеціальному устаткуванні. Таких прикладів надзвичайно багато, і вони тільки підтверджують, що

розробник СП має вільно володіти технологічними знаннями, постійно вивчати можливості і особливості технологічного устаткування.

Рекомендована література

1. Айзенберг Ю. Б. Основы конструирования световых приборов / Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергоатомиздат. 1995.
2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы – Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергия, 1980.
3. Козлов В.Н. Технология производства световых приборов. М. : Энергоатомиздат, 1991.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 2006.
5. Трембач В. В. Световые приборы / В. В. Трембач. – М.: Высшая школа, 1990.
6. Технологія світлотехнічного виробництва. Конспект лекцій // Петченко Г.О. – Харків, ХНАМГ, 2005. – 102 с.

ТЕМА 6 УРАХУВАННЯ ТИПУ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА

Одним з перших питань, з якими доводиться мати справу при світлотехнічному проектуванні СП, є вибір типу, потужності, числа й розташування ДС.

Лампи розжарювання (ЛР). Звичайні ЛР мають найменші розміри світної поверхні і найбільші значення яскравості. Це самі невибагливі і дешеві ДС, на роботу яких не впливає ні температура, ні вологість навколишнього середовища, ні положення горіння, вони не вимагають дорогих і важких ПРА, широко використовуються в СП. Разом з тим саме через відносно малі розміри й високу яскравість ЛР створюють найбільш нерівномірний розподіл світлового потоку в пучку СП і високу сліпучу дію (особливо при лампах великої потужності). Їхнє успішне використання можливо лише за умови вживання спеціальних заходів для виключення зазначених недоліків - широкого

застосування молочних і опалових розсіювачів, відбивачів з характеристиками спрямованорозсіюваного або дифузійного відбиття. У ряді випадків виявляються виправданими такі ускладнення конструкції і технології, як виконання дзеркальних відбивачів із хвилястою поверхнею, або з регулярним мікрорельєфом, перекриття дзеркальних відбивачів матованими розсіювачами навіть в умовах, коли це не диктується необхідністю захисту від впливу середовища, використання заломлюючих розсіювачів.

Галогенні лампи розжарювання (ГЛР). Вони мають більші світлову віддачу й термін служби. Низьковольтні малогабаритні ГЛР потужністю від 20 до 100 Вт на напругу 6, 12 і 24 В за останні роки придбали винятково широке поширення, особливо в СП для житлових і громадських будинків, декоративних виробів. Найбільше широко представлені лампи-світильники з дзеркальними алюмінієвими або скляними відбивачами з діаметром вихідних отворів 35 і 50мм. Останні в основному випускаються з багатошаровим покриттям і забезпечують «холодні пучки» з кутовими розмірами 8, 12, 24, 30, 38 н 60°. Високі яскравості й тепловиділення ГЛР накладають додаткові вимоги на конструювання СП із ними.

Люмінесцентні лампи (ЛЛ). ЛЛ відрізняється малою яскравістю, великою довжиною при малій одиничній потужності, залежністю своїх характеристик від температури й вологості навколишнього середовища, наявністю пульсації світлового потоку. Ці особливості, як правило, призводять до необхідності використання декількох ЛЛ у СП (для підвищення потужності СП і зниження пульсації світлового потоку). Рациональний перерозподіл випромінювання ЛЛ можливо тільки в поперечних площинах, при цьому через відносно великі розміри світнього досягти значних коефіцієнтів підсилення СП при прийнятних розмірах відбивачів досить важко. У цьому плані значно ефективніше тонкий і надтонкі (діаметр 7мм) енергоекономічні ЛЛ. Більша довжина стандартних ЛЛ змушує при відсутності розсіювачів використовувати екрануючі ґрати, призначені для захисту очей від шкідливої сліпучої дії. Разом з тим при використанні ЛЛ із електронними ПРА, що забезпечують

високочастотне живлення, пульсації в схемах вдається повністю уникнути і в однолампових СП. Інша річ з використанням у СП **компактної люмінесцентної лампи (КЛЛ)**. Ці нові прогресивні ДС надають більші можливості перерозподілу їхнього випромінювання. Наявність гвинтового цоколя й убудованого ПРА в КЛЛ дозволяє а цілому ряді випадків застосовувати уніфіковані рішення. Необхідно відзначити, що завдяки малим габаритам при більших світловій віддачі й терміну служби КЛЛ дозволяють створювати найбільш ефективні СП із найменшими питомими витратами електроенергії й матеріалів на корисну світлову енергію, що виробляється протягом терміну служби. Компактні ЛЛ з вбудованим ПРА забезпечують можливість безпосередньої заміни ЛР в існуючих СП без конструктивних змін. Разом з тим вони мають відносно більші габаритні розміри й масу в порівнянні із ЛР, що дещо обмежує їх область застосування.

