

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

ОСНОВИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ

методичні рекомендації

для підготовки до лекційних робіт здобувачами початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв
2023

УДК 628.9:621.3

О-75

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету (протокол № 7 від 27.02.2023.)

Укладачі:

Садовий Олексій – канд. тех. наук, доц. кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Мардзявко Віталій. – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Руденко Андрій – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Рецензенти:

Грубань Василь – к.т.н., доц. кафедри тракторів та сільськогосподарських машин експлуатації і технічного сервісу Миколаївського національного аграрного університету.

Ставинський Андрій – д-р. тех. наук, професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки МНАУ.

ЗМІСТ

ТЕМА №1. Загальні відомості про оптичне випромінювання

- 1.1 Основні поняття і визначення
- 1.2 Спектр електромагнітних коливань, його властивості ізастосування
- 1.3 Розподілення енергії оптичного випромінювання поспектру
- 1.4 Механізм виникнення оптичного випромінювання
- 1.5 Фотобіологічна дія оптичного випромінювання

ТЕМА №2. Основні величини і одиниці вимірювання оптичного випромінювання

- 2.1 Основні енергетичні величини і одиниці їх вимірювання
- 2.2 Загальні принципи побудови систем ефективних величин
- 2.3 Основні величини і одиниці вимірювання (видимого, ультрафіолетового, випромінювання, що використовується в рослинництві)

ТЕМА №3. Прилади для вимірювання оптичного випромінювання

- 3.1 Оптичні властивості тіл
- 3.2 Вимірювальні приймачі оптичного випромінювання
- 3.3 Люксметри
- 3.4 Прилади для вимірювання ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання

ТЕМА №4. Електричні джерела оптичного випромінювання. будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні і експлуатаційні характеристики

- 4.1 Основні закони теплового випромінювання
- 4.2 Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні і експлуатаційні характеристики
- 4.3 Галогенні лампи розжарювання
- 4.4 Інфрачервоні лампи
- 4.5 Основні закономірності електричного розряду в газах і парах металів

ТЕМА №5. Будова і принцип дії люмінесцентних ламп, їх основні характеристики

- 5.1 Будова та принцип дії лінійних люмінесцентних ламп
- 5.2 Будова та принцип дії компактних люмінесцентних ламп
- 5.3 Основні характеристики люмінесцентних ламп
- 5.4 Пускорегулюючі апарати для люмінесцентних ламп, схеми їх вмикання

ТЕМА №6. Газорозрядні, світлодіодні лампи, їх основні характеристики

- 6.1 Газорозрядні лампи високого тиску, їх основні характеристики
- 6.2 Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання низького і високого тиску
- 6.3 Світлодіодні лампи, їх основні характеристики

ТЕМА №7. Вибір та розрахунок освітлювальних установок

- 7.1 Основні вимоги до електричного освітлення сільськогосподарських приміщень
- 7.2 Види і системи освітлення
- 7.3 Вибір типу джерел світла та світильників
- 7.4 Вибір нормованої освітленості
- 7.5 Вибір коефіцієнту запасу
- 7.6 Розміщення світильників у приміщенні

ТЕМА №8. Методи розрахунку освітлення

- 8.1 Метод питомої потужності
- 8.2 Точковий метод лінійних ізолюкс
- 8.3 Точковий метод просторових ізолюкс
- ТЕМА №9. Вибір та розрахунок опромінювальних установок
 - 9.1 Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту
 - 9.2 Основні положення розрахунку тепличних опромінювальних установок
 - 9.3 Розрахунок установок для опромінення з точковими джерелами випромінювання
 - 9.4 Розрахунок установок для опромінення з лінійними джерелами випромінювання
- ТЕМА №10. Установки ультрафіолетового опромінення
 - 10.1 Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання
 - 10.2 Типи стаціонарних і рухомих установок для опромінення, їх характеристики і особливості безпечного обслуговування
 - 10.3 Методика розрахунку стаціонарних і рухомих установок ультрафіолетового опромінення
- ТЕМА №11. Установки інфрачервоного опромінення
 - 11.1 Біологічна дія інфрачервоного опромінення
 - 11.2 Опромінювачі та установки для опромінення тварин і птиці, їх основні характеристики
 - 11.3 Методика розрахунку і вибору установок інфрачервоного випромінювання
- ТЕМА №12. Автоматизовані установки інфрачервоного обігріву і ультрафіолетового опромінення молодняка тварин і птиці
 - 12.1 Технічні характеристики установок ІЧ- і УФ- опромінення
 - 12.2 Опромінювальні установки ИКУФ-1 і ИКУФ-1М
 - 12.3 Конструкція опромінювача установки «Луч»
- ТЕМА №13. Проектування освітлювальної мережі освітлювальних установок
 - 13.1 Вибір напруги і джерел живлення
 - 13.2 Основні елементи та характеристика схеми живлення освітлювальних установок
 - 13.3 Розрахунок електричної освітлювальної мережі
 - 13.4 Вимоги до освітлювальних мереж
 - 13.5 Вибір схеми живлення
 - 13.6 Вибір марки проводу та способу прокладання
 - 13.7 Вибір групових щитків
 - 13.8 Вибір апаратів захисту
- ТЕМА №14. Управління освітленням та захист електроустановок освітлювальної мережі
 - 14.1 Управління освітленням
 - 14.2 Електробезпека та захист в освітлювальних установках
 - 14.3 Заземлення в освітлювальних установках
- ТЕМА №15. Монтаж установок для освітлення та опромінення. Основні характеристики освітлювальних та опромінювальних приладів
 - 15.1 Класифікація та основні характеристики світильників
 - 15.2 Загальні характеристики опромінювачей
 - 15.3 Стробоскопічний ефект та способи його усунення
 - 15.4 Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами

15.5 Складання плану освітлювальної мережі приміщень сільськогосподарських споруд

15.6 Приклад монтажу проводок освітлення з врахуванням вимог чинних нормативів надійності зручності та безпеки

15.7 Організація монтажу систем освітлення
Вимоги до оформлення конспекту лекцій

ВСТУП

Електричне освітлення та опромінення на сучасному етапі має надзвичайне значення в людській діяльності. Останнім часом розвивається ринок іноземних джерел оптичного випромінювання і світильників всесвітньовідомих фірм. На потреби освітлення в сільському господарстві витрачається понад 15% від усієї використовуваної електроенергії. Якість освітлення, економія електричної енергії, матеріальних і трудових ресурсів знаходяться в прямій залежності від рівня інженерних рішень, які ми приймаємо, насамперед на стадії проектування освітлювальних та опромінювальних установок. Правильно виконане електричне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню собівартості продукції, зменшенню травматизму, а також створює комфорт на виробництві та сприятливі умови для відпочинку.

Застосування опромінювальних установок у галузях сільського господарства спрямоване на підвищення продуктивності при невеликих затратах електроенергії і, як електричне освітлення приміщень тваринницьких комплексів і птахофабрик, є важливим елементом середовища проживання тварин і птахів, від якого залежить їх продуктивність та собівартість продукції

Програмою дисципліни "Основи електричного освітлення та опромінення" передбачається вивчення фізичних основ оптичного випромінювання, будови і принципу дії електричних джерел оптичного випромінювання, світильників, установок електричного освітлення і опромінення, методик розрахунку освітлювальних і опромінювальних установок і придбання практичних навичок їх вибору та підготовки до роботи.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати фізичні основи оптичного випромінювання і його біологічну дію та величини і одиниці його вимірювання, будову і принцип дії ламп, світильників, опромінювальних установок та їх характеристики, методику їх вибору.

Вивчивши дисципліну, студенти повинні вміти правильно вибирати освітлювальні й опромінювальні установки, використовувати найбільш раціональні типи джерел випромінювання.

ТЕМА №1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОПТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з основними поняття та визначення про оптичне випромінювання.

План лекції

1. Основні поняття і визначення.
2. Спектр електромагнітних коливань, його властивості ізастосування.
3. Розподілення енергії оптичного випромінювання поспектру.
4. Механізм виникнення оптичного випромінювання.
5. Фотобіологічна дія оптичного випромінювання.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

1.1 Основні поняття і визначення

Оптичне випромінювання по своїй природі відноситься до електромагнітних коливань. Коливання з довжиною хвилі від 1 нм до 10000 нм називаються оптичним випромінюванням. Всі предмети (тіла), що оточують нас, випускають електромагнітні хвилі. Цей процес супроводжується виділенням накопиченої в них енергії.

У загальному спектрі електромагнітних випромінювань оптична область складає лише невелику частину. Як і всякі інші хвильові процеси, випромінювання прийнято характеризувати довжиною хвилі (λ), під якою розуміється лінійна відстань (у напрямку розповсюдження випромінювання) між двома сусідніми точками з однаковою фазою. Зі швидкістю світла c та частотою ν (число коливань в секунду) довжина хвилі зв'язана наступною залежністю:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

де λ – довжина хвилі, нм; c - швидкість світла $3 \cdot 10^{10}$ см·с⁻¹; ν – частота випромінювання, Гц.

Уявлення про випромінювання як хвильовий процес недостатньо для пояснення деяких властивостей випромінювання. Електромагнітне випромінювання при взаємодії з матерією (речовиною) веде себе так, як ніби його енергія розділена на порції – кванти.

Кванти оптичного випромінювання називають фотонами. Фотони розповсюджуються як матеріальні частинки. Експериментально П. М. Лебедевим було доведено, що випромінювання представляє собою потік матеріальних частинок, які, потрапляючи на яку-небудь поверхню, роблять на неї тиск. Теоретичні обґрунтування квантових властивостей випромінювання належать М. Планку та А. Ейнштейну.

Величина енергії фотона E залежить від довжини хвилі випромінювання і може бути обчислена за формулою:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

де h - стала Планка, рівна $6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; c - швидкість світла, яка дорівнює $3 \cdot 10^{10}$ см·с⁻¹.

Так як $c = \nu \cdot \lambda$, то, відповідно, вираз можна записати наступним чином:

$$E = h\nu$$

Однією із основних величин, яка характеризує випромінювання, є потік випромінювання, під яким розуміється потужність випромінювання. Навіть в невеликому потоці, випромінювання є велика кількість фотонів, але кожен із них має дуже малу енергію. Тому для багатьох практичних випадків можна рахувати, що енергія фотонів рівномірно розподілена в потоці випромінювання і поглинання, а випускання тілами даної енергії можна розглядати, як безперервний процес.

В першій половині ХХ століття були встановлені нові факти, які мають безпосереднє відношення до вчення про оптичне випромінювання:

- оптичне випромінювання характеризується хвильовими і корпускулярними властивостями;
- частинки речовини, також як і оптичного випромінювання мають двійну корпускулярну і хвильову природу;
- частинки речовини можуть перетворюватись в оптичне випромінювання, а оптичне випромінювання в речовину.

1.2 Спектр електромагнітних коливань, його властивості і застосування

Оптична область спектра поділяється на 3 зони:

1. УФ - випромінювання – це невидиме випромінювання (ультра – по латині - за), тобто воно знаходиться за видимим випромінюванням в діапазоні довжини хвиль 1 нм - 380 нм. Даний діапазон поділяється на чотири групи:

1 нм – 200 нм – вакуумне ультрафіолетове випромінювання; 200 нм – 280 нм – ультрафіолет в області С;

280 нм – 315 нм – ультрафіолет в області В; 315 нм – 380 нм – ультрафіолет в області А;

2. Видиме випромінювання, це таке, яке може викликати зорове відчуття людини і воно знаходиться в діапазоні довжини хвиль 380-760 нм.

3. ІЧ-випромінювання – це невидиме випромінювання (інфра – по латині - попереду), тобто воно знаходиться попереду видимого випромінювання в діапазоні довжини хвиль 760-10000 нм. Даний діапазон поділяється на три групи:

760 нм – 1400 нм – інфрачервоне випромінювання в області А;

1400 нм – 3000 нм - інфрачервоне випромінювання в області В;

3000 нм – 10000 нм - інфрачервоне випромінювання в області С. Спектр випромінювання – це сукупність випромінювань,

розміщених в ряд в порядку зміни довжини хвилі.

Розглянемо більш детально оптичне випромінювання.

Згідно рис.1 видиме випромінювання займає вузьку полосу в спектрі оптичного випромінювання, але саме воно відіграє вирішальну роль життєдіяльності людини, так як забезпечує можливість орієнтуватись в просторі, розрізняти кольори предметів, які

знаходяться поряд, виконувати певні технологічні операції.

Продукти харчування рослинного і тваринного походження, енергоресурси (вугілля, газ, нафта) це результат дії видимого випромінювання Сонця на нашу планету за рахунок фотосинтезу, який проходить безперервно на Землі в зелених рослинах. Випромінювання Сонця показує, що видиме випромінювання неоднорідне, хоча воно створює відчуття білого світла.

1.3 Розподілення енергії оптичного випромінювання поспектру

Випромінювання Сонця і штучних джерел, які застосовуються на практиці, неоднорідні і складаються з випромінювань різних довжин хвиль. Якщо видиму частину складного випромінювання, що створює відчуття білого світла, розкласти за допомогою призми на однорідні потоки, то кожен з них буде мати свій характерний колір. Око людини здатне розрізнити більше 150 кольорових відтінків, відповідних випромінювань різних довжин хвиль. Кольорові відтінки плавно переходять один в одного.

Умовно прийнято увесь спектр видимого випромінювання розділяти на вісім ділянок, що відповідають найбільш характерним кольорам. Орієнтовні межі цих ділянок наведено в табл. 1.

Таблиця №1

«Умовні кольори і орієнтовні довжини хвиль»

Довжина хвилі, <i>нм</i>	Колір
380-450	Фіолетовий
450-480	Синій
480-510	Голубий
510-550	Зелений
550-575	Жовто-зелений
575-585	Жовтий
585-620	Оранжевий
620-760	Червоний

Кольори, що виникають під впливом однорідних потоків різних довжин хвиль, називаються спектральними кольорами. Додаючи до однорідного випромінювання складне, можна отримати багато відтінків цього кольору, які будуть відрізнятися один від одного співвідношенням білого (складного) і монохроматичного потоків. Складне випромінювання різних джерел може мати різну кольоровість. Кольоровість складного випромінювання визначається відносною наявністю його енергії, що припадає на різні довжини хвиль. Розподіл енергії по спектру - найважливіша характеристика неоднорідного випромінювання.

Очі людини можуть сприйняти мінімальну освітленість 0,1 лк (це місячне сяйво). Максимальна освітленість, до якої можуть пристосуватись очі, складає 100000 лк. При низькій освітленості очі працюють в режимі нічного зору за рахунок роботи паличкових елементів, при високій освітленості очі людини працюють в режимі денного зору за рахунок колбочкових елементів сітчастої оболонки ока. При переході освітленості з нічної на денну, або навпаки очі людини працюють режимі сутінок.

Усереднена крива спектральної чутливості ока встановлена Міжнародною комісією по освітленості (МКО 1924 р.) і тепер використовується при всіх розрахунках світлової дії випромінювання (рис. 1. крива 1).

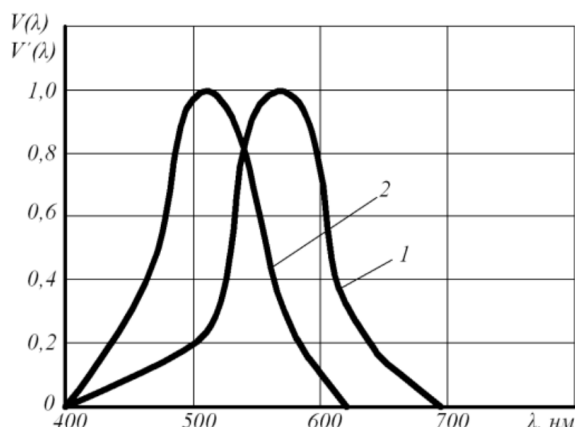


Рис. 1 - Середнє значення спектральної чутливості ока 1 - усереднена крива спектральної чутливості ока; 2 - крива спектральної чутливості ока в умовах нічного зору.

Максимум цієї кривої умовно прийнятий за одиницю і припадає на довжину хвилі $\lambda = 555 \text{ нм}$. Крива 2 показує, що в умовах нічного зору око людини реагує на дуже малу освітленість і в цьому випадку спектральна чутливість ока буде зміщена в сторону більш коротких хвиль по відношенню до кривої денного зору. Максимум цієї кривої також прийнятий за одиницю і відповідає довжині хвилі $\lambda = 507 \text{ нм}$.

Зіставляючи криві 1 і 2, треба мати на увазі те, що максимумами їх однакові тільки умовно. В дійсності апарат палочки набагато чутливіший ніж колбочковий. Середні значення спектральної чутливості ока для денного і нічного зору, необхідні для використання в розрахунках світлотехніки.

Між умовами денного та нічного зору є перехідна область рівня освітленості, яку можна спостерігати в природних умовах кожен день після заходу сонця, коли одночасно функціонують обидва апарати органу зору. У процесі такого переходу спостерігається і перехідна зміна спектральної чутливості очей, що приводить до деяких специфічних явищ. У цей період спостерігається так званий ефект Пуркін'є. Суть цього ефекту в тому, що червона і синя поверхні об'єкту наглядю, які вдень здаються приблизно однаково світлими, вночі робляться цілком різними: синій предмет здається набагато світлішим ніж червоний. Останній бачиться вночі зовсім чорним.