Загальне споживання електроенергії на люмен-годину виробленої світлової енергії становить для компактних ЛЛ із убудованим електронним ПРА лише 20-23% споживання електроенергії ЛР із таким же світловим потоком (з урахуванням витрати електроенергії в процесі виготовлення самих ламп). Вибір оптичної системи СП із компактними ЛЛ стає досить важливим завданням у зв'язку з винятково швидким розвитком цієї перспективної групи ДС.

Розрядні лампи. Лампи ДРЛ мають велике світне тіло з відносно невеликою нерівномірністю розподілу яскравості. Ці лампи найбільше ефективно використовуються в СП із гладкими дзеркальними відбивачами, що забезпечують гарну рівномірність світлового пучка СП. Разом з тим більші розміри й практична непрозорість колб ламп ДРЛ приводять до необхідності у виготовленні відбивачів великих розмірів. Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ), особливо великої потужності, мають практично лінійні світні тіла високої яскравості, що визначається також значною нерівномірністю її розподілу. Це призводить до доцільності переважного використання цих ламп у дзеркальних відбивачах параболоїдної або іншої форми при розташуванні пальника уздовж оптичної осі СП. У цих випадках розмір елементарних

відображень у меридіональних площинах досить великий, і хоча великої концентрації випромінювання (особливо для випадків використання НЛВТ із більше довгими пальниками) досягти важко, досить рівномірний розподіл світлового потоку у світловому пучку й стабільність КСС досягаються без особливих ускладнень при регулярному мікрорельєфі на відбивачі. Для забезпечення високої концентрації випромінювання в одній площині НЛВТ розташовують горизонтально по осі параболоциліндричного відбивача.

Особливо необхідно підкреслити підвищену чутливість НЛВТ до власного відбитого оптичною системою випромінювання, що призводить до перегріву пальника, неоптимального режиму роботи лампи, і, як наслідок – до зниження її світлової віддачі й терміну служби. Щоб уникнути цього при розробці оптичної системи СП необхідно вживати заходи для виключення такого негативного ефекту, що може мати місце лише в оптичній системі із дзеркальними відбивачами.

Світлодіоди. Бурхливий розвиток виробництва СД і їхнє широке впровадження у світлотехніку обумовлено низькою їх переваг:

1. Надійність СД непорівнянно вище, ніж в інших джерел світла. СД мають термін служби 100000 годин, а в інформаційному випуску фірми HP від 1996 року повідомляється, що і 1000000 годин - вже не проблема.

2. Світлова віддача деяких СД вже перевищує світлову віддачу ламп накаливання і досягає 30 лм/Вт, причому є перспектива її підвищення в найближчі роки в 2-3 рази. Теоретично границю випромінювання оцінили в 320 лм/Вт.

3. На відміну від газорозрядних джерел світла, СД не вимагають якою-небудь пускорегулюючої апаратури. Вони допускають послідовне і рівнобіжне з'єднання без з'єднань, що вирівнюють, що спрощує можливість їхнього використання.

4. Конструкція сучасних СД дозволяє концентрувати випромінюваний ними потік у малих тілесних кутах. Це уможливорює створення світлових

приладів без застосування якої-небудь зовнішньої оптичної системи, причому коефіцієнт використання світлового потоку близький до 100 %.

5. Випромінювання СД близьке до монохроматичного, причому є високоефективні СД із випромінюванням в областях червоного, жовтого і зеленого кольорів, застосовуваних у візуальній сигналізації. Це відкриває необмежені можливості у використанні СД у світлосигнальному устаткуванні.