1.4 Механізм виникнення оптичного випромінювання

Елементарні частинки речовини - атоми, молекули і кристали - знаходяться звичайно в стані енергетичної рівноваги. Позитивний заряд ядра атома врівноважується негативними зарядами електронів, які обертаються навколо ядра. Процес видалення електрона від ядра потребує витрати енергії. Наближення електрона до ядра супроводжується виділенням енергії. При підведенні ззовні до нейтральних частинок певних порцій енергії вони можуть поглинути її, підвищивши свій запас. Такі частинки називають збудженими. У звичайних умовах ці частинки не можуть довго залишатися в збудженому стані.

Електрони, віддалені тимчасово від ядра при збудженні, знову повертаються на свої стійкі орбіти. При цьому частинки можуть випускати надмірну енергію у вигляді випромінювання. Випущення енергії збудженими частинками може відбуватися тільки цілком певними порціями. Це означає, що електрони можуть обертатися тільки по орбітах, віддаленим від ядра на строго певній відстані. Кожен атом характеризується лише кількома енергетичними рівнями, кількість яких тим більше, чим складніша його структура. Кожному переходу атома із збудженого стану в стан з більш низьким енергетичним рівнем відповідає стрибкоподібне звільнення енергії у вигляді кванта (порції) випромінювання певної частоти. А кванти оптичного випромінювання називають фотонами.

1.5 Фотобіологічна дія оптичного випромінювання

Енергія оптичного випромінювання безпосередньо діє на людей, тварин, рослин, мікроорганізми та інші приймачі. Існують наступні основні види фотобіологічної дії:

Світлова дія. Виражається в зоровому відчутті людини і дозволяє орієнтуватися в просторі. Його приймач - око людини. Еталонна крива спектральної чутливості ока людини наведена на рис. 2 (крива 1).

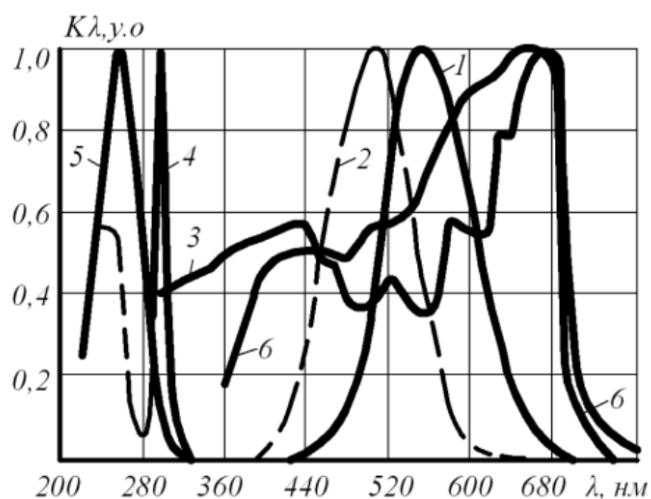


Рис. 2 – Спектральні характеристики: 1 – око людини вдень; 2 – око людини вночі; 3 – зеленого листа по І.І.Свентицькому (теоретична); 4 – шкіра тварини (вітальна); 5 – бактерій; 6 – фотосинтез по Мс. Сгее (експериментальна)

Фотосинтезна дія. Виражається в тому, що видиме і довгохвильове УФ випромінювання забезпечує процес, в результаті якого в зелених рослинах із мінеральних речовин синтезуються речовини органічні. Його приймач – зелений лист. Фотосинтез - найважливіший для життя на землі процес. Первинний процес утворення біологічної маси відбувається в листі рослини, при цьому поглинається вуглекислий газ з повітря і виділяється кисень. Енергетичною основою цього процесу служить фотосинтезний потік. Крива спектральної чутливості, за І. І. Свентицькому, наведена на рис. 2 (крива 3).

Фотоперіодична дія. Виражається в тому, що при різному чередуванні і тривалості періодів освітленості (опромінення) і темряви проявляється вплив на розвиток рослин, тварин, птиці.

Терапевтична дія. Заключається в опроміненні людей, тварин, птиці дозованою кількістю УФ, видимого, ІЧ випромінювань з покращенням обміну речовин, підвищує опір організму до захворювань. Його приймачем є шкіра тварини, а також людини. Під дією цього випромінювання активізуються життєво важливі процеси в живому організмі, зокрема утворюється вітамін D. Вітальний (Vita - lis) - життєвий. Прийом випромінювання супроводжується почервонінням шкіри (еритема). Еталонна крива спектральної чутливості показана на рис 2. (крива 4).

Бактерицидна дія. Полягає в тому, що опромінення УФ випромінюванням у великих кількостях видимим і ІЧ випромінюванням викликає загибель бактерій, рослин, комах. Його приймачем є бактерії, які гинуть під дією бактерицидного потоку. Еталонна крива спектральної чутливості показана на рис. 2 (крива 5).

Мутагенна дія. Виражається в тому, що тривалий вплив на тварин і рослин УФ випромінювання призводить до спадкоємних змін, які можна використовувати для виведення рослин та інших організмів з новими властивостями.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал по основним поняттям та визначенням;
2. Самостійно відновити матеріал з опису розподілення енергії оптичного випромінювання по спектру;
3. Самостійно відновити матеріал з опису механізму виникнення оптичного випромінювання.
4. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Дія оптичного випромінювання на людину, тварин і птицю, рослин.

ТЕМА №2. ОСНОВНІ ВЕЛИЧИНИ І ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з основними величинами і одиницями вимірювання.

План лекції

1. Основні енергетичні величини і одиниці їх вимірювання.
2. Загальні принципи побудови систем ефективних величин.
3. Основні величини і одиниці вимірювання (видимого, ультрафіолетового, випромінювання, що використовується в рослинництві).

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

2.1 Основні енергетичні величини і одиниці їх вимірювання

Поле оптичного випромінювання нерозривно пов'язане з перенесенням енергії від випромінюючого тіла до поглинаючого. Це перенесення здійснюється за допомогою

електромагнітних коливань.

Енергія оптичного випромінювання має розмірність, властиву будь-якій формі енергії і вимірюється в джоулях. У практиці частіше потрібно знати не енергію випромінювання, а її потужність (потік випромінювання). Поток випромінювання Φ називають енергію випромінювання, яка переноситься в одиницю часу:

$$\Phi = \frac{dW}{dt}$$

де dW - енергія випромінювання за час dt , Дж; dt - проміжок часу, протягом якого випромінювання може бути прийнято рівномірним, с.

Потік випромінювання вимірюється у ватах.

Вживані в практиці джерела оптичного випромінювання дають, як правило, складний потік, що складається з випромінювань з різними довжинами хвиль. Спектральний розподіл потоку випромінювання джерела із суцільним спектром можна зобразити у прямокутній системі координат з осями: потік випромінювання - довжина хвилі (рис. 1. а).

Значення потоку випромінювання відкладаються у вигляді прямокутників шириною $\Delta\lambda$ і висотою, що дорівнює в деякому масштабі однорідному потоку на цій ділянці. Однак таким графіком користуватися незручно, а й крім того, він є наближеним, умовним. У практиці розподілення випромінювання по спектру визначають значенням **спектральної щільності потоку** випромінювання. Спектральна щільність φ_λ ($\text{Вт}\cdot\text{нм}^{-1}$) чисельно дорівнює відношенню однорідного потоку $\Delta\Phi$ до ширини смуги спектру $\Delta\lambda$, на якій виміряне однорідний потік:

$$\varphi_\lambda = \frac{\Delta\Phi_\lambda}{\Delta\lambda}$$

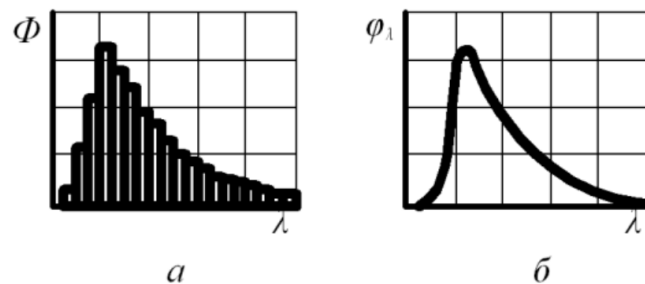


Рис. 1. – Спектральний розподіл потоків випромінювання із загальним спектром (а) та спектральна щільність потоку випромінювання (б)

Приймаючи $\Delta\lambda$, що прагне до нуля, отримуємо в межах:

$$\varphi_\lambda = \lim_{\Delta\lambda \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi_\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{d\Phi_\lambda}{d\lambda}$$

Функція спектральної щільності потоку випромінювання зазвичай будується в прямокутній системі координат (рис. 1,б). Інтегруючи задану функцію спектральної щільності в межах оптичної частини спектру, отримуємо значення потоку випромінювання (Вт) даного джерела:

$$\Phi = \int_{\lambda=1,0\text{мм}}^{\lambda=1,0\text{мм}} \varphi(\lambda) d\lambda$$

Функція спектральної щільності потоку випромінювання є основною характеристикою джерела енергії випромінювання, тому що дозволяє оцінити і спектральний склад потоку випромінювання і його значення. Вона може бути представлена як у вигляді графіка, так і у вигляді таблиці, в якій дані спектральної щільності наводяться зазвичай з інтервалом в 10 нм. Значення потоку випромінювання може бути обчислено як площа, обмежена кривою $\varphi(\lambda)$ та віссю абсцис при відомих масштабах по осях.

Просторова щільність потоку випромінювання джерела називається **силою випромінювання** ($\text{Вт}\cdot\text{ср}^{-1}$) і визначається відношенням потоку випромінювання до тілесного кута, в якому він укладений і рівномірно розподілений:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

Щільність випромінювання ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) являє собою відношення потоку випромінювання до площі випромінюючої поверхні:

$$R = \frac{d\Phi}{dS_s}$$

де dS_s - площа поверхні випромінюючого тіла, в межах якої випромінювання можна вважати рівномірним.

Важливою для розрахунків величиною є **опроміненість** (щільність опромінення). Вона визначається відношенням потоку випромінювання, що падає на опромінюючу поверхню і рівномірно розподілений по ній, до площі цієї поверхні ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$):

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dS}$$

Одиницею виміру опромінення, як і для вимірювання щільності випромінювання, служить $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$. Різниця між цими величинами полягає лише в тому, що поняття щільності випромінювання належить до випромінювача і характеризує його, а поняття опромінення відноситься до опромінюваної поверхні.

Оскільки процес перетворення випромінювання в інші види енергії визначається не тільки значенням опромінення приймача і спектральним складом випромінювання, але і тривалістю опромінення, важливе значення має величина, яка називається кількістю опромінення.

Кількість опромінення H ($\text{Вт}\cdot\text{с}/\text{м}^2$) представляє собою значення енергії випромінювання, яка впала на одиницю опромінюваної поверхні протягом часу опромінення. У загальному випадку:

$$H = \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon_i dt$$

де ε_i - миттєве значення опромінення; t_1, t_2 - відповідно час початку і кінця опромінення.

2.2 Загальні принципи побудови систем ефективних величин

При розрахунку світлотехнічної установки треба знати і враховувати не тільки властивості джерела, а й властивості приймачів енергії випромінювання.

Основними енергетичними характеристиками любого приймача є його інтегральна і спектральна чутливість.

Інтегральна чутливість приймача, тобто чутливість до складного випромінювання, характеризується відношенням ефективної частини енергії до всієї енергії випромінювання, що падає на приймач. У загальному випадку інтегральна чутливість приймача випромінювання g може бути виражена співвідношенням:

$$g = C \frac{W_e}{W}$$

де W_e - ефективна енергія випромінювання, тобто енергія яка перетворюється в приймачі в інший корисний вид енергії; W - вся енергія випромінювання, що падає на приймач; C - коефіцієнт, що визначається вибором одиниць вимірювання величини W_e .

Більшість приймачів характеризується вибірковістю поглинання енергії випромінювання і вибірковістю реакції на поглинену енергію. Для оцінки чутливості приймача до однорідних випромінювань введено поняття спектральної чутливості, яка представляє собою відношення однорідних потоків, падаючих на приймач - ефективного потоку до повного:

$$g_\lambda = C \frac{dF_\lambda}{d\Phi_\lambda}$$

де dF_λ - ефективний потік однорідного випромінювання при даній довжині хвилі; $d\Phi_\lambda$ - повний потік однорідного випромінювання при тій же довжині хвилі. dF_λ визначає собою міру реакції даного приймача на падаюче на нього випромінювання, тому висловлюється в одиницях, що характеризують цю реакцію. Наприклад, якщо приймачем служить фотоеlement, то dF_λ може бути виражений в одиницях, що характеризують фотоефект - амперах. При фотохімічних приймачах dF_λ може виражатися кількістю речовини, яка вступила в реакцію за одиницю часу. Отже, значення спектральної чутливості виражається іменним числом: $лм \cdot Вм^{-1}$, $А \cdot Вм^{-1}$ і т. п.

Спектральна чутливість селективних приймачів випромінювання, виражена графічно, являє собою криву $g(\lambda) = f(\lambda)$, що має максимум у певних частинах спектра. Якщо цей максимум прийняти за одиницю, то спектральна чутливість приймача до випромінювання з даною довжиною хвилі може бути виражена відносною величиною в частках від максимальної:

$$K(\lambda) = \frac{g(\lambda)}{(g_\lambda)_{\max}}$$

Знання потоку випромінювання даного джерела або створеного ним опромінення, вираженого в енергетичних одиницях, ще не дає достатніх підстав для того, щоб передбачати результат впливу випромінювання на приймач випромінювання. Для того щоб передбачити і розрахувати результат дії потоку випромінювання відомої величини на приймач, необхідно оцінити цей потік за рівнем реакції на нього приймача випромінювання.

Для спрощення розрахунків і полегшення кількісної оцінки процесу перетворення енергії випромінювання введено поняття ефективного потоку, під яким розуміється потужність випромінювання, оцінена за рівнем реакції на нього приймача енергії випромінювання. Пояснимо зміст поняття ефективного потоку на наступному прикладі. На рис. 2 (а) зображена функція спектральної щільності випромінювання джерела.

Для спрощення висновку прийнято, що $\varphi(\lambda) = \text{const}$ в межах деякої частини спектру. Площа фігури $abvg$, як відомо, являє собою в певному масштабі значення потоку випромінювання джерела. Відносна спектральна чутливість приймача енергії випромінювання приведена на рис. 2 (б). Виділимо на графіку $\varphi(\lambda)$ рівні за значенням потоку випромінювання $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3$.

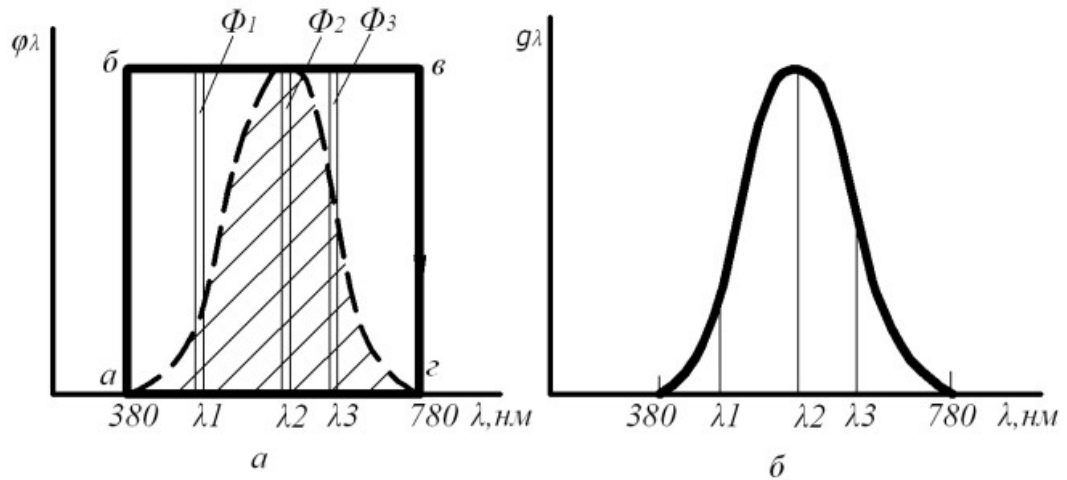


Рис. 2 - До пояснення «ефективний потік випромінювання»

Чи приведе їх енергетично рівний вплив на приймач до однакової його реакції? Реакція приймача буде пропорційна добутку потоку однорідного випромінювання на спектральну чутливість приймача при даній довжині хвилі. Ця похідна і представляє собою ефективний потік, тобто потік випромінювання, оцінений за рівнем реакції на нього приймача випромінювання

$$F_1 = \Phi_1 g_{\lambda_1}; \quad F_2 = \Phi_2 g_{\lambda_2}; \quad F_3 = \Phi_3 g_{\lambda_3}$$

Причому в нашому прикладі $F_1 < F_2 > F_3$. Множачи ординати кривої $\varphi(\lambda)$ на відповідні їм значення $g(\lambda)$, можна одержати на графіку (рис. 2, а) криву. Площа, обмежена віссю абсцис і цієї кривої, являє собою значення ефективного потоку даного джерела. Таким чином, у загальному випадку для випромінювання з суцільним спектром чисельне значення ефективного потоку можна визначити за виразом:

$$F = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \varphi(\lambda)g(\lambda)d(\lambda)$$

З цього рівняння випливає, що чисельні значення ефективного потоку одного і того ж випромінювання неоднакові для різних приймачів. За інших рівних умов вони визначаються спектральною чутливістю приймача.

Використовуючи поняття відносної спектральної чутливості, ефективний потік можна визначити за наступним виразом:

$$F = (g_{\lambda})_{\max} \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \varphi(\lambda)K(\lambda)d(\lambda)$$

Вибір одиниць вимірювання ефективного потоку залежить від типу приймача і міри його реакції (струм в колі фотоелемента, швидкість фотохімічної реакції і т. п.). Слід зазначити, що не для всіх приймачів можна встановити міру реакції і виміряти її. До числа таких приймачів в першу чергу відносяться біологічні.