6. Висока стійкість СД до механічних впливів і їхня працездатність у широкому інтервалі температур (від мінус 50 до +100° С) дозволяють використовувати їх на будь-яких засобах транспорту - від велосипеда до космічних кораблів.

До кінця 80-х років основною галуззю застосування СД були світлова індикація і засоби відображення інформації. Першою галуззю масового застосування СД стала дорожня сигналізація. Практично одночасно в США, Японії і ряді європейських країн з'явилися світлофори з використанням СД, по своїм світлотехнічним параметрам (сила світла, кольоровість випромінювання і кут випромінювання) цілком відповідним вимогам міжнародних і національних стандартів. По економічності світлофори зі СД перевершують традиційні світлофори з лампами накалювання в кілька разів, по терміну служби в сотні разів. Для автодорожніх світлофорів характерні наступні параметри: кут випромінювання 30 (за рівнем 0,5), осьова сила світла не менш 80 кд, термін експлуатації (без обслуговування) – 15 років і більш. Незважаючи на те, що вартість світлофорів зі СД у даний час у 2-4 рази вище, ніж лампами накалювання, вони цілком окупаються за один - три роки.

Крім автодорожніх, з'явилися залізничні світлофори зі СД. Вони створюють більш вузький світловий пучок (близько 4 град.), осьова сила світла від 2300 кд (для червоного світла) до 4300 кд (для жовтого світла). Створено стрілочні світлофори синього кольору з кутом випромінювання близько 9 град. (за рівнем 0,1) і осьовою силою світла близько 120 кд. Потужність споживана залізничними світлофорами – від 0,6 Вт для стрілочних синього кольору до 5 Вт для жовтого кольору.

Особливо перспективне використання СД у плаваючих маяках, бакенах і створених вогнях з автономними джерелами живлення на річковому транспорті, тому що менше енергоспоживання джерел світла дозволяє значно рідше змінювати джерела струму, і строк окупності може скоротитися до одного року. Мала інерційність СД дає їм перевагу перед лампами накаливання при застосуванні у вогнях гальмування автомобілів. Перспективно їхнє використання також у габаритних вогнях, покажчиках повороту, заднього ходу тощо. Параметри сучасних СД роблять їхній конкурентноздатними в багатьох світлосигнальних устроях аеродромів (вогні кругового огляду, світлові покажчики, вогні наближення підходу).

Світлодіоди, що випромінюють у ІЧ діапазоні, найбільше широко використовуються в пультах дистанційного керування телевізорів і іншій радіоапаратурі. Мала інерційність СД дозволяє модулювати їхнє випромінювання з частотою до десятків мегагерц і тим самим передавати широку гаму командних сигналів.

Це ж властивість СД у сполученні з малими габаритами випромінюючого тіла, що дозволяють сконцентрувати випромінювання у вузьких пучках (до десятків кутових хвилин), визначило ще одну велику область застосування СД - оптичний зв'язок з відкритим оптичним каналом. Використання відкритого оптичного каналу замість волоконної оптики робить системи оптичного зв'язку на СД винятково надійними, потайливими, заводо захищеними і мобільними.

Широкою галуззю застосування СД є світлова реклама, особливо динамічна з комп'ютерним керуванням.

Поява високоефективних СД із випромінюванням у синьо-зеленій області спектра відкрило ще одну перспективну галузь їхнього використання – створення світлодіодних телевізійних екранів з високою якістю передачі кольору. Роботи в цьому напрямку активно ведуться і по нинішній час.

Рекомендована література

1. Айзенберг Ю. Б. Основы конструирования световых приборов / Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергоатомиздат. 1995.
2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы – Ю. Б. Айзенберг. – М. : Энергия, 1980.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 2006.
4. Трембач В. В. Световые приборы / В. В. Трембач. – М.: Высшая школа, 1990.
5. Шуберт Ф. У. Светодиоды / Ф. У. Шуберт. – М. : Физматлит, 2008.