З визначення ефективного потоку слідує, що він оцінюється рівнем реакції на нього приймача і тільки цим відрізняється від потоку випромінювання. Це дає підставу для побудови систем ефективних величин за аналогією з системою енергетичних величин. Однак із-за великого числа приймачів енергії випромінювання, що володіють різними залежностями чутливості, не представляється можливим мати одну систему ефективних величин. Число різних систем ефективних величин разом з тим не повинно бути великим, так як це ускладнило б практичні розрахунки. В даний час у практиці розрахунків та проектування освітлювальних і опромінювальних установок використовують чотири системи ефективних величин. Кожна з таких систем будується на основі спектральної чутливості якого-небудь одного з близьких за спектральної чутливості приймачів. Цей приймач називають еталонним, якщо він задовольняє наступним вимогам:

- реагує на будь-які однорідні випромінювання в тому діапазоні спектра, в межах якого розташовані криві спектральної чутливості всіх приймачів даної групи;
- міра реакції приймача при опроміненні його піддається безпосередньому чи непрямому вимірюванню;
- ефективні величини системи, побудованої на основі еталонного приймача, мають адитивність, тобто властивість, що дозволяє обчислити ціле шляхом простого підсумовування складових.

Слід зазначити, що жодна із систем ефективних величин: бактерицидних, еритемних, світлових та фіто-величин - повною мірою не задовольняє перерахованим вище вимогам. Лише система світлових величин визнана в міжнародному масштабі в 1924 р., незважаючи на властиві їй недоліки, аналогічні недолікам трьох інших перерахованих систем. Однак практика в нашій країні і за кордоном показує, що використання систем ефективних величин, незважаючи на їхні недоліки, дозволяє домагатися більших результатів у практичному використанні оптичного випромінювання, наприклад, у сільськогосподарському виробництві.

2.3 Основні величини і одиниці вимірювання (видимого, ультрафіолетового, випромінювання, що використовується в рослинництві)

Світлові величини і одиниці їх вимірювання. У світлотехніці, де основним приймачем випромінювання є око людини, для оцінки ефективної дії потоку випромінювання, вводиться поняття світлового потоку. Світловий потік - це потік випромінювання, що оцінюється його дією на око, відносна спектральна чутливість якого визначається усередненою кривою спектральної ефективності, затвердженої МКО (рис. 3).

У світлотехніці використовується і таке визначення світлового потоку: світловий потік - це потужність світлової енергії. Одиниця світового потоку - люмен (лм). 1лм відповідає світловому потоку, випромінюючого в одиничному тілесному куті точковим

ізотропним джерелом з силою світла 1 кд .

Світловий потік. Енергія випромінювання визначається кількістю квантів, які випромінюються випромінювачем у простір. Енергію випромінювання (променевої енергії) вимірюють у джоулях. Кількість енергії, яка випромінюється в одиницю часу називається **поток**ом випромінювання або **променеви**м потоком. Вимірюється потік випромінювання у ватах. Позначається Φ_e :

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$

де Q_e – енергія випромінювання.

Потік випромінювання характеризується розподілом енергії в часі і в просторі.

У більшості випадків, коли говорять про розподіл потоку випромінювання в часі, не враховують квантового характеру виникнення випромінювання, а розуміють під цим функцію, що дає зміну в часі миттєвих значень потоку випромінювання $\Phi(t)$. Це допускається, оскільки число фотонів, випромінюваних джерелом в одиницю часу, дуже велике.

За спектральним розподілом потоку випромінювання джерела розбивають на три класи: з лінійчатим, смугастим і суцільним спектрами. Потік випромінювання джерела з лінійчатим спектром складається з монохроматичних потоків окремих ліній:

$$\Phi_e = \Phi_{\lambda_1} + \Phi_{\lambda_2} + \dots + \Phi_{\lambda_n}$$

де Φ_{λ} - монохроматичний потік випромінювання; Φ_e - потік випромінювання.

У джерел зі смугастим спектром, випромінювання відбувається в межах досить широких ділянок спектра - смуг, відділених одна від другої темними проміжками.

Сила світла. Розподіл випромінювання реального джерела в навколишньому просторі не рівномірно. Тому світловий потік не буде вичерпною характеристикою джерела, якщо одночасно не визначається розподіл випромінювання по різних напрямках навколишнього простору. Для характеристики розподілу світлового потоку користуються поняттям просторової щільності світлового потоку в різних напрямках навколишнього простору. Просторову щільність світлового потоку, що визначається відношенням світлового потоку до тілесного кута з вершиною в точці розміщення джерела, в межах якого рівномірно розподілений цей потік, **називають силою світла**:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

де Φ - світловий потік; ω - тілесний кут.

Одиницею сили світла є кандела. $1 \text{ кд} = 1 \text{ лм} \cdot \text{ср}^{-1}$.

Це сила світла, що випускається в перпендикулярному напрямку елементом поверхні чорного тіла, площею $1:600000 \text{ м}^2$ при температурі затвердіння платини.

Освітленість. *Освітленість* - це кількість світла або світлового потоку, що падає на одиницю площі поверхні. Вона позначається буквою E і вимірюється в люксах (лк). Один люкс дорівнює одному люмену на метр квадратний ($\text{лм}/\text{м}^2$). Освітленість можна визначити як щільність світлового потоку на освітлюваній поверхні:

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

В таблиці 1. приведено декілька прикладів освітленості.

Таблиця №1

«Освітленість»

Літо, день під безхмарним небом	100000 лк
Вуличне освітлення	5 – 30 лк
Повний місяць в ясну ніч	0,25 лк

У практиці розрахунку освітлювальних установок дуже часто виникає потреба обчислювати освітленість за відомою силою світла джерела випромінювання. Установимо залежність між цими величинами.

Точкове джерело світла А (рис. 3) освітлює елементарний майданчик dS на поверхні q . Сила світла джерела в напрямку освітлюваної площі I_d . Кут між нормаллю до елемента поверхні і напрямком сили світла β . Елементарний тілесний кут $d\omega$, в межах якого розподілено світловий потік, падаючий на майданчик dS , можна визначити виходячи з найпростіших геометричних співвідношень:

$$d\omega = \frac{dS \cos \beta}{l^2}$$

Тоді світловий потік, падаючий на майданчик dS ,

$$dF = I_d d\omega = \frac{I_d dS \cos \beta}{l^2}$$

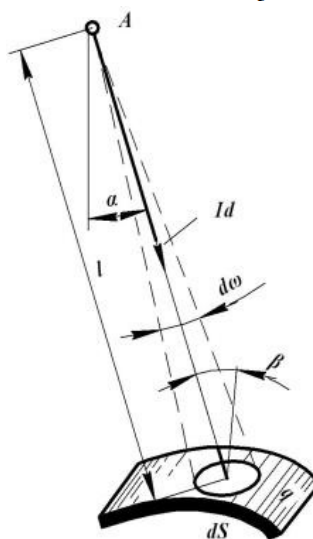


Рис. 3 - До висновку відношення між силою світла і освітленістю

Освітленість майданчика dS отримаємо за висловом:

$$E = \frac{dF}{dS} = \frac{I_d \cos \beta}{l^2}$$

Таким чином, освітленість поверхні в даній точці прямо пропорційна силі світла і косинусу кута між вектором сили світла і нормаллю до освітлюваної поверхні і обернено пропорційна квадрату відстані від джерела світла до точки.

Світність. Для характеристики поверхонь, які світяться за рахунок світлового потоку, який проходить через них або відображається від них, служить відношенню

випромінюючого елементом поверхні світлового потоку до площі цього елемента. Ця величина називається **світністю**:

$$M = \frac{d\Phi}{dS}$$

Світність - це щільність світлового потоку, що випускається світловою поверхнею. Одиницею світності служить люмен на метр квадратний світлової поверхні, що відповідає поверхні площею 1 м^2 , яка рівномірно випромінює світловий потік 1 лм . У разі загального випромінювання вводиться поняття енергетичної світності випромінюючого тіла (M_e). Одиниця енергетичної світності - Вт/м^2 .

Світність в цьому випадку можна виразити через спектральну щільність енергетичної світності випромінюючого тіла $M_{e\lambda}(\lambda)$:

$$M = 683 \int_0^{\infty} M_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

Для порівняльної оцінки наводимо енергетичні світності до світності деяких поверхонь:

Поверхня сонця - $M_e = 6 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$;

Нитка лампи розжарювання - $M_e = 2 \cdot 10^5 \text{ Вт/м}^2$;

Поверхня сонця в зеніті - $M = 3,1 \cdot 10^9 \text{ лм/м}^2$;

Колба люмінесцентної лампи - $M = 22 \cdot 10^3 \text{ лм/м}^2$.

Яскравість. Яскравість - це сила світла, випромінювана одиницею площі поверхні в певному напрямку. Одиниця виміру яскравості - кандела на метр квадратний (кд/м^2). Поверхня сама по собі може випромінювати світло, як поверхня лампи, або відбивати світло, що поступає з іншого джерела, наприклад поверхні дороги. Поверхні з різними властивостями відображення при однаковій освітленості будуть мати різну ступінь яскравості.

В таблиці 2 приведено яскравість деяких джерел

Таблиця №2

«Яскравість джерел»

Назва	Яскравість
Поверхня сонця	2000000000 кд/м^2
Люмінесцентні лампи	5000 до 15 000 кд/м^2
Поверхня повного місяця	2500 кд/м^2
Штучне освітлення дороги (30 лк)	2 кд/м^2

Для характеристики енергії випромінювання в ультрафіолетовій частині спектра користуються системами ефективних величин: бактерицидної і еритемної.

В якості еталонного приймача енергії випромінювання для системи бактерицидних величин прийняті бактерії, для яких відома відносна спектральна чутливість до випромінювань з різними довжинами хвиль. Відносна бактерицидна ефективність однорідних випромінювань графічно зображена на рис. 1.5

Максимальну чутливість бактерії знаходять до однорідних випромінювань з довжиною хвилі $\lambda = 254 \text{ нм}$, тобто максимальна ефективність знищення бактерій має

монохроматичне випромінювання при $\lambda = 254 \text{ нм}$.

Бактерицидний потік. Вихідною величиною в системі бактерицидних величин служить **бактерицидний потік**, який визначається як потік випромінювання, оцінений за його бактерицидну дію, тобто за ефективністю знищення бактерій.

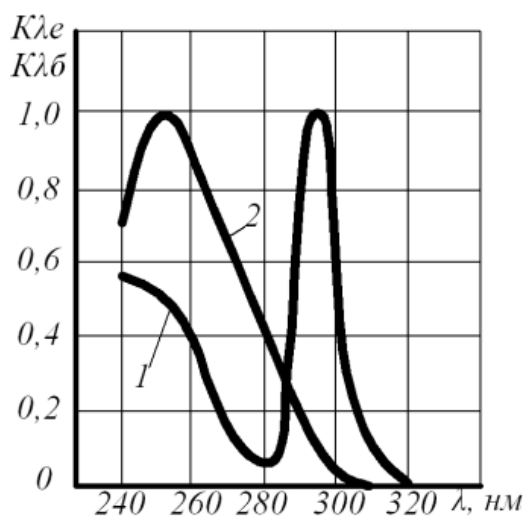


Рис. 4 – Спектр дії ультрафіолетового випромінювання: 1 - спектр еритемної дії УФ випромінювання; 2- спектр бактерицидної дії УФ випромінювання.

$$\Phi_B = \int_{\lambda=200\text{нм}}^{\lambda=300\text{нм}} \varphi(\lambda) K(\lambda)_B d\lambda$$

Одиницею бактерицидного потоку прийнято вважати бакт, чисельно рівний випромінювання потужністю в 1 Вт при $\lambda=254 \text{ нм}$. У практиці часто користуються величиною мікробакт, яка дорівнює $1 \cdot 10^{-6}$. Щільність бактерицидного потоку по поверхні опромінюється тіла називається **бактерицидним опроміненням** ($\text{б} \cdot \text{м}^{-2}$ або $\text{мкб} \cdot \text{м}^{-2}$):

$$E_B = \frac{d\Phi_B}{dS}$$

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису основних величини та одиниць вимірювання оптичного випромінювання.

2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему:

-Основні величини ультрафіолетового випромінювання і одиниці його вимірювання.

-Бактерицидний потік. Сила бактерицидного потоку. Кількість бактерицидного потоку.

-Еритемний потік. Основні величини оптичного випромінювання, яке використовується в рослинництві і одиниці його вимірювання.

ТЕМА №3. ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з основними приладами для вимірювання оптичного випромінювання, їх будовою та призначенням.

План лекції

1. Оптичні властивості тіл.
2. Вимірювальні приймачі оптичного випромінювання.
3. Люксметри.
4. Прилади для вимірювання ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

3.1 Оптичні властивості тіл

В установках і приладах для освітлення і опромінення для вимірювання оптичного випромінювання застосовують різноманітні матеріали, як прозорі, так і непрозорі. При проектуванні та експлуатації освітлювальних і опромінювальних установок необхідно знати основні оптичні (світлотехнічні) властивості матеріалів.

Потік випромінювання, що падає на тіло з непрозорого матеріалу, частково поглинається ним, а частково відбивається. Якщо тіло прозоре, то, крім відображення і поглинання, частина потоку випромінювання воно пропускає. Для кількісної оцінки відображення, поглинання і пропускання користуються відповідними коефіцієнтами.

Коефіцієнтом відображення ρ називають відношення потоку випромінювання Φ_ρ , відбитого тілом, до потоку випромінювання Φ , падаючого на нього:

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi}$$

Коефіцієнт поглинання α дорівнює відношенню потоку випромінювання Φ_α , поглиненого тілом, до потоку випромінювання, що падає на нього:

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi}$$

Коефіцієнт пропускання τ дорівнює відношенню потоку випромінювання Φ_τ , що пройшов крізь тіло, до потоку випромінювання, що падає на нього:

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi}$$

Коефіцієнти відбиття, поглинання і пропускання можуть ставитися до інтегрального потоку випромінювання, потоків випромінювання окремих ділянок оптичного спектру (видимий, ультрафіолетовий, інфрачервоний) або до ефективних потоків (світловий, еритемний, бактерицидний і т. д.). Відповідно до закону збереження енергії у всіх випадках:

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau$$

Отже, для одного і того ж падаючого на тіло потоку:

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Більшість матеріалів відбиває і поглинає випромінювання вибірково, тобто їх коефіцієнти відбивання і поглинання для різних довжин хвиль не однакові. Тому користуються поняттями спектральних коефіцієнтів відбиття ρ_λ , поглинання α_λ та пропускання τ_λ . Аналітично вони визначаються наступними виразами

$$\rho_\lambda = \frac{\Phi_{\lambda\rho}}{\Phi_\lambda}; \quad \alpha_\lambda = \frac{\Phi_{\lambda\alpha}}{\Phi_\lambda}; \quad \tau_\lambda = \frac{\Phi_{\lambda\tau}}{\Phi_\lambda};$$

де Φ_λ , $\Phi_{\lambda\rho}$, $\Phi_{\lambda\alpha}$, $\Phi_{\lambda\tau}$ - монохроматичні потоки випромінювання, відповідно падаючі, відбиті, поглинені і пропущені.

В залежності від властивостей поверхні тіла і внутрішньої структури відбитий і пропущений ним потік випромінювання може по-різному розподілятися у просторі. Розрізняють три види відображення і пропускання: 1) спрямоване, 2) розсіяне (дифузне) і 3) направлено-розсіяне (рис. 1).

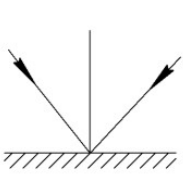
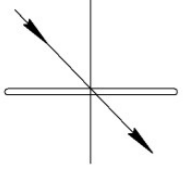
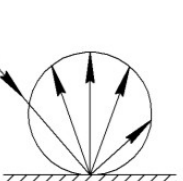
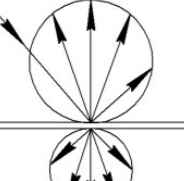
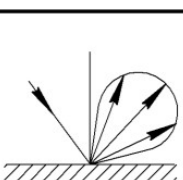
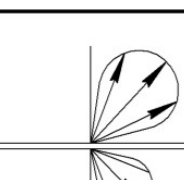
	Відображення	Пропускання
Спрямоване		
Розсіяне		
Направлено-розсіяне		

Рис. 1 – Різновидності відбивання і пропускання потоку оптичного випромінювання

Спрямованим (дзеркальним) відображенням мають гладкі поверхні, у яких розміри нерівностей малі в порівнянні з довжиною хвилі падаючого випромінювання (полірований метал, дзеркальне скло). При направленому відображенні кут відбиття дорівнює куту падіння, а відбитий промінь перебуває в одній площині з падаючим променем і перпендикуляром до поверхні, що відбиває в точці падіння. Ідеальні дзеркала мають яскравість тільки в напрямку відбитого променя, а у всіх інших напрямках їх яскравість дорівнює нулю.

При направленому пропусканні значення тілесного кута, в межах якого

поширюється пройдений потік, також залишається незмінним.

У випадку розсіяного або дифузного відбиття і пропускання від плоскої поверхні тілесний кут, в межах якого поширюється відбитий або пройдений тілом потік випромінювання, дорівнює 2π . Відображене активне випромінювання при цьому поширюється рівномірно по всіх напрямках півсфери. Яскравість такої поверхні у всіх напрямках практично однакова.

У поверхонь з розсіяним відображенням (гіпс, фарба) нерівності значно перевищують довжину хвилі падаючого випромінювання. Дифузні пропускання має молочне скло. Об'ємне розсіювання випромінювання обумовлено наявністю в їх складі частинок речовин з різними показниками заломлення.

Матеріалів з ідеально дзеркальним, ідеально дифузним відображенням або пропусканням в природі немає. У існуючих матеріалів є обидві різновиди відбиття або пропускання одночасно. У опромінюючих і освітлювальних приладах застосовують матеріали з направлено-розсіяним відображенням і пропусканням.

3.2 Вимірювальні приймачі оптичного випромінювання

В залежності від фізичних явищ, які визначають принцип дії, приймачі оптичного випромінювання поділяються на три групи: фотоелектричні, фотоелектронні і теплові.

Фотоелектричні приймачі випромінювання (фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, напівпровідникові фотоелементи із закриваючим шаром) засновані на внутрішньому фотоефекті. По конструктивному виконанню вони відносяться до напівпровідникових приладів. Внутрішній фотоефект проявляється у зміні провідності матеріалів під дією оптичного випромінювання.

Енергія оптичного випромінювання переводить електрони кристалічної решітки матеріалу в вільний стан, що збільшує провідність матеріалу. На вказаному явищі заснована дія фоторезисторів. Будова фоторезистора показана на рис. 2, а.

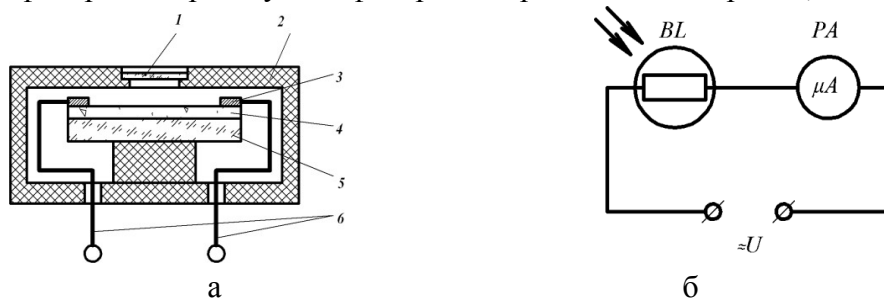


Рис. 2 – Конструкція (а) і схема включення фото резистора (б): 1 - захисний прозорий шар; 2 - корпус; 3 – електрод; 4 - шар напівпровідника; 5 - підкладка (ізолятор); 6 – виводи.

Фоторезистор можна включати в коло постійного або змінного струму. Під дією оптичного випромінювання провідність фоторезистора збільшується, і струм в колі зростає. Спектральні характеристики деяких фоторезисторів приведено на рис. 2.

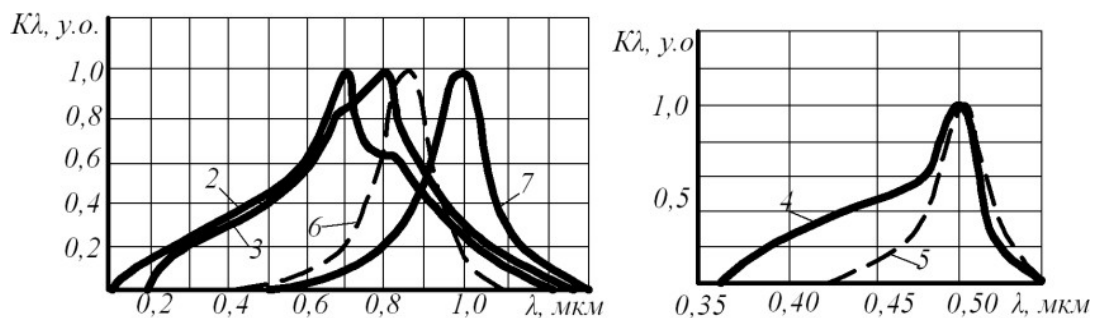


Рис. 3 – Спектри чутливості фоторезисторів

Під дією оптичного випромінювання збільшується провідність і напівпровідникових матеріалів у фотодіодах і фототранзисторах. При опроміненні *p-n* переходів зворотний струм приладу збільшується. Фотодіоди та фототранзистори, як датчики оптичного випромінювання використовуються в колах постійного струму при зустрічному включенні щодо полярності джерела живлення.

На рис. 4 показана схема вимірювача опроміненості з фотодіодом.

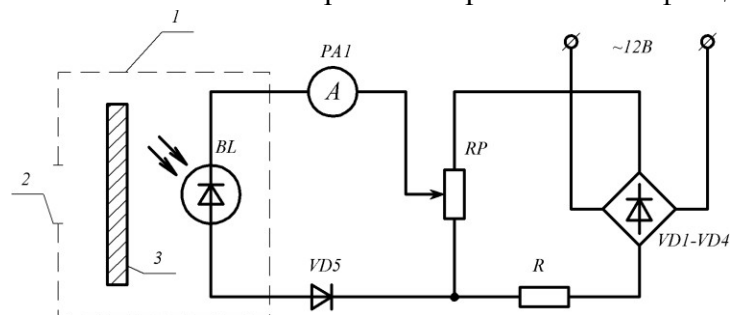


Рис. 4 – Схема вимірювача опроміненості з фотодіодом: BL - фотодіод ФД-6Г; RP - потенціометр; PA1 - мікроамперметр; R – обмежувачий опір; VD1...VD4 - випрямний міст; VD5 - блокуючий діод; 1 - корпус вимірювача; 2 – вікно; 3 - світлофільтр.

Зворотна провідність фотодіода в режимі, який показано на рис. 4 пропорційний опроміненості і не залежить від величини зовнішнього опору. Спектральні характеристики деяких фотодіодів приведено на рис. 5.

Фотоелементи з внутрішнім фотоелементом мають досить високу чутливість до випромінювань ультрафіолетової, видимої та інфрачервоної частин спектру. Поріг чутливості в них досягає 10^{-11} Вт, однак їм властиві такі недоліки, як нелінійна залежність фотоструму від опромінення, яскраво виражена залежність характеристик приладу від температури.

Вказані недоліки ускладнюють використання фотоелементів з внутрішнім фотоелементом для вимірювання оптичного випромінювання.

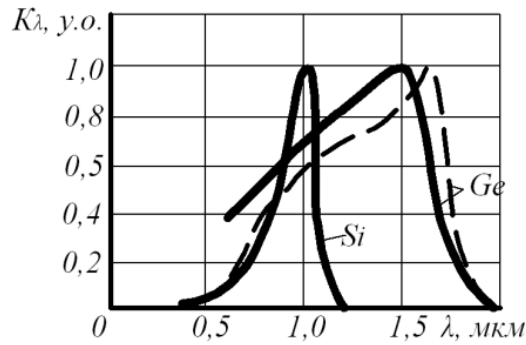


Рис. 5 - Спектри чутливості фотодіодів на основі германія (Ge) і кремнія (Si)

Дія фотоелементів із запираючим шаром заснована на явищі виникнення електрорушійної сили на електродах приладу при впливі на нього оптичного випромінювання. Вентильний фотоелемент (рис. 6) являє собою струмопровідну підкладку 1, на яку нанесено шар напівпровідника 2 (окис міді, селен, сірчисте срібло) і тонкий прозорий електрод 3 з срібла, золота або платини.

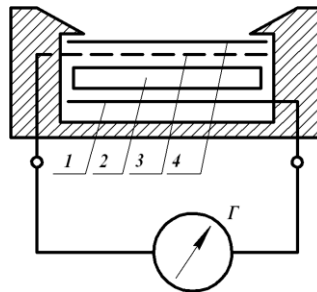


Рис. 6 – Вентильний фотоелемент

Для захисту напівпровідника від впливу навколишнього середовища фотоелемент поміщений в пластмасовий корпус і покритий шаром прозорого захисного лаку 4. При опроміненні фотоелемента електрони долають замикаючий шар, що утворився на границі напівпровідника 2 і електрода 3, причому зворотний перехід електронів за рахунок вентильних властивостей запираючого шару неможливий. Накопичення зарядів протилежного знаку на електродах створює різницю потенціалу, під дією якої в зовнішньому колі із вимірювальним приладом G тече струм.

У практиці вимірювання частіше за все використовуються селенові фотоелементи, спектральна чутливість яких до видимого випромінювання близька до чутливості очей людини.

Вентильні фотоелементи не потребують додаткового джерела живлення, мають значну чутливість, струм короткого замикання фотоелементів в певних межах майже пропорційний опроміненості і становить декілька десятків мікроампер, що дозволяє підключати їх безпосередньо до вимірювального приладу без попереднього підсилювача.

Фотоелектронні приймачі (вакуумні фотоелементи, фотоумножувачі, електронно-оптичні перетворювачі) засновані на *зовнішньому фотоэффекті*.

Зовнішній фотоэффект проявляється в емісії електронів матеріалу катода при опроміненні їх енергією оптичного випромінювання.

Катоди фотоелементів виготовляють з матеріалів, що мають властивість поглинати оптичне випромінювання необхідного діапазону хвиль і випускати електрони

під дією цього випромінювання.

Фотоелементи можуть бути вакуумними і газонаповненими. У вакуумних елементах фотострум визначається потоком електронів, які залишили катод під дією випромінювання. У газонаповнених фотоелементах фотострум підсилюється за рахунок іонізації інертних газів порожнини колби фотоелемента під дією потоку електронів, які покинули катод при його опроміненні.

На рис. 7 зображено фотоелемент із зовнішнім фотоелементом і його схема включення.

Ефективний квант, що володіє певним рівнем енергії, «вибиває» з катода K електрон, який в електричному полі балона направляється до анода A , викликаючи фотострум в зовнішньому колі. Фотострум пропорційний числу ефективних квантів. Для отримання такого ж струму від сусідніх (активних) квантів потрібно більшу їх кількість. Кванти, частота яких знаходиться за межами чутливості фотоелемента, фотоструму не викликають незалежно від їх енергій. Катоди фотоелементів виконуються з різних з'єднань срібла, цезію, сурми і кисню, що мають малу роботу виходу електронів. Реакція фотоелемента на випромінювання оцінюється фотострумом тому його інтегральна чутливість $K\phi$ до джерела A вимірюється в $A/лм$. Чутливість фотоелемента можна значно підвищити, наповнивши його балон інертним газом. Електрон, прискорений електричним полем міжелектродного простору, вириває з нейтральної молекули інертного газу додаткові електрони, збільшуючи фотострум. Чутливість може бути ще більш збільшена, якщо в балоні фотоелемента встановити кілька додаткових електродів з поступово пониженим потенціалом від анода до катода. Такі фотоелементи називаються фотоумножувачами.

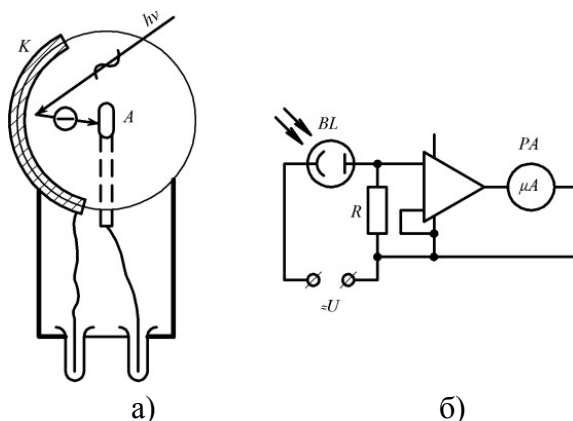


Рис. 7 – Фотоелемент із зовнішнім фотоелементом: а) конструкція; б) принципова електрична схема

На рис.8 показано принципову схему вмикання фотопомножувача.

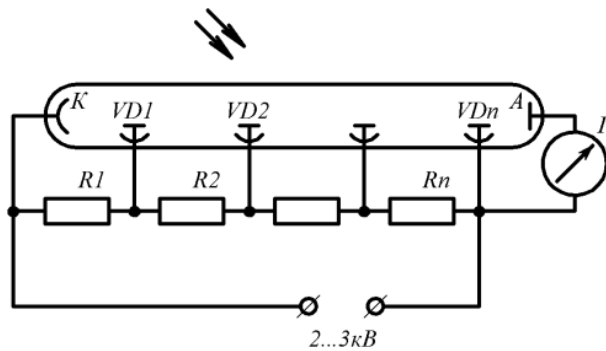


Рис. 8 – Принципова схема вмикання фотоумножувача: К – катод; VD1...VDn – діоди; А – анод; R1... Rn – резистори дільника; Г - вимірювальний прилад, гальванометр.

Крім катода K і анода A , в колбі фотоумножувача розміщені додаткові електроди-діноди VD . Оптичне випромінювання поглинається катодом, що випускає під його дією електрони у вакуум колби. У електростатичному полі, створюваному електродами, що мають певну конфігурацію і потенціал один відносно іншого, електрони прискорюються і фокусуються на діоді $VD1$. Електрони, що мають за рахунок прискорення достатній запас енергії, вибивають з тіла дінода вторинні електрони, число яких у кілька разів перевищує число первинних. Потік електронів знову прискорюється і фокусується на наступному діоді. З останнього дінода електронний потік збирається анодом.

Коефіцієнт посилення багатокаскадних фотоумножувачів (7 ... 14 каскадів) досягає 10^7 . Фотоумножувачі дуже чутливі і дозволяють виявляти потоки випромінювання потужністю $10^{-12} \dots 10^{-15}$ Вт, що обумовлює їх переваги перед фотоелементами з наступним посиленням фотоструму.

Фотоумножувачі застосовуються для реєстрації та вимірювання випромінювань ультрафіолетової і видимої частин спектру. Вхідне вікно фотоумножувача виготовляють з сапфіру, кварцу, увіолевого скла або інших матеріалів з високою прозорістю в необхідному діапазоні довжин хвиль. Напруга джерела живлення фотоумножувача досягає декількох кіловольт, що вимагає обережності при роботі з ним.

На рис. 9 приведено спектри чутливості фотоелементів із зовнішнім фотоелементом.

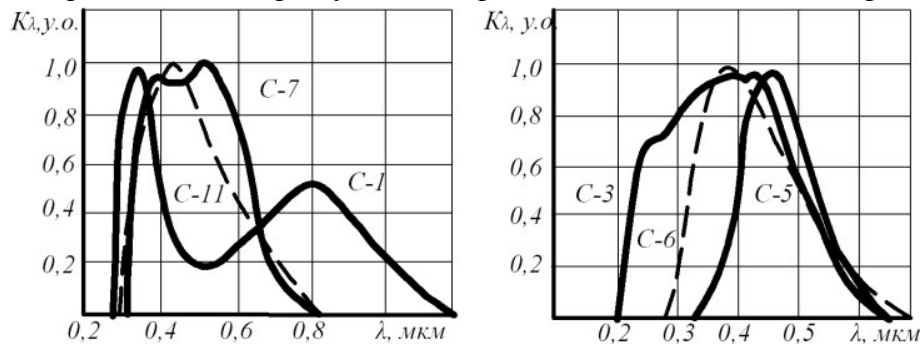


Рис. 9 – Спектри чутливості фотоелементів із зовнішнім фотоелементом

Теплові приймачі випромінювання. В даних приймачах поглинаюча енергія перетворюється в тепло, в наслідок чого змінюється їх температура. Таким чином, завдання вимірювання оптичного випромінювання зводиться до вимірювання перепаду

температур, яка визивається поглинанням енергії випромінювання приймачем.

Теплові приймачі розрізняються за способом перетворення енергії, яка поступила на чутливий елемент в електричний сигнал.

За цим принципом теплові приймачі можна розділити на три групи: болометри, в яких використовується залежність опору металу або напівпровідника від температури; термоелектричні термометри (термоелементи), засновані на виникненні при нагріванні між двома провідниками з різних сплавів термо-ЕРС, оптико-акустичні (пневматичні) приймачі, в яких для реєстрації випромінювання використовується теплове розширення газу.

Чутливий елемент болометра представляє собою поглинаючу поверхню, у вигляді плівки, смужки або нитки. Конструктивно болометр звичайно виконують у вигляді двох однакових чутливих елементів, включених в плечі мостової схеми або в схему з навантажувальним опором (рис. 10).

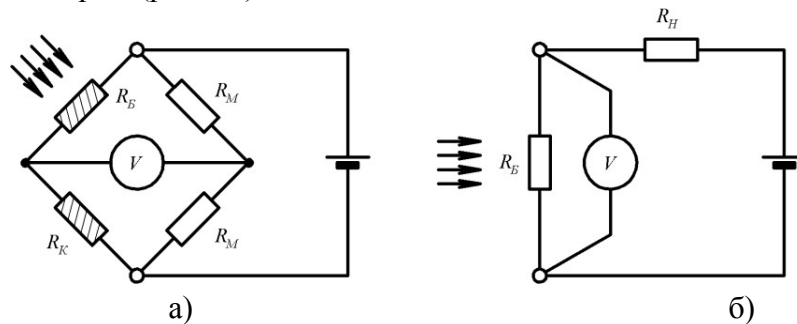


Рис. 10 – Схеми включення болометрів: а) мостова; б) схема з навантажувальним опором

До теперішнього часу широко застосовується для вимірювання температур випромінювання радіаційний термоелектричний термометр. Термопара складається з спаю двох металів, які вибираються таким чином, щоб при нагріванні спаю між холодними і гарячими кінцями провідників виникала достатньо висока термо-ЕРС. При цьому температура холодних кінців термопари підтримується постійною.

3.3 Люксометри

Для вимірювання освітленості використовують спеціальні прилади, які називають люксметрами. Найбільш широке розповсюдження отримали переносні люксметри, що складаються з селенового фотоелемента і чутливого електровимірювального приладу.

На рис. 11 показано загальний вигляд люксметра Ю-117.