ТЕМА 7 ПРОБЛЕМА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВКАХ

Для всіх країн світу [1], не тільки передових, але й таких, що розвиваються, зазначена проблема набула за останні роки особливого значення. При цьому від успіхів у вирішенні цієї проблеми багато в чому залежить майбутнє людської цивілізації не тільки в зв'язку з поступовим вичерпуванням горючих копалин, які ідуть на вироблення електроенергії, але й із-за швидкого забруднення навколишнього середовища і викидами в атмосферу шкідливих речовин (діоксидів вуглецю і сірки, а також ртуті), утворених в результаті згоряння палива при виробленні електроенергії. Відомо, що при виробленні на теплових електростанціях (працюючих на вугіллі) 1 кВт год. електроенергії в атмосферу викидається біля 1 кг CO₂. Проблема в значній мірі пов'язана також з неперервним збільшенням масштабів освітлювальних установок (ОУ) і використанням в них електроенергії.

По оцінках метеорологів, глобальне потепління на нашій планеті розпочалось приблизно в 1978 р. і викликане так званим «парниковим ефектом» - накопиченням в атмосфері «парникових» газів, в першу чергу двоокису вуглецю (CO₂). Основний внесок в загальний об'єм викидів CO₂ припадає на частку вугілля і інших видів палива, які згоряють на теплових електростанціях (ТЕС). Світові витрати електроенергії на штучне освітлення на початку

2002 року спричиняють щорічні викиди в атмосферу до 300 млн. тон CO₂. По прогнозах американського World watch Institute, до 2010 р. ця цифра може збільшитись до 450 млн. т/рік.

Стабільність температури навколишнього середовища є одним із основних умов існування життя. Головними механізмами, які забезпечують стабільність температури на поверхні Землі, є випромінювання Сонця і парниковий ефект. Явище “парникового ефекту” заключається в тому, що після відбивання від поверхні Землі частина сонячної енергії не повністю розсіюється в космічному просторі. Значна частина теплового випромінювання утримується парниковими газами, які входять в склад атмосфери Землі. Завдяки цьому температура підвищується на 33°C. Без парникового ефекту температура біля поверхні Землі не перевищувала б -18°C, а це означає відсутність умов для життя, тому що вода на земній поверхні існувала б тільки у вигляді льоду.

Багаторічний моніторинг виявив яскраво виражену тенденцію до підвищення середньорічної температури. Більшість спеціалістів зв'язують це явище з підвищенням концентрації газів, яке прийнято називати парниковими. Антропогенні викиди CO₂, CH₄ і N₂O, які відносяться до групи парникових газів, здатні в значній степені збільшити парниковий ефект. Результатом цього може бути підвищення середньорічної температури на протязі XXI століття на 2...5°C. Цей процес буде здійснюватися рівномірно. В одних регіонах температура буде мінатися швидше, в інших – повільніше. Результатом цього буде зміна циркуляції вітрів і перерозподіл опадів. Це, в свою чергу, приведе до збільшення вологості в одних регіонах і до засух в інших. Зміна температури, кількості опадів і рівня моря відобразиться на життєдіяльності людей.

Особливо суттєво вплив глобального потепління буде відчуватися в прибережних зонах. Деякі з них просто зникнуть. Значно збільшиться ерозія ґрунту, більш частішими стануть повені, затоплення прибережних територій, збільшиться кількість зволжених земель. В сільському господарстві виникне необхідність в іригаційних міроприємствах, зміниться врожайність і кількісний склад культур, а це, в свою чергу, відобразиться на тваринництві. В енергетичному секторі найбільш вразливою буде гідроенергетика.

Шляхи вирішення проблем: зменшення викидів і збільшення поглинання парникових газів.

Відповідні міжнародні і національні організації розробили цілий ряд заходів, направлених на запровадження енергоефективних технологій, в тому числі реалізацію першочергових кроків по економії електроенергії в установках внутрішнього і зовнішнього освітлення.

Міжнародне енергетичне агентство (IEA) і Товариство економічного співпраці і розвитку (OECD), разом з міжурядовим договором на Всесвітній конференції Earth Summit про різке скорочення забруднення атмосфери, разом з Європейським міністерством навколишнього середовища запропонували програму, здійснення якої може знизити витрати електроенергії на освітлення в середньому на 60%. До числа реальних заходів підвищення енергоефективності ОУ і, відповідно, зниження викидів CO₂ під час роботи теплоелектростанцій відносяться перш за все:

1) широке впровадження в ОУ житлових і громадських споруд КЛЛ шляхом прямої заміни ними ЛР;

2) перехід в ОУ промислових і громадських споруд на ОП з лінійними ЛЛ нового покоління з високою світловіддачею (≥ 100 лм/Вт);

3) використання електронних ПРА замість електромагнітних в світильниках з ЛЛ і КЛЛ;

4) автоматизований контроль і керування освітленням в залежності від інтенсивності природнього світла і за допомогою датчиків присутності;

5) більш ефективне використання природнього світла в світлий час доби за рахунок застосування активних світло-перерозподіляючих елементів на світлопройомах (як бокових, так і стельових).