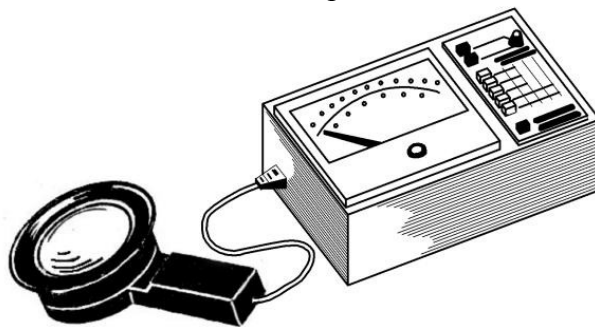


Рис. 11 – Загальний вигляд люксметра Ю-117

Селеновий фотоелемент - це напівпровідниковий прилад з запираючим шаром. Принцип його дії заснований на фотоелектричному ефекті, що полягає в тому, що під дією світла виникає електричний струм. Сила електричного струму, що проходить по фотоелементу, прямо пропорційна його освітленості.

Селеновий фотоелемент має криву спектральної чутливості, яка наближається до кривої чутливості ока. На рис. 12 показано спектри чутливості селенових фотоелементів.

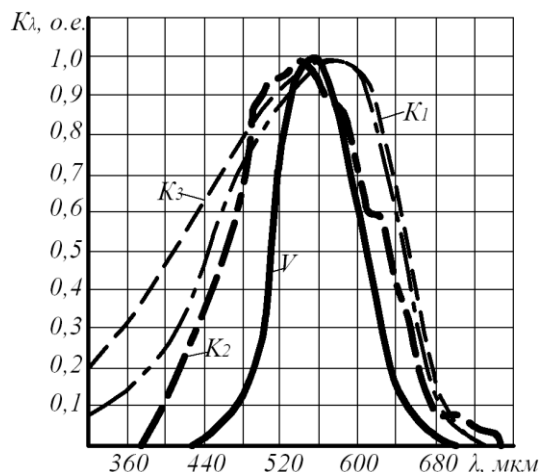


Рис. 12 – Спектри чутливості селенових фотоелементів: K1 – фотоелемента люксметра Ю-117; K2 – теж з насадками КС; K3 – не корегованого фотоелемента; V – крива світності

Завдяки цьому за допомогою спеціальних кольорових світлофільтрів вдається отримати спектральну чутливість селенового фотоелемента, дуже близьку до спектральної чутливості ока. Застосування такого світлофільтру знижує чутливість фотоелемента. Так як селеновий фотоелемент - не цілком стійкий вимірювальний прилад і його покази можуть коливатися через зміну температури, тривалості освітлення і т. д., то для отримання більш точних результатів треба вимірювати освітленість кілька разів і усереднювати дані. При вимірі освітленості необхідно стежити за тим, щоб на приймальну частину фотоелемента не падали випадкові тіні від людини або обладнання. Положення гальванометра повинно бути горизонтальним. Враховуючи вплив напруги живлення на потік джерел світла, його слід щоразу контролювати.

Промисловість випускає люксметри типу Ю116 і Ю117, однак виготовляють і мобільні, більш прості у використанні люксметри рис. 13, однак люксметри всіх типів містять селенові фотоелементи, вмонтовані в оправу з ручкою, і мікроамперметр, шкала якого проградуєвана в люксах.

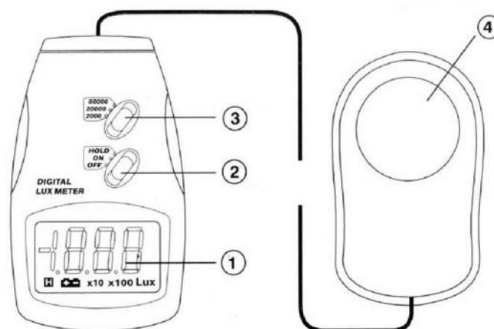


Рис. 13 – Люксметр цифровий LX1010BS: 1 – дисплей; 2 – вимикач живлення; 3 – перемикач діапазонів вимірювань; 4 – оптичний датчик.

3.4 Прилади для вимірювання ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання

У практиці сільськогосподарського виробництва ультрафіолетове випромінювання прийнято оцінювати кількісно по одержуваному ефекту.

Для цього приймач вимірювального приладу повинен мати спектральну чутливість, близьку до спектральної чутливості об'єкта опромінення або спектру дії ультрафіолетового випромінювання. За критерій його оцінки беруть еритемну, вітальну, антирахітну дію. Однак найбільш поширеним вважається перше поняття. Наявна довідкова інформація і випускаючі вимірювальні прилади засновані саме на понятті еритемної дії.

Ерметр - вимірювальний прилад, призначений для вимірювання еритемного опромінення в одиницях системи ефективних величин.

Ерметр УФМ-71 призначений для вимірювання середнього сферичного еритемного опромінення від штучних джерел ультрафіолетового випромінювання. В якості приймача випромінювання використаний фотоелемент Ф-27 з напівпрозорим катодом, нанесеним зсередини на сферичну колбу фотоелемента. Максимум спектральної чутливості приладу близький до максимуму спектральної еритемної ефективності випромінювання (рис. 14).

Прилад градується на еталонній УФ лампі ДРТС-250 і при вимірюванні опромінення, створюваної лампами ЛЕ і ДРТ, необхідно в результаті вимірювання вводити поправочні коефіцієнти 1,6 і 1,45 відповідно.

Межа виміру ерметра $3000 \text{ мер} \cdot \text{м}^{-2}$. Наведена похибка вимірювання не перевищує $\pm 15\%$. Живлення приладу автономне.

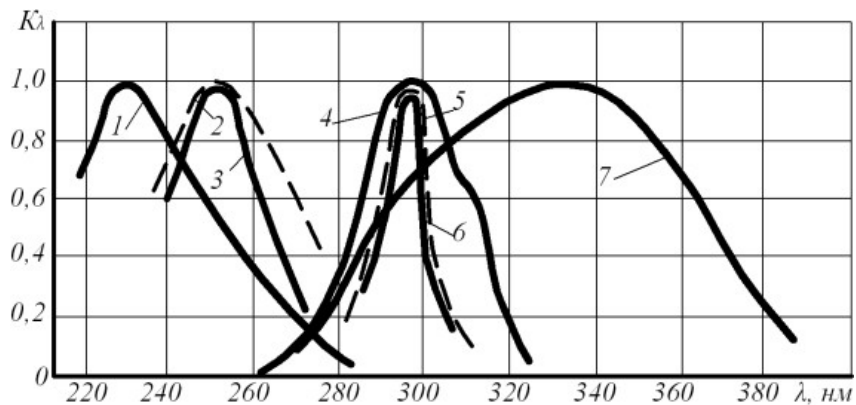


Рис. 14 – Спектри дії випромінювання: (2 – бактерицидного, 5 - еритемного) і відносна спектральна чутливість приладів для вимірювання УФ випромінювання: 1 – уфіметра УФИ -73 і уфідозиметра УФД - 73 з фотоелементом Ф-7; 3 – бактметра УФБ-1А; 4 – ерметра УФМ -71 і ер дозиметра УФД-1А; 6 – ерметра УБФ; 7 – уфіметра УФИ-73 і уфідозиметра УФД-73 з фотоелементом Ф-26

Спектральна чутливість приладу близька до спектральної еритемних ефективності випромінювання (рис. 14), що дозволяє виміряти опромінення, створену джерелами УФ випромінювання будь-якого спектрального складу без введення поправочних коефіцієнтів. Необхідна спектральна характеристика приладу отримана шляхом застосування великої кількості оптичних фільтрів, що мають значну товщину (13-40 мм) і як наслідок малий коефіцієнт пропускання випромінювання. Остання обставина зумовила використання в якості приймача випромінювання фотоумножувач ФЭУ-18А з підсилювачем постійного струму. Для досягнення косинусної кутової характеристики приймача випромінювання перед його вхідним вікном встановлена насадка у вигляді так званої кулі Лярше.

Межі виміру приладу: в області УФ-А до $900 \text{ мер}\cdot\text{м}^{-2}$; в області УФ-В до $6000 \text{ мер}\cdot\text{м}^{-2}$. Відносна похибка вимірювання опромінення не перевершує $\pm 30\%$.

Бактметр УФБ-1А призначений для вимірювання бактерицидної опромінення на площині в одиницях системи ефективних величин під штучними джерелами випромінювання. Спектральна чутливість приладу (рис. 14) визначається спектральною характеристикою спеціально розробленого фотоелемента «Ванда». Межа виміру бактметра $5000 \text{ мбк}\cdot\text{м}^{-2}$. Наведена похибка вимірювання не перевищує $\pm 20\%$. Живлення приладу автономне. Для вимірювання ультрафіолетового випромінювання найбільшого поширення набули також вимірювальні прилади, в яких використовуються вакуумні фотоелементи з зовнішнім фотоэффектом.

Уфіметр УФИ-73 призначений для вимірювання УФ опромінення на площині в одиницях системи енергетичних величин. Він комплектується або фотоелементом Ф-7 для вимірювань в бактерицидній області УФ випромінювання (220-280 нм), або фотоелементом Ф-26 з оптичним фільтром УФС-2, коригуючий його спектральну чутливість під П-подібну форму для вимірювань в діапазоні 280...380 нм. Цей діапазон іноді називається «благотворною» областю УФ випромінювання (рис. 14).

Приймачі забезпечені насадкою з двох кварцових концентричних матованих півсфер, що наближають їх кутову характеристику до закону косинуса. Прилад проградуєований на еталонній лампі типу ДРТ. Межавимірювання приладу $10 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ з

трьома піддіапазонами. Приведена похибка вимірювання $\pm 5\%$. Живлення приладу автономне або від мережі.

Уфідозиметр УФД-73 призначений для вимірювання кількості УФ випромінювання, що створюється штучними джерелами на площині.

Приймальна частина уфідозиметра та її характеристики аналогічні приймальній частині і характеристикам уфіметра УФИ-73. Вимірювання виконується в одиницях системи енергетичних величин.

Робота приладу заснована на перетворенні струму фотоелементів в електричні імпульси, частота яких пропорційна величині УФ опромінення. Вимірювання кількості опромінення здійснюється підрахунком числа імпульсів за допомогою п'ятирозрядного лічильника.

Ємність лічильника 10^6 імпульсів, ціна ділення лічильника $0,02 \text{ Вт}\cdot\text{хв}\cdot\text{м}^{-2}$. Похибка вимірювання кількості опромінення $\pm 5\%$. Живлення приладу від мережі або від акумуляторів.

Ердозиметр УФД-1А призначений для вимірювання в системі ефективних величин кількості опромінення на поверхні сфери і для вимірювання сферичної еритемної опроміненості від штучних джерел випромінювання.

Спрощена функціональна схема приладу показана на рис. 15.

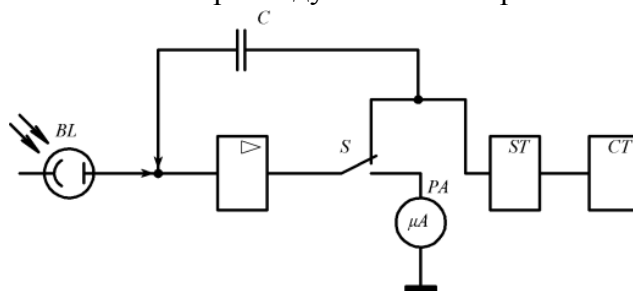


Рис. 15 – Спрощена функційна схема ердозиметра УФД-1А.

У режимі вимірювання опромінення сигнал фотоелемента Ф-27 після підсилення вимірюється мікроамперметром, який проградуєований в $\text{мер}\cdot\text{м}^{-2}$. При вимірюванні кількості опромінення (перемикач S у верхньому положенні) підсилювач, у зворотний зв'язок якого включається конденсатор С, працює як інтегратор. При заряді конденсатора напруга на виході підсилювача лінійно зростає. Коли вона досягає наперед заданого значення, спрацює граничний пристрій ST, який подасть сигнал на лічильник імпульсів СТ і розрядний конденсатор С. Далі процес повторюється.

Ердозиметр має 7 піддіапазонів вимірювання опромінення опроміненості до $1000 \text{ мер}\cdot\text{м}^{-2}$ і може вимірювати кількість еритемного опромінення до $100 \text{ ер}\cdot\text{год}\cdot\text{м}^{-2}$. Основна наведена похибка приладу не більш $\pm 25\%$. Живлення від мережі.

Для вимірювання ІЧ випромінювання застосовують прилади з досить високою і постійною чутливістю в ІЧ області спектру. Для цієї мети використовують неселективні приймачі випромінювання: піранометр Янішевського, болометри і термоелементи з оптичним фільтром КС-19, а також прилади, спеціально призначені для вимірювання ІЧ випромінювання.

Пристрій ТФА-2 призначено для автоматичної реєстрації ІЧ опромінення і кількості ІЧ опромінення в діапазоні довжин хвиль від 700 до 3000 нм. Межа реєстрації кількості опромінення $500 \text{ Вт}\cdot\text{хв}\cdot\text{м}^{-2}$. Приведена похибка реєстрації $\pm 5\%$. Живлення

приладу від мережі.

Фотощуп ИВФ-1 призначений для вимірювання опромінення у видимій (360-760 нм) та інфрачервоній (760- 2500 нм) областях спектру. Прилад комплектується двома змінними приймачами випромінювання, чутливими в кожному із зазначених діапазонів довжин хвиль.

Межа вимірювання опромінення $100 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ з двома піддіапазонами. За допомогою нейтрального фільтра межі вимірювання можуть бути підвищені в 5 разів. Наведена похибка вимірювання $\pm 5\%$. Живлення приладу автономне.

Пристрій ИКМ-71. В даний час розроблений спеціальний прилад типу ИКМ-71 для вимірювання ІЧ-опромінення від штучних джерел випромінювання в умовах сільськогосподарського виробництва. Його спектральна чутливість лежить в межах 620-10000 нм. Прилад проградуєований у $\text{Вт}/\text{м}^2$, межі вимірювання 0-250; 0-500; 0-1000 $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Відносна похибка вимірювання 10%. Живлення автономне від гальванічних батарей. Прилад складається з двох частин: датчика (термоелектричного приймача випромінювання) та вимірювального блоку, які розміщені в одному корпусі. Вимірювальний блок складається з електричної частини приладу, комутаційних і регулюючих елементів. Термоприймач за допомогою тримача, шарнірно з'єднаний з розсувною телескопічною штангою, яка укладена в алюмінієвий корпус. Крізь трубку штанги і ручки пропущено екранований провід для підключення термоприймача до схеми приладу.

Термоелектричний приймач (термобатарей типу РК-15, рис. 16) складається з десяти хромель-копелевих термопар, з'єднаних послідовно.

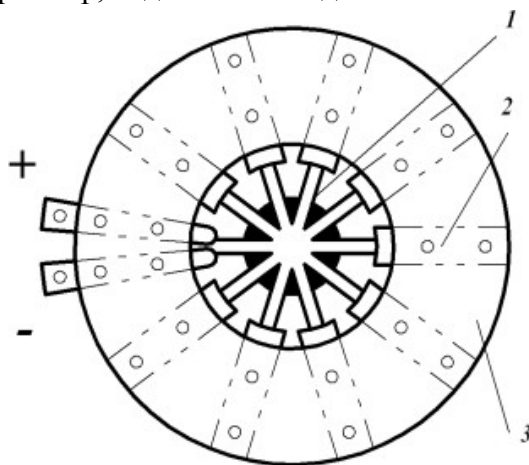


Рис. 16 – Термоелектричний приймач приладу ИКМ-71 (термобатарей РК-15): 1 – термопара хромель - копель; 2 – електропровідна пластина; 3 – ізолюючий диск

Гарячий спай термобатарей покритий платиною. Термобатарей зверху закрита блендою з каліброваним отвором діаметром 4 мм і кришкою.

Габаритні розміри приладу $215 \times 110 \times 100 \text{ мм}$, вага 2,5 кг. Прилад призначений для вимірювання ІЧ-опромінення в процесі експлуатації установок для ІЧ - обігріву молодняку сільськогосподарських тварин і птиці, сушіння насіння та продуктів.

Аналіз характеристик приладів, призначених для вимірювання випромінювань оптичної частини спектру, показує, що спектральна чутливість переважній більшості з них, незважаючи на використання коригованих приймачів випромінювання, значно відрізняється від спектральної чутливості відповідних еталонних приймачів (рис. 14, 15),

що змушує використовувати спектральні поправочні коефіцієнти для отримання достовірних результатів вимірювання.

Аналіз конструкцій приладів для вимірювання оптичних випромінювань показує, що електричні схеми приладів багато в чому подібні між собою. Істотні відмінності одного приладу від іншого є лише в приймальній частині, які визначаються характеристиками і якістю приладів в цілому.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису оптичних властивостей тіл.
2. Самостійно відновити матеріал з опису вимірювальних приймачів оптичного випромінювання.
3. Самостійно описати будову та принцип дії люксометрів.
4. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Прилади для вимірювання випромінювання при вирощуванні рослин.

ТЕМА №4. ЕЛЕКТРИЧНІ ДЖЕРЕЛА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ. БУДОВА І РОБОТА ЛАМП РОЗЖАРЮВАННЯ, ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНІ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з будовою та видами електричних джерел оптичного випромінювання.

План лекції

1. Основні закони теплового випромінювання.
2. Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні і експлуатаційні характеристики.
3. Галогенні лампи розжарювання.
4. Інфрачервоні лампи.
5. Основні закономірності електричного розряду в газах і парах металів.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

4.1 Основні закони теплового випромінювання

Теплове випромінювання є результат перетворення енергії теплового руху атомів і молекул тіла в енергію оптичного випромінювання. Температура випромінюючого тіла визначає як значення потоку випромінювання, так і його спектральний склад.

Основні закони теплового випромінювання сформульовані стосовно до абсолютно чорного тіла, під яким розуміється приймач оптичного випромінювання, який повністю поглинає падаюче на нього випромінювання незалежно від напрямку падіння, спектрального складу і поляризації. Існує й інше визначене поняття абсолютно чорного тіла: це тепловий випромінювач, здатний створювати при інших рівних умовах

найбільший у порівнянні з іншими тепловими випромінювачами потік випромінювання.

Закон Кірхгофа встановлює зв'язок між здібностями тіла випромінювати і поглинати випромінювання: відношення щільності випромінювання тіл з однаковою температурою дорівнює відношенню їх коефіцієнтів поглинання:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

Закон Кірхгофа можна записати інакше:

$$\frac{R_1}{\alpha_1} = \frac{R_2}{\alpha_2} = \dots = \frac{R_n}{\alpha_n} = \text{const} = R_T$$

де R_T - щільність випромінювання абсолютно чорного тіла при тій же температурі, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$.

Іншими словами, відношення щільності випромінювання до коефіцієнта поглинання для всіх тіл, що мають однакову температуру - величина постійна, що дорівнює щільності випромінювання абсолютно чорного тіла при тій же температурі.

Закон Стефана-Больцмана встановлює зв'язок між щільністю випромінювання тіла і його температурою. Стефан і Больцман встановили, що щільність випромінювання абсолютно чорного тіла залежить тільки від його температури і пропорційна четвертій степені її:

$$R_T = \sigma T^4$$

де σ - постійна, рівна $5,672 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{град}^{-4}$; T - абсолютна температура, K .

Для практики дуже важливо знати розподіл енергії в спектрі теплового випромінювання. Розподіл енергії в спектрі теплового випромінювання абсолютно чорного тіла описується формулою Планка:

$$R_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1}$$

де $R_{\lambda T}$ - спектральна щільність потоку випромінювання абсолютно чорного тіла, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мкм}^{-1}$; C_1 - постійна, що дорівнює $3,74 \cdot 10^8 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мкм}^4$; C_2 - постійна, рівна $1,43 \cdot 10^4 \text{ мкм} \cdot \text{град}$; e - основа натуральних логарифмів.

Продиференціювавши рівняння ($R_{\lambda T}$) за λ і прирівнявши першу похідну нулю, отримаємо:

$$\lambda_{\text{max}} T = 2896 \text{ мкм} \cdot \text{град},$$

де λ_{max} - довжина хвилі, відповідна максимуму кривої спектральної щільності потоку випромінювання, мкм .

Закон зміщення Віна. Рівняння ($\lambda_{\text{max}} T$) визначає положення максимуму кривої спектральної щільності потоку випромінювання абсолютно чорного тіла і виражає закон зсуву Віна: при підвищенні температури випромінюючого тіла максимум кривої спектральної щільності його потоку випромінювання зміщується в бік коротких довжин хвиль.

На рис. 1. показана спектральна щільність випромінювання абсолютно чорного тіла при нагріванні його до різних температур.

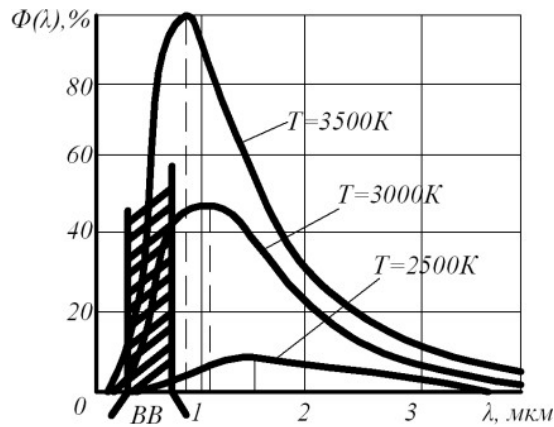


Рис. 1. - Спектральна щільність випромінювання абсолютно чорного тіла при нагріванні його до різних температур

У видимій частині спектру максимум знаходиться при температурі абсолютно чорного тіла в межах 3750-7800 К. Він, користуючись законом Стефана-Больцмана і законом зміщення, встановив, що максимальне значення спектральної щільності потоку випромінювання абсолютно чорного тіла зростає пропорційно п'ятій ступені температури тіла, тобто:

$$(R_{\lambda T})_{\max} = c_3 T^5$$

де c_3 - постійна, рівна $1,041 \cdot 10^{-11} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мкм}^{-1} \cdot \text{град}^{-5}$

Основні закони теплового випромінювання дозволяють зробити наступні висновки.

- потік випромінювання абсолютно чорного тіла пропорційний четвертій ступені температури нагріву;
- значення максимуму спектральної щільності потоку випромінювання абсолютно чорного тіла пропорційний п'ятій ступені температури нагріву;
- з підвищенням температури нагріву абсолютно чорного тіла максимум кривої спектральної щільності його потоку випромінювання зміщується в бік більш коротких довжин хвиль.

Велике практичне значення має питання про характер залежності ефективної віддачі потоку випромінювання теплового випромінювача від температури нагріву.

Розглянемо це питання стосовно до теплового випромінювача, використовуваному в якості джерела видимого випромінювання. Ефективна віддача потоку випромінювання (світловий к.к.д.) в даному випадку становить:

При підвищенні температури випромінювача світловий ККД зростає, що пояснюється зміщенням максимуму кривої спектральної щільності потоку випромінювання в бік видимого випромінювання. Найбільшого значення (14,5%) світловий к. п. д. досягає при температурі абсолютно чорного тіла близько 6500 К. Максимум кривої спектральної щільності випромінювання при цьому надається в зоні видимої частини спектру. Подальше збільшення температури випромінювача призводить до зміщення максимуму кривої $\Phi(\lambda)$ в короткохвильову частину спектру. Значення світлового ККД починає зменшуватися (рис.2.).

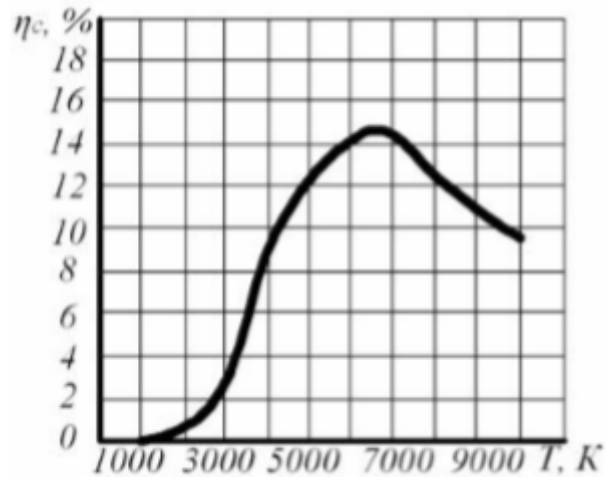


Рис. 2 – Залежність світлового ККД від температури абсолютно чорного тіла

У таблиці 1. наведені максимальні значення світлового ККД і світлової віддачі випромінювання для деяких характерних теплових випромінювачів. Тіла, з якими доводиться мати справу в практиці світлотехнічних розрахунків, не володіють повною мірою властивостями абсолютно чорного тіла, проте, користуючись спеціальними перехідними величинами, закони теплового випромінювання абсолютно чорного тіла можна приложити і до реальних тіл.

Таблиця №1

«Максимальні значення світлового ККД і світлової віддачі випромінювання для деяких характерних теплових випромінювачів»

Характер випромінювання або випромінювач	Тем., K	Світлова віддача, $лм/Вт$	Світловий ККД, %
Монохроматичне випромінювання при $\lambda=555 \text{ нм}$	-	680	100
Рівно енергетичне випромінювання	-	242	35,5
Повний випромінювач	6500	99	14,5
Сонце в зеніті	-	94	13,8
Вольфрам при плавленні	3665	55	8,1
Лампа з вугільною ниткою	2135	3,54	0,52
Керосинова лампа	1850	0,27	0,04

4.2 Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні і експлуатаційні характеристики

В світі виробляється і споживається декілька сотень мільярдів електричних ламп, левову частину яких поки що складають лампи розжарювання. Незважаючи на низький світловий потік, низький світловий ККД (2-2,5%) лампи розжарювання широко застосовуються в промисловості і сільському господарстві, на транспорті. Вони широко використовуються для сигналізації та індикації. Повністю автоматизоване виробництво ламп розжарювання, їх низька вартість, простота будови і особливо схеми вмикання забезпечують їх широке застосування.

На рис. 3 показано декілька конструкцій ламп розжарювання загального

призначення. Лампа розжарювання складається із скляної колби, діаметр якої визначається потужністю лампи. Колба заповнена інертним газом (аргон, азот або криптон). Колба з'єднана з цоколем спеціальною мастикою. На цоколі є гвинтова нарізка для кріплення в патроні, за допомогою якого лампа включається в мережу. У колбі розташована скляна ніжка лампи, в верхню частину якої впаяні молібденові гачки, на яких закріплено тіло розжарювання (вольфрамова нитка розжарення). Для з'єднання тіла розжарення з цоколем служать нікелеві електроди, платинові вводи та мідні виводи.

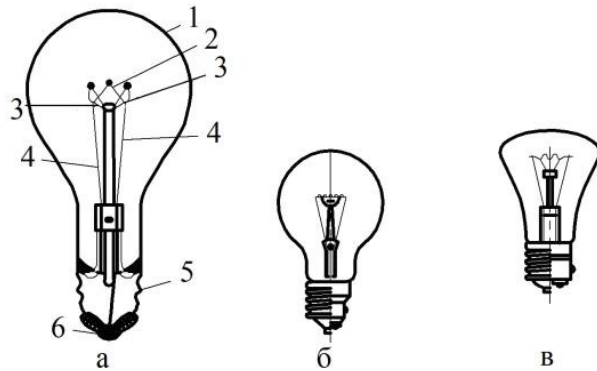


Рис. 3 - Конструкція ЛР загального призначення: а) моноспіральна; б) біспіральна; в) біспіральна криптонова: 1 – скляна колба; 2 – вольфрамова нитка розжарювання; 3 – молібденовітримачі; 4 – електроди (нікель, сплави, платинід); 5 – стакан цоколя (сплав заліза); 6 – контактна шайба.

Колба лампи розжарювання представляє собою скляний балон, призначений для ізолювання тіла розжарювання від зовнішнього середовища. Форма колби ламп розжарювання може бути різною. Крім прозорих колб, освітлювальні лампи розжарювання можуть мати колби з матованого, опалового або «молочного» скла. Такі колби мають значно більший коефіцієнт поглинання в порівнянні з прозорими, але дозволяють позбавитися від сліпучої яскравості тіла розжарення. Якщо треба отримати від лампи спрямований світловий потік, частина внутрішньої поверхні колби покривають дзеркальним шаром зі срібла або алюмінію. Залежно від форми відбиваюча частина колби може отримувати різний характер розподілу світлового потоку в просторі. Дзеркальні освітлювальні лампи розжарення можуть виконувати одночасно функції джерела оптичного випромінювання та освітлювальної арматури.

Принцип дії: при проходженні електричного струму по вольфрамовій нитці розжарювання вона нагрівається до температури $2400 - 2700\text{ K}$ і випромінює світло.

Типова для ЛР світлова віддача $10-22\text{ лм/Вт}^{-1}$. Більша частина електроенергії в нитці розжарювання перетворюється в тепло. В зв'язку цим суцільний спектр ламп розжарювання має максимум в інфрачервоній області і плавно спадає із зменшенням довжини хвилі. Такий спектр визначає теплий тон випромінювання ($T_{\text{кол.}} = 2400-2700\text{ K}$ при кольоропередачі ($P_a = 100$)).

Лампи розжарювання відрізняються друг від друга електричними, світлотехнічними і експлуатаційними характеристиками. До електричних характеристик відносять номінальну напругу живлячої мережі, номінальну електричну потужність, рід струму (постійний або змінний).

Основна світлотехнічна характеристика ламп розжарювання - світловий потік Φ_c .

Світловий потік лампи розжарювання залежить від електричної потужності, напруги живлення і температури нитки розжарювання. Нормований в каталогах світловий потік лампи розжарювання повинен випромінювати в перші години роботи при її включенні в мережу на номінальну напругу, при цьому Державні стандарти допускають відхилення нормованого світлового потоку однотипних ламп на 5-10%. У процесі експлуатації лампи робоча температура тіла розжарювання і прозорість колби знижуються. Той же стандарт для ламп, які пропрацювали 75% свого номінального терміну служби (середньої тривалості горіння), допускає зменшення світлового потоку до 72-85% номінального в залежності від типу ламп, потужності і категорії виготовлення.

Експлуатаційними характеристиками, які визначають економічні показники роботи ламп розжарювання, є світлова віддача і номінальний термін служби. Світлова віддача досягла в даний час $7,5-19,1 \text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$. Під номінальним строком служби розуміють їх середню тривалість горіння t_c , яка визначається як середньоарифметичний час повних термінів служби групи (не менше десяти) ламп. Номінальний термін служби ламп розжарювання дорівнює 1000 год. В даний час відомі світові фірми, такі як польська фірма «Філіпс» випускає рефлекторні лампи, кольорові, трубчаті, які створюють приємну і спокійну атмосферу і в яких термін служби ламп доведено до 2000- 2500 год.

Відхилення напруги живлення від його номінального значення істотно впливає на характеристики ламп розжарювання (рис. 4).



Рис. 4. – Залежність світлотехнічних, електричних і експлуатаційних параметрів ламп розжарювання загального призначення від зміни напруги живлячої мережі: 1 – середня тривалість горіння; 2 – світловий потік; 3 – світлова віддача; 4 – споживана потужність; 5 – сила струму.

Якщо напруга живлення лампи вище номінальної, то зростає значення сили струму, потужності, світлового потоку і світлової віддачі, при цьому різко зменшується середня тривалість горіння.

До переваг ламп розжарювання можна віднести простоту будови, низьку вартість, надійність в роботі при зміні температури навколишнього середовища в широкому

діапазоні.

Недоліки ламп розжарювання: черезмірна яскравість, низька світлова віддача (до $20 \text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$), низький світловий ККД (в середньому 3,5 %), незадовільний спектральний склад випромінювання (в видимому спектрі переважно оранжево-червоні випромінювання з довжиною хвилі $\lambda=600-780 \text{ нм}$. Синіх кольорів з довжиною хвилі $\lambda=380-450 \text{ нм} \approx$ в 10 разів менше. Такий спектральний склад не забезпечує правильної кольоропередачі), малий термін роботи ($\approx 1000 \text{ год.}$).

4.3 Галогенні лампи розжарювання

Як відомо світловий потік, світлова віддача, світловий ККД при всіх рівних умовах залежить тільки від температури нагрівання нитки розжарювання. Проте добитись підвищення ефективності роботи ламп розжарювання шляхом підвищення температури не просто, так як нагрівання тіла накалу супроводжується розпиленням речовин нитки розжарювання і чим більша температура тим більше розпилювання. При підвищенні температури тіла накалу (2400-2700) на 1 % швидкість розпилення збільшується в 2 рази, а отже термін служби різко зменшується.

Тому в галогенних лампах з йодним циклом процес розпилення нитки розжарювання не усунено, зате знайдені надійні засоби боротьби з його наслідками, що дозволило значно покращити показники роботи ламп цього типу.

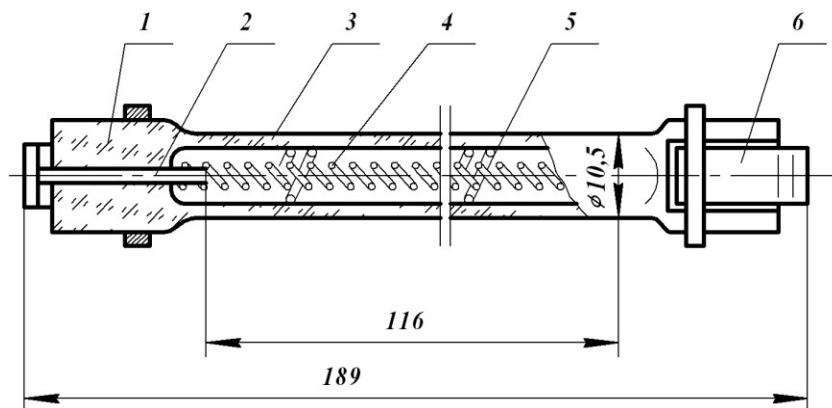


Рис. 5 - Лампа кварцова галогенна КГ220-1000

На рис. 5 показано лампу типу КГ 220-1000. Циліндрична колба 3 виготовлена з кварцового скла, що має температуру розм'якшення вище 1373 К . У колбу поміщена дозована кількість йоду, і вона наповнена аргоном до тиску приблизно 800 ГПа . Тіло розжарення 4, виконане у вигляді моноспіралі з особливо чистого вольфраму, змонтовано по осі трубки на вольфрамових тримачах 5. Ввід в лампу виконаний молібденовими електродами 2, впаяними в кварцові ніжки 1. У мережу лампу включають контактними поверхнями 6. Лампа розрахована на роботу від мережі з напругою 220 В .