Ось деякі, досить цікаві результати розрахункових прогнозів про економічні і екологічні вигоди масового застосування КЛЛ в побуті країн Західної Європи (по даних Philips Lighting і Osram). Якщо в кожному із – 145 млн. одиниць домашніх господарств країн Європейського Союзу 3 шт. ЛР по 60 Вт будуть замінені еквівалентними по світловому потоку трьома КЛЛ по 11 Вт з вмонтованими електронними ПРА, то при середньому напрацюванні 4 г/добу можна отримати річну економію електроенергії, еквівалентну

ліквідації на європейському континенті десяти теплоелектростанціям потужністю 600 МВт кожна. По розрахунках фірми Osram, заміна - 35 млн. домашніх господарств Німеччини тільки однієї ЛР 60 Вт на КЛЛ 11 Вт дозволила б за строк служби в 10 тис. год зекономити близько 17,5 млн. кВт·год., що рівнозначне зниженню в ТЕС витрат кам'яного вугілля на 5 млн. т/рік і, відповідно, скороченню викидів CO₂ на 15 млн. т щорічно.

Заслужують уваги і оцінки спеціалістів Siemens AG відносно перспективних результатів широкого впровадження високочастотних електронних ПРА при реконструкції старих і облаштуванні нових внутрішніх ОУ з ЛЛ. Якщо б всі ЛЛ, які експлуатуються в спорудах Німеччини (більше 300 млн. шт.), працювали з електронним ПРА (замість електромагнітних), то економія електроенергії склала приблизно 6,5 млрд. кВт·год./рік. Цей потенціал еквівалентний річному споживанню 2 млн. т вугілля в звичайних ТЕС або річному виробленню електроенергії на німецькій АЕС Isar I. Така економія електроенергії дозволила б зменшити викид CO₂ орієнтовно на 6 млн. т щорічно. Це послужило б суттєвим вкладом в справу захисту навколишнього середовища, якщо врахувати, що в Німеччині на освітлення витрачається близько 50 млрд. кВт·год./рік (9 – 10% від загального об'єму виробленої електроенергії), а ТЕС, які виробляють електроенергію, викидають в атмосферу більше 27 млн. т CO₂ в рік. В рамках здійснення енергозберігаючої програми SAVE Європейська енергетична комісія провела дослідження по виявленню першочергових заходів по економії електроенергії на штучне освітлення. При цьому було виявлено, що всі ОУ з ЛЛ в Західній Європі споживають щорічно 10 млрд. кВт·год (кВт·год), що рівне загальній річній витраті електроенергії в Бельгії і Португалії на всі промислові і господарські потреби.

Переважні області застосування освітлювальних приладів з ЛЛ – це виробничі, адміністративно-управлінські, учбові, лікувальні заклади, музеї і ряд інших об'єктів. Звичайно, що зниження власних витрат ПРА в світильниках, які застосовуються в великих кількостях для загального освітлення приміщень, створює оптимістичні передумови для зменшення витрат електроенергії в ОУ з ЛЛ.

Енергетична комісія внесла в Європейський парламент пропозиції по регламентації вимог до підвищення енергоефективності ПРА для ЛЛ на базі

класифікації, розробленої CELMA – Європейської асоціації виробників освітлювальних приладів. Метою цієї акції є поетапне, протягом декількох років, скорочення обсягів випуску і застосування електромагнітних ПРА (як зі стандартним, так і з пониженим рівнем втрат) і широкомасштабне впровадження в нові і системи освітлення світильників, що модернізуються, оснащеними енергоекономічними електронними ПРА. Якщо ці пропозиції будуть реалізовані, то до 2020 р. в регіоні Європейського Союзу в установках внутрішнього освітлення з ЛЛ можна буде розраховувати на економію до 12 млрд. кВт·год/рік і зниження емісії CO₂ на ТЕС в атмосферу приблизно на 6 млн т/рік. Розрахунки показали, що реально економія електроенергії, яка досягається в установках внутрішнього освітлення при широкому використанні нових світильників з ЛЛ високої світловіддачі і електронних ПРА, світло регулюючих систем і ефективних методів природнього освітлення може скласти 75%; це відповідно обумовить зниження емісії CO₂ в 2 рази.

Експерти фірми Philips Light переконливо довели, що при реконструкції всіх ОУ промислових і громадських споруд в Німеччині з використанням ЛЛ з підвищеною світловіддачею (90 – 100 лм/Вт) і електронних ПРА, а також ОП з ККД ≥ 70 % можна в середньому добитися зниження питомої потужності освітлення з 25 до 10 Вт/м² без погіршення його кількісних і якісних світлотехнічних параметрів. Це дозволило б реально розраховувати на економію електроенергії більше 2 млрд. Євро (діючий в Німеччині тариф на промислову електроенергію рівний 0,078 Євро/кВт год). Кількість щорічно зекономленого кам'яного вугілля на ТЕС при цьому склало б 8,5 млн т, а це значить, що при економії, яку отримуємо від скорочення питомої потужності ОУ в 2,5 рази об'єм викидів CO₂ в атмосферу знижується на 25,4 млн т/рік.

Характерно, що в Україні, на відміну від промислово розвинутих країн Заходу, має місце надмірне споживання електроенергії у промисловості і водночас зниження її норми на освітлення квартир. Останній фактор, зумовлений не достатньою поки що забезпеченістю населення житловою площею та відносно низькими доходами населення. І все ж соціальна невлаштованість, хочеться вірити, явище швидкоминуче, не настільки принципове, щоб стримувати поступ світлотехніки. Тим паче, що саме такий

прогрес обіцяє народному господарству неабиякий економічний вигаш. Судіть самі. Перехід від світильників із традиційними лампами розжарювання (середня потужність кожного 120 Вт) на енергоекономні дасть можливість знизити встановлену потужність і споживану електроенергію не менше, як на 70 %. При оновленні хоча б п'ятої частини світильників із лампами розжарювання до 2006 року, що цілком реально, сумарне зниження потужності становитиме більше 3 млн кВт. Таким чином щорічна економія енергії сягатиме понад 6 млрд кВт/год.

На даний час стан освітлення в Україні може бути розцінений як критичний. Ось, що, на підтвердження сказаного, говорить статистика. Системи освітлювальних установок в понад 60 % виробничих площ промислових будівель, 75 % приміщень адміністративних закладів, у тому числі понад три четверті шкіл та інших навчальних приміщень, біля дев'яносто відсотків зовнішнього освітлення взагалі не відповідають нормативним вимогам. Основними причинами такого становища є дефіцитність економічних джерел світла та освітлювальних приладів, експлуатація фізично застарілих виробів. Крім цього більшість вітчизняних аналогів за своїм технічним рівнем ще поступаються виробам передових закордонних фірм.

Нині для потреб освітлення в народногосподарському комплексі України використовується понад 260 млн штук приладів, які споживають електроенергії приблизно 14 % від загального виробництва. Однак ці цифри аж ніяк не свідчать про максимальну ефективність освітлення. Через низьку ефективність джерел світла і світлових приладів питома вага витрат електроенергії на виготовлення світлової енергії в 1,5 рази вища, ніж у західних країнах.

Основними причинами такого стану є:

1) використання малоефективних світильників оснащених високовитратними лампами розжарення;

2) експлуатація фізично зношених приладів, в яких відбивачі та розсіювачі понизили свої оптичні характеристики.

Нераціональність використання електроенергії пов'язана, насамперед, із тим, що велика група світильників для промислового освітлення має низький

коефіцієнт корисної дії і малоефективний розподіл сили світла. Для вирішення енергетичних і екологічних проблем пов'язаних з електричним освітленням, необхідно значно підвищити ефективність використання електроенергії в ОУ.

Рішення цих проблем, зводиться до вирішення чотирьох основних задач.