Утворені в результаті розпилення тіла накалу частинки вольфраму F рухаються від нитки до стінок колби G , де вступають у з'єднання з галогеном E , утворюючи вольфрамовий галоген D при температурі нижче $1400 \text{ }^\circ\text{C}$. При дуже низьких температурах інтенсивність реакції недостатня для підтримки циклу. При більш високих температурах розкладання вольфрамового галогену у поверхні колби більш імовірно, ніж його

створення. Ступінь дисоціації вольфрамового галогену в зоні спіралі на кілька порядків вища, ніж у стінок. Отже, і концентрація там менша, ніж біля поверхні колби. Створений вольфрамовий галоген D переміщається до спіралі, в сторону меншої концентрації. Досягнувши зони спіралі, в умовах високої температури вольфрамовий галоген розкладається. Частинки вольфраму F осідають на спіраль, а галоген E звільняється і знову бере участь у циклі.

Схематично регенеративний цикл виглядає таким чином:

- утворення вольфрамового галогену у поверхні колби;
- повернення вольфрамового галогену до спіралі;
- розкладання вольфрамового галогену поблизу спіралі з осадженням на ній вольфраму і звільнення галогену.

Характерною особливістю галогенних ламп є можливість регулювання їх потоку випромінювання шляхом зміни напруги, що підводиться. Підвищення напруги понад номінального значення не призводить до такого різкого скорочення терміну служби, як це відбувається у звичайних ламп розжарювання.

На рис. 5 приведено графік світлової віддачі та терміну служби в залежності від напруги галогенної лампи низької напруги. Даний графік показує вплив недостатньої напруги, або перенапруги на світлову віддачу та термін служби.

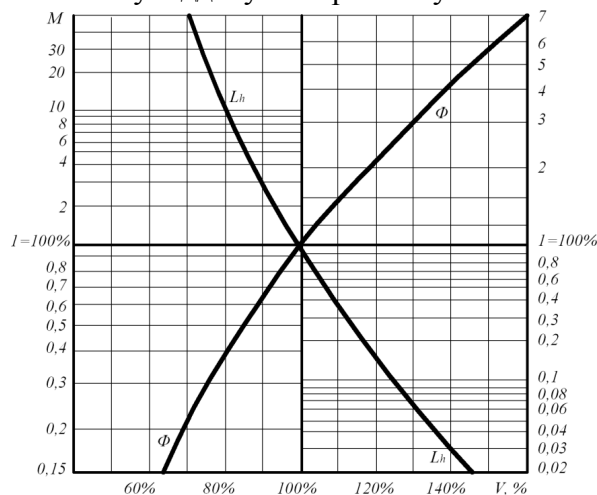


Рис 6. - Графік світлової віддачі та терміну служби в залежності від напруги галогенної лампи низької напруги

До основних переваг ламп розжарювання з вольфрамово-галогенним циклом можна віднести:

- висока питома щільність випромінювання;
- стабільність потоку випромінювання протягом терміну служби;
- відносно малі габаритні розміри;
- здатність витримувати тривалі і великі перевантаження;
- можливість плавного регулювання потоку випромінювання в широких межах шляхом зміни напруги, що підводиться.

Основні недоліки ламп розжарювання з вольфрамово-галогенним циклом загального призначення такі:

- можливість роботи тільки в горизонтальному положенні, щоб уникнути деформацій тіла накалу під дією власної ваги і порушення вольфрамово-галогенного циклу;

- більш висока вартість у зв'язку з необхідністю використовувати кварцове скло і особливо чистий вольфрам.

4.4 Інфрачервоні лампи

Для вирішення цілого ряду завдань у сільськогосподарському виробництві використовують джерела інфрачервоного випромінювання (сушіння сільськогосподарських продуктів, обігрів молодняку тварин іптиці та ін.) В якості джерел ІЧ випромінювання для цих цілей зазвичай використовують різного типу лампи розжарювання.

Приблизно 60-80 % випромінювання ламп розжарювання припадає на інфрачервону область спектра. Відповідно, будь-яка лампа розжарювання може служити джерелом ІЧ випромінювання. Однак доцільніше для цієї мети застосовувати спеціальні лампи, тіло розжарювання яких розраховане на більш низьку, ніж у освітлювальних лампах, температуру. Максимум випромінювання таких ламп зміщений в довгохвильову частину спектру, і припадає на випромінювання з довжиною хвилі 1000-1400 нм. В залежності від спектрального складу промисловістю випускаються так звані «світлі» і «темні» джерела ІЧ випромінювання.

«Світлі» джерела конструкцією і принципом дії не відрізняються від ламп розжарювання, проте їх тіло розжарювання розраховане на меншу, ніж у освітлювальних лампах, температуру ($T=2270-2770\text{ K}$) для збільшення частки ІЧ випромінювання в повному потоці ламп і скорочення частки видимого випромінювання. Вони поділяються на лампові і трубчасті термовипромінювачі.

Лампові термовипромінювачі. Частина внутрішньої поверхні колби дзеркальних ламп покрита шаром алюмінію або срібла з коефіцієнтом відображення ІЧ випромінювання близько 0,9. Колба ламп ИКЗК покрита червоним термостійким лаком, що знижує світловий потік ламп. Знижена температура тіла розжарювання інфрачервоних ламп сприяє збільшенню їх терміну служби до 5000 год.

На рис. 7 представлено розподілення потоків випромінювання по спектру для ламп ИКЗ 220-500, ИКЗ 127-500 і ИКЗК 220-500, ИКЗК 127-500

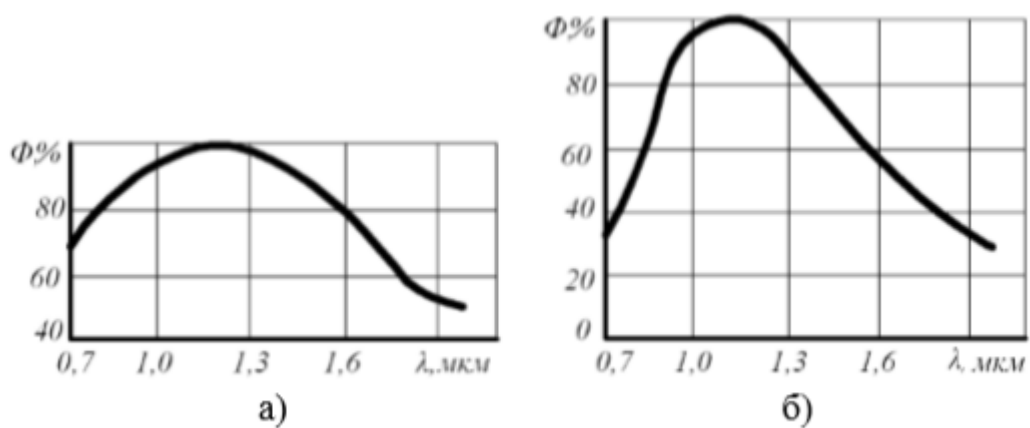


Рис. 7 - Розподілення потоків випромінювання по спектру: а) для ламп ИКЗ 220-500, ИКЗ 127-500; б) ИКЗК 220-500, ИКЗК 127-500

В позначенні типу ламп букви показують: ИКЗК-220-250 – інфрачервона,

дзеркальна з червоною колбою; цифри, які стоять після букв, показують напругу мережі і потужність джерела випромінювання.

Постільки потік випромінювання залежить від температури тіла розжарювання то підвищення температури прискорює випаровування вольфраму і збільшує частку видимого світла в потоці випромінювання. Тому в лампах типу ИКЗ, де ефективним є ІЧ-випромінювання, робоча температура нитки розжарення з 2973 K (як у освітлювальній лампі) знижена до 2473 K з зменшенням на 60% світлової віддачі. Це дозволяє перетворити в ІЧ-випромінювання до 70% споживаної електроенергії. Довжина хвилі максимального випромінювання $1,05\text{ мкм}$, основна частина енергії генерується на ділянці спектра від $0,8$ до 2 мкм . Випромінювання тіла розжарення з довжиною хвилі більше $3,5\text{ мкм}$ (7- 8 % усього потоку) поглинається склом колби, що є причиною передчасного виходу ламп з ладу через температурні перепади.

Опроміненість лампою типу ИКЗ при відстані до поверхні, що обігривається $50\text{-}400\text{ мм}$ змінюється в межах від 2 до $0,2\text{ Вт/см}^2$.

Лампові термовипромінювачі, які випускаються зарубіжними країнами, мають номінальну напругу від 110 до 250 В . Купол лампи – прозорий, матовий, або з рубіновою окраскою скла. На рис. 1.35 показано спектральні характеристики дзеркальних ІЧ-ламп потужністю 250 Вт зарубіжних фірм «Мазда» і «Філіпс».

Трубчасті ІЧ-випромінювачі з тугоплавкого скла. По конструкції трубчасті джерела ІЧ випромінювання поділяються на дві групи - з тілами розжарювання з металевих резистивних сплавів і з вольфраму. Перші являють собою трубку з звичайного або тугоплавкого скла діаметром $0 - 20\text{ мм}$; усередині трубки по центральній осі розміщено тіло розжарювання у вигляді спіралі, до кінців яких подається напруга живлення. Такі випромінювачі мало розповсюджені. Вони використовуються, як правило, для обігріву приміщень.

Випромінювачі з вольфрамовими тілами розжарювання за конструкцією аналогічні трубчастим лампам розжарювання. Тіло розжарення в вигляді вольфрамової спіралі розташоване повздовж осі трубки і закріплено на молібденових тримачах, впаяних в скляний стрижень. Трубчастий випромінювач може бути виготовлений із зовнішнім або внутрішнім відбивачем, утвореним випаровуванням срібла чи алюмінію у вакуумі. Спектральний розподіл випромінювання трубчастих випромінювачів близький до лампових. Температура розжарення складає $2100\text{-}2450\text{ K}$. На рис. 8 показана конструкція трубчастого ІЧ-випромінювача.

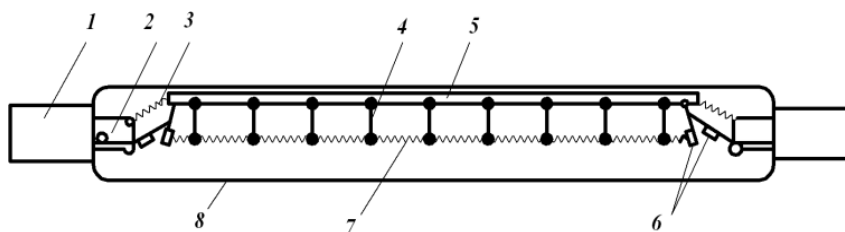


Рис.8 – Конструкція трубчастого ІЧ випромінювача: 1- цоколь; 2 – штангель; 3 – пружина, яка підтримує стержень; 4 – молібденові тримачі; 5 – скляний стержень; 6 – електроди; 7 – вольфрамове тіло розжарювання; 8 – скляна трубка.

Трубчасті ІЧ-випромінювачі з кварцового скла. Мають аналогічну будову, що і трубчасті випромінювачі з тугоплавкого скла, тільки в якості колби використана трубка із

кварцового скла.

Інфрачервоні кварцові лампи з йодним циклом мають наступні переваги: висока питома щільність випромінювання; стабільність потоку випромінювання на протязі терміну служби, (значення потоку випромінювання в кінці терміну служби складає 98% від початкового); малі габарити; можливість витримувати тривалі перевантаження; можливість плавного регулювання потоку випромінювання в широких межах шляхом зміни підведеної напруги.

Основні недоліки ламп: при температурі вище 623 K кварц під дією теплового розширення руйнується; лампи можуть працювати тільки в горизонтальному положенні, в іншому випадку тіло розжарювання може деформуватися під дією власної ваги і йодний цикл в результаті концентрації йоду в нижній частині трубки буде порушений.

«Темні» джерела ІЧ випромінювання представляють собою металеву трубку, заповнену вогнестійкою ізоляційною масою (окис алюмінію або окис магнію), які добре проводять теплоту, служать для ізоляції спіралі від трубки. В трубку поміщений нагрівач у вигляді спіралі з проволочки з високим електричним опором.

Торці трубки заливають вологонепроникним нагрівостійким лаком (герметиком). Контактні виводи виготовляються з сталюгого дроту. Залежно від розмірів і поперечного перерізу нагрівальної спіралі, можна регулювати температуру зовнішньої поверхні трубки в досить широких межах ($673\text{-}1023\text{ K}$).

4.5 Основні закономірності електричного розряду в газах і парах металів

Носії електрики - електрони чи іони. У провідниках є надлишок електронів, тому вони добре проводять електричний струм. Добре проводять електричний струм розчини, в яких завжди є іони. У газах чи парах немає носіїв електрики: вони є ізоляторами. Під дією космічних променів і радіоактивних випромінювань Землі в будь-якому газовому середовищі і в атмосфері Землі утворюється деяка кількість іонів, але час їх існування дуже обмежений, вони зникають, тобто рекомбінуються.

Кількість іонів в атмосфері дуже мало в порівнянні з кількістю нейтральних молекул. Можна штучно, наприклад, електромагнітним полем високої частоти, утворювати іони в газових проміжках і отримати струм, тобто розряд в газі. Такий розряд у газі називається несамостійним. Якщо в ізольованому від атмосфери просторі відкачати газ до тиску нижче 10 Па , то ймовірність рекомбінації різко знижується, іонізберігаються більш тривалий час. Введемо в цей простір два електроди (рис. 9) і докладемо до них деяку різницю потенціалів.

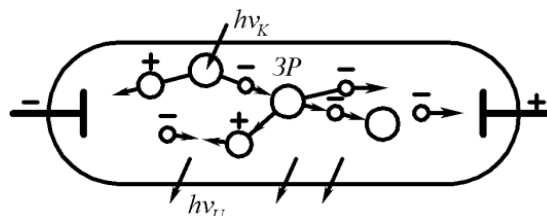


Рис. 9 – Розряд в газі: $h\nu_k$ – зовнішній збудник; $h\nu_u$ – випромінювання розряду; ЗР – збудження в розряді

Виникає електричне поле, в якому іони починають рухатися до відповідних електродів. Швидкість руху іонів пропорційна різниці потенціалів електродів.

Найбільшою рухливістю володіють «легкі» іони - електрони. Але швидкість руху електрона, як будь-якої частки, тобто її кінетична енергія - показник температури. Підвищення температури тіла виражається в підвищенні кінетичної енергії його молекул, їх рухливості. Тому можна говорити про електронну температуру, яка підвищується зі збільшенням напруженості електричного поля в міжелектродному проміжку. Напруженість оцінюється відношенням різниці потенціалів до відстані між електродами. Нейтральні молекули газу в міжелектродному проміжку не схильні до дії електричного поля і мають свій запас кінетичної енергії, тобто свою температуру. Таким чином, в розглянутому об'ємі два типи частинок мають різну температуру (рис. 10).

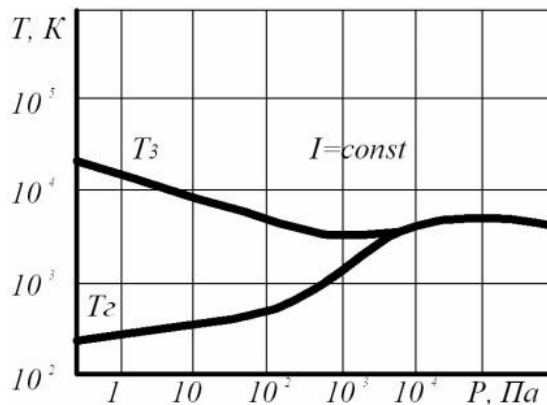


Рис. 10 - Вимірювання температури газу T_G і електронної температури T_z при зміні тиску

Звичайно, ці частинки зіштовхуються між собою. При малій кількості електронів їх кінетична енергія гаситься нейтральними важкими молекулами і електрони не досягають анода. Струму немає. При підвищенні напруженості кінетична енергія електронів може бути настільки високою, що її виявиться достатньо для іонізації нейтральної молекули (не пружне зіткнення), тобто утворення додаткових носіїв електрики, прискорюваних в електричному полі до електронної температури і, у свою чергу іонізуючих нейтральні молекули. Настає пробій газового проміжку, «запалення» газового розряду. З'являється струм. Опір газового проміжку стає відмінним від нескінченності, і при цьому швидко зменшується тихий (темновий) розряд (рис. 11), що переходить у тліючий, характерний тим, що частина іонів встигає рекомбінуватися з виділенням фотонів: з'являється світіння. Для отримання тліючого розряду необхідно мати малий тиск легко іонізуючого газу (неону) і відносно високу напругу, прикладену до електродів. На цьому принципі працюють газосвітні установки (напруга живлення $U_{ж} = 1-20 kV$), індикатори напруги ($U_{ж} = 80-1000 V$), стартери люмінесцентних ламп ($U_{ж} = 0,7 U_{ж}$).

Інтенсивність випромінювання тліючого розряду мала, тому для освітлення ця область газового розряду не використовується. Струм, обмежений зовнішнім великим опором у індикаторах напруги, становить кілька мікроампер, тобто безпечний для персоналу.

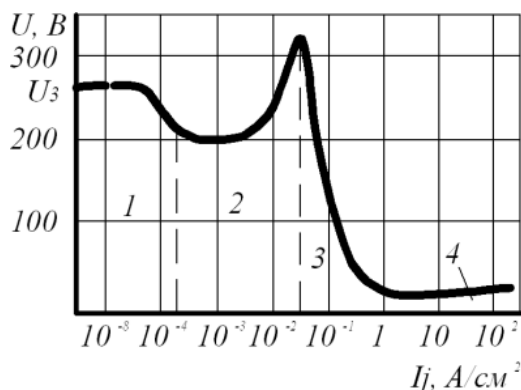


Рис. 11 – ВАХ газового провідника: 1 – темновий (тихий) розряд; 2 – тліючий розряд; 3 – дуговий розряд; 4 – зверх дуговий розряд

Підвищення тиску всередині описаного вище ізолюваного простору (лампи) ускладнює запалювання розряду. Але при цьому можна отримати більше носіїв електрики і, відповідно, великі щільності струму, а значить, і високу інтенсивність випромінювання. Цей процес - лавинний (рис. 1.42 зона 3), опір міжелектродного проміжку швидко падає до нуля, і обмежити струм, а отже уникнути короткого замикання, можна тільки зовнішнім опором (рис. 12). Це дуговий розряд. Висока концентрація іонів в лампі забезпечить широку можливість рекомбінації їх і відповідно, потужний потік фотонів. Принцип газового розряду – основний в РЛ (розрядних лампах).