1. Удосконалення засобів освітлення за рахунок застосування прогресивних СП.

2. Удосконалення способів освітлення за рахунок впровадження нових принципів проектування й нормування освітлення.

3. Покращення експлуатації ОУ.

4. Стимулювання споживачів електроенергії за використання енергозберігаючих джерел світла.

З наведених вище проблем з економії електроенергії перша є найважливіша, яка створює базу для вирішення всіх інших. Вирішувати цю задачу необхідно двома шляхами, або точніше у два етапи.

Перший етап – заміна в освітлювальних установках світильників із лампами розжарювання (ЛР) на світильники з газорозрядними лампами, в першу чергу на люмінесцентні (ЛЛ) і газорозрядні лампи високого тиску (ГЛВТ, ДРЛ, ДРІ, ДНаТ). Адже, середня економія електроенергії, при заміні ЛР на ЛЛ складає – 64 %, а ЛР на ГЛВТ складає – 70 %. Тому при проектуванні нових ОУ, або реконструкції діючих, вибір джерел світла повинен здійснюватись, як правило, на основі техніко-економічного порівняння варіантів освітлення конкретного об'єкта з урахуванням всіх капітальних та експлуатаційних затрат.

Проте, враховуючи стійку тенденцію випереджуючого зростання ціни на електроенергію в порівнянні з ростом цін на світлотехнічні вироби, можна сміливо сказати, що економія електроенергії буде вирішальним фактором у визначенні ефективності ОУ. Оскільки світловіддача газорозрядних ламп в 3 – 6 разів вища ніж ЛР, а строк служби в 8 – 10 разів, то проектним організаціям необхідно розширювати й впроваджувати нові зони використання газорозрядних ламп високого тиску. Заміна світильників із ЛР на світильники з ЛЛ і ГЛВТ при наших умовах окупить себе на протязі року, при цьому значно збільшиться освітленість робочих місць.

Другий етап – це розробка, освоєння та застосування в ОУ нових СП з високо інтенсивними енергоекономними лампами, ефективним світлорозподіленням, ПРА з пониженими втратами і з електронним ВЧ ПРА. При використанні ефективних засобів освітлення витрати електроенергії можна знизити майже вдвічі. Основні напрями вирішення цього важливого завдання полягатимуть у вдосконаленні засобів і методів освітлення та покращенні експлуатації освітлювальних приладів.

Удосконалення засобів освітлення включає передусім роботу над такими важливими проблемами, як підвищення коефіцієнта корисної дії; стабілізація світлового потоку джерел світла в процесі служби; розробка, виробництво і використання світлових приладів з ефективним світлорозподілом; стабілізація характеристик освітлювальних приладів під час експлуатації.

Проведений аналіз [1], показав, що можливою є економія електроенергії на освітлення в різних галузях народного господарства від використання сучасних енергоекономічних систем освітлення.

В умовах енергетичної кризи, при виборі світлових приладів, питання економічності повинні бути вирішальною. Тому з метою використання ефективних світильників з дизайном високого класу й оптимальних характеристик, а також з огляду на економічний стан України, маючи через економію електроенергії, необхідно на урядовому рівні вирішити питання введення своїх національних норм якості освітлення, з огляду на рекомендації МКО й досвід передових закордонних країн, а також завдання законодавчого закріплення вимог до економії енергії у світлотехнічних виробках у стандартах, нормах і правилах, які б виключали використання енергозатратної освітлювальної техніки в народному господарстві.

Рекомендована література

1. Матеріали офіційного сайту ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА» – Режим доступу <https://vatra.ua/ukr/>
2. Айзенберг Ю. Б. Энергозбережение в светотехнических установках / Ю. Б. Айзенберг, Н. В. Рожкова // Новости светотехники.- Вып. 4(6). – 1999.

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«Світлові прилади»

(для студентів денної і заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Укладачі: **Литвиненко** Анатолій Савелійович,
Петченко Гліб Олександрович,
Ляшенко Олена Миколаївна,
Діденко Олена Михайлівна

Відповідальний за випуск: *О. М. Ляшенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. М. Ляшенко*

План 2018, поз. 272 М

Підп. до друку 24.05.2018. Формат 60×84 1/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,0
Зам. № Тираж 100 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017