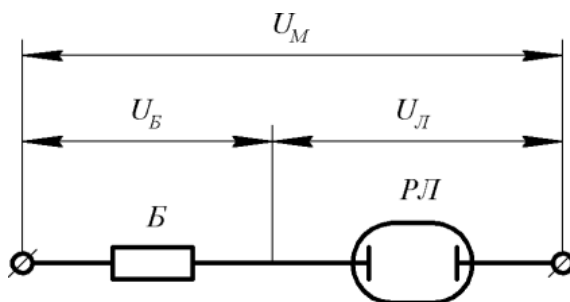


Рис. 12 – Принцип включення РЛ в мережу: Б – баласт

Розглянемо стабілізацію такого розряду. Вольт-амперна характеристика газового розряду - падаюча (рис. 13), тому для обмеження струму в ланцюзі лампи послідовно з нею необхідно включити опір баласту УБ.

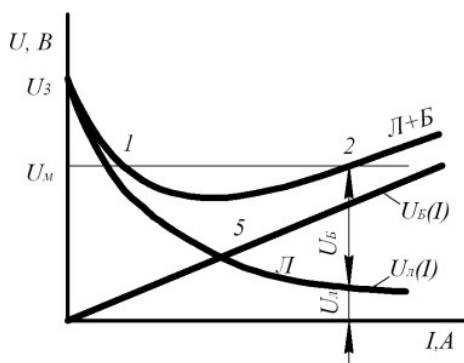


Рис. 13 – ВАХ баласту РЛ і схеми лампи з баластом

Вольт-амперна характеристика баласту, наприклад активного опору, відповідно до закону Ома ($U = IR$) - зростаюча. Напряга на схемі дорівнює сумі напруг $U_B + U_L$. У цілому ВАХ схеми в початковій ділянці буде падаючою, а потім перейде в зростаючу. Якщо до схеми прикласти напругу мережі U_M , то в двох точках цієї характеристики 1 і 2 напруга мережі та схеми виявляться однаковими. На падаючій частині характеристики струм самовільно зростає, і робота схеми в точці 1 неможлива. Стійка робота схеми в точці 2. Зростання струму в схемі можливо тільки зі збільшенням напруги U_M . Для газового розряду напруга запалювання U_3 завжди вище напруги живлення схеми U_M . Напряга на баласті U_B зазвичай більша, ніж напруга на лампі U_L .

Стійка робота газового розряду високого тиску можлива при високих напруженнях поля, яка викликає високі швидкості електронів. Тиск в потоці частинок високих швидкостей в відповідності до закону Бернуллі - знижений у порівнянні з навколишньою атмосферою, яка своїм тиском витісняє швидкісні частки в центр лампи. Говорять що розряд «відшнуровувався». Випромінюється не весь обсяг лампи, а тільки її центральна частина уздовж лінії найкоротшої відстані між електродами. Стан речовини в шнурі ми називаємо плазмою. Зі збільшенням тиску в атмосфері розряд плазми починає випробовувати гальмування зі сторони навколишнього середовища. В місці з цим гальмуванням зростає опір розрядного проміжку, ВАХ якого починає зростати (рис.1.44, зона 4), а напруга на баласті зменшується і в певних умовах баласт може бути зовсім відсутнім (лампи зверх високого тиску).

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису основних закономірностей електричного розряду в газах і парах металів.
2. Самостійно відновити матеріал з опису будови та видів делел опромінення.
3. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Історія створення електричних джерел випромінювання.

ТЕМА №5. БУДОВА І ПРИНЦИП ДІЇ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ЛАМП, ЇХ ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з будовою, видами та характеристиками люмінесцентних ламп.

План лекції

1. Будова та принцип дії лінійних люмінесцентних ламп.
2. Будова та принцип дії компактних люмінесцентних ламп.
3. Основні характеристики люмінесцентних ламп.
4. Пускорегулюючі апарати для люмінесцентних ламп, схеми їх вмикання.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

5.1 Будова та принцип дії лінійних люмінесцентних ламп

Люмінесцентні лампи являють собою розрядні джерела світла низького тиску, в яких ультрафіолетове випромінювання ртутного розряду перетворюється люмінофором у більш довгохвильове випромінювання.

У промислово розвинених країнах на частку освітлювальних установок (ОУ) з лінійними люмінесцентними лампами (ЛЛ) приходиться більше 70 % виробленої світлової енергії.

За останні 3-4 роки, світова електролампова промисловість досягла значного прогресу в області вдосконалення характеристик лінійних ЛЛ загального призначення:

- габаритні розміри ЛЛ зменшені по діаметру і по довжині, які оптимізовані до використання зі стандартними монтажними модулями підвісних стель;
- значення світлової віддачі у ЛЛ нового покоління більше ніж 100 лм / Вт при роботі в схемах з ЕПРА;
- середній термін служби збільшений з 7 - 9 до 12 - 15 тис. год і більше;
- спад світлового потоку в кінці терміну служби знижено з 15-20 до 5% від початкового значення;
- вміст ртуті в ЛЛ зменшено в середньому на 80%.

Лампи включаються і працюють тільки зі спеціально розробленими для них ЕПРА, лампи мають двохштирьковий цоколь типу G-5 і володіють усіма перевагами ЛЛ діаметром 26 мм на трьохкомпонентних люмінофорах, при цьому мають велику світлову віддачу і середній термін служби, який при тригодинному циклі вмикання становить 16 тис. год. Зменшення діаметра колб нових ЛЛ на 40 % дає можливість більш ефективно використовувати їх з дзеркальними відбивачами і екрануючими решітками, зменшити висоту підвісу світильників, знизити витрати всіх вихідних матеріалів при виготовленні як самих ламп, так і світильників. При цьому забезпечується більш раціональне використання складських приміщень. зменшуються витрати на пакувальні матеріали та утилізацію відпрацьованих ламп.

Зменшення довжини нових ЛЛ на 50 мм (у порівнянні зі стандартними розмірами ламп діаметром 26 мм) дозволило створити на їх базі, конструкції вмонтованих світильників, які оптимально підходять до стандартних систем підвісних стель.

На рис. 1 показано загальна конструкція люмінесцентних ламп загального призначення.

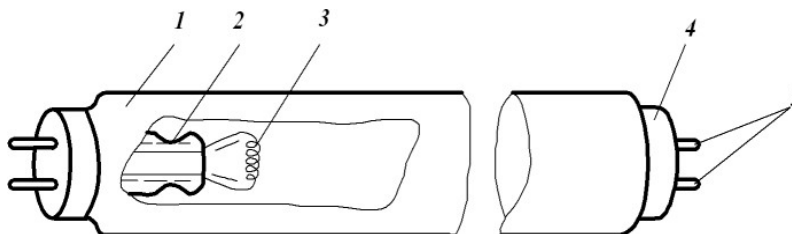


Рис. 1 – Конструкція люмінесцентної лампи загального призначення в розрізі

Люмінесцентна лампа загального призначення (рис. 1) являє собою циліндричну колбу 1, герметично закриту з ввареними в її торці скляними ніжками 2. На ніжках змонтовані вольфрамові біспіралі 3, покриті шаром оксиду (окислів лужно - земельних металів), що забезпечує добру емісію електронів. По кінцях лампа має короткі цоколі 4 з штирками 5, що служать для включення її в електричну мережу. До штирків припаяні

виводи електродів.

Внутрішня поверхня колби лампи покрита тонким шаром люмінофора - кристалічної речовини певного хімічного складу. З колби відсмоктане повітря і введено аргон з невеликою кількістю ртуті (30-80 мг). Призначення аргону складається в зменшенні розпилення покриття електродів і полегшення запалювання розряду, так як суміш інертного газу з парами ртуті представляє собою більш сприятливе середовище для виникнення розряду, ніж аргон або пари ртуті, окремо взяті. При розряді збуджуються і випромінюють однак, лише атоми ртуті. Перетворення електричної енергії в видиме випромінювання можна розділити на два етапи:

- перетворення електричної енергії в процесі електричного розряду в парах ртуті в енергію ультрафіолетового випромінювання;
- перетворення в шарі люмінофора УФ випромінювання у видиме.

Незначна частина видимого випромінювання (5-7 %) створюється в результаті самого електричного розряду в між електродному проміжку. Люмінофор, який застосовується в люмінесцентних лампах, є порошкоподібною речовиною. В природних умовах такою речовиною є фосфор. Розмір зерен, товщина і структура шару впливають на світлові властивості лампи. Зазвичай на 1 см² поверхні наноситься 2-3 мг люмінофора. Шар люмінофора працює на просвіт: збуджується зсередини, а випромінюється в навколишній простір лампи.

На рис. 2 приведено спектральну щільність випромінювання ЛЛ:

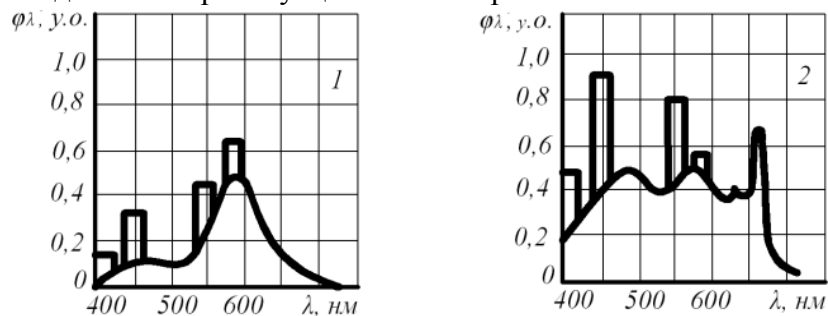


Рис. 2 – Спектри випромінювання ламп: 1 – ЛБ; 2 – ЛДЦ

Люмінесцентні лампи розрізняють по формі, потужності і спектральному складі чи кольоровості випромінювання.

Принцип дії люмінесцентної лампи розглянемо на прикладі стартерної схеми включення, яка представлена на рис.3.

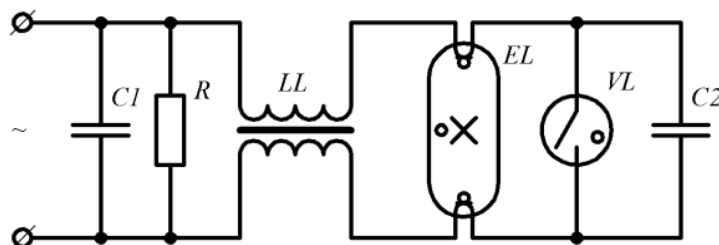


Рис. 3 – Стартерна схема включення люмінесцентної лампи

Стартерна схема включення люмінесцентної лампи - стандартна схема, яка забезпечує імпульсне запалювання лампи і стабілізацію в ній дугового розряду.

Для надійного запалювання люмінесцентної лампи її електроди попередньо

нагрівають електричним струмом до температури близько 1000 K^0 . При цьому іонізується міжелектродний проміжок за рахунок термоелектронної емісії оксидного покриття електродів, а напруга запалювання знижується. Підігрів електродів і запалювання дугового розряду в лампі здійснюються за допомогою стартера і дроселя.

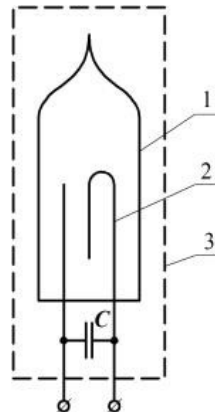


Рис. 4 – Стартер: 1 – колба; 2 – біметалевий електрод; 3 – корпус;
С – конденсатор

Стартер (рис. 4) представляє собою мініатюрну газорозрядну лампу тліючого розряду. Один з електродів стартера виконаний біметалевим і при нагріванні змінює своє положення щодо іншого нерухомого електрода аж до короткого замикання з ним.

У стандартній стартерній схемі, (рис. 3) люмінесцентна лампа ЕЛ включена послідовно з індуктивним баластовим опором LL, що представляє собою дросель із залізним сердечником. Паралельно схемі підключений компенсуючий конденсатор С1, який призначений для підвищення коефіцієнта потужності установки з 0,5-0,6 до 0,92-0,95. Опір R, включений паралельно конденсатору, призначений для розряду ємності після відключення схеми від мережі, так як провідність непрацюючої люмінесцентної лампи близька до нуля.

Конденсатор С2 знижує радіоперешкоди, що створюються дуговим розрядом, збільшує тривалість імпульсу високої напруги, що виникає в дроселі, і зменшує іскріння контактів стартера в момент їх розмикання.

Після включення схеми напруга мережі виявляється прикладеною до лампи і стартера. Висока напруга запалювання лампи не дозволяє їй запалитися ($U_{з.л} > U_M$). У цей час в стартері виникає тліючий розряд внаслідок того, що напруга запалювання менше напруги мережі ($U_{з.ст} < U_M$). Тепло, що виділяється в тліючому розряді, достатньо для підвищення температури біметалічного електрода. У результаті він починає згинатися в бік нерухомого електрода.

Після замикання контактів стартера утворюється послідовне коло з біспіралей електродів лампи і дроселя. По колу потече струм, що перевищує номінальний струм лампи приблизно в 1,5 рази і сприяє швидкому розігріву електродів. Процес розігріву триває 1-3 с, поки біметалевий електрод стартера не охолоне і не розімкне коло. За цей час електроди лампи встигають нагрітися і створити необхідну іонізацію розрядного проміжку. Наприкінці процесу розігріву контакти стартера розмикаються.

При розмиканні кола струм, що протікає по обмотці дроселя, різко зменшується і в ньому виникає ЕРС самоіндукції, сумарне значення ЕРС і напруги мережі достатньо для пробною розрядного проміжку в лампі і виникнення дугового розряду. Лампа починає

працювати (встановлюється напруга горіння, рівна приблизно половині напруги мережі).

Після запалювання лампи електроди стартера залишаються розімкнутими і тліючий розряд у ньому не виникає, тому що напруга $U_{г.л.}$ горіння лампи, прикладена до стартера, менша напруги $U_{з.ст.}$ його запалювання. Для надійної автоматичної роботи стартера витримується така умова:

$$U_M > U_{з.ст.} > U_{г.л.}$$

5.2 Будова та принцип дії компактних люмінесцентних ламп

Перші серійні КЛЛ з'явилися на європейському ринку в 1981 році. Це були двохканальні КЛЛ з вмонтованим стартером для роботи з виносним електромагнітним ПРА потужністю 5, 7, 9, 11 Вт (тип PL фірми Philips та Dulux фірми Osram), а також КЛЛ типу SL (Philips) і Compacta (Osram) потужністю 9, 13, 18, 25 Вт з світло роздільною оболонкою, вмонтованим ЕмПРА різьбовим цоколем E 27.

За останні 10 років дані лампи були вдосконалені зусиллями різних фірм:

1. Типовий ряд номіналів потужності з урахуванням всіх різновидностей сучасних конструкцій КЛЛ виглядає наступним чином: 5, 7, 9, 10, 11, 13, 15, 18, 20, 23, 24, 25, 26, 32, 36, 40, 42, 55 Вт.
2. Діапазон світлових потоків відповідно становив $\Phi_{л} = 200 - 4800$ лм.
3. Світлова віддача ламп з виносним ПРА лежить в межах 50- 80 лм / Вт, а ламп з вмонтованим ПРА – 40 - 65 лм / Вт.
4. Широка кольорова гама кольорових відтінків випромінювання з T_k від 2700 К («домашнє» тепле біле світло, максимально близьке до ЛН) до 6500 К («холодне» денне світло).
5. З впровадженням ЕПРА середній термін служби при стандартному циклі включень підвищується до 10000 год.
6. Повна довжина КЛЛ в залежності від конструктивного виконання і потужності знаходиться в межах від 105 мм (5 В до 535 мм (55 Вт); трубки розрядних каналів мають діаметри від 12 до 17 мм.

За конструктивними ознаками КЛЛ поділяють на дві великі групи:

- «А» лампи для включення з виносним ПРА і штифтованими цоколями;
- «Б» лампи з вбудованими ПРА і різьбовими (або байонетними) цоколями.

До групи «А» входять КЛЛ з числом розрядних каналів від двох до шести, потужністю від 5 до 55 Вт і $\Phi_{л}$ від 200 до 4800 лм.

До групи «Б» входять лампи E14, E27, лампи потужністю від 15 до 25 Вт з цоколем E 27 (або B22 за спеціальним замовленням).

Всередині корпусу компактної лампи розміщена кругла печатна плата на якій зібрано високочастотний перетворювач. Перетворювач при номінальному навантаженні має частоту 40 – 60 кГц. В електронний блок входять наступні елементи: VT1 і VT2 – транзистори, на яких зібрано високочастотний генератор, мініатюрний симетричний динистор DB3 (VS1) служить для автозапуску перетворювача в момент подачі живлення, діодний міст VD1 – VD4 – призначений для випрямлення змінного струму, конденсатор C2 – є простим мережевим випрямлячем.

Розглянемо принцип дії компактної люмінесцентної лампи на прикладі найбільш

розповсюдженої схеми фірми Osram, яка представлена на рис. 5 (лампа потужністю 11 Вт).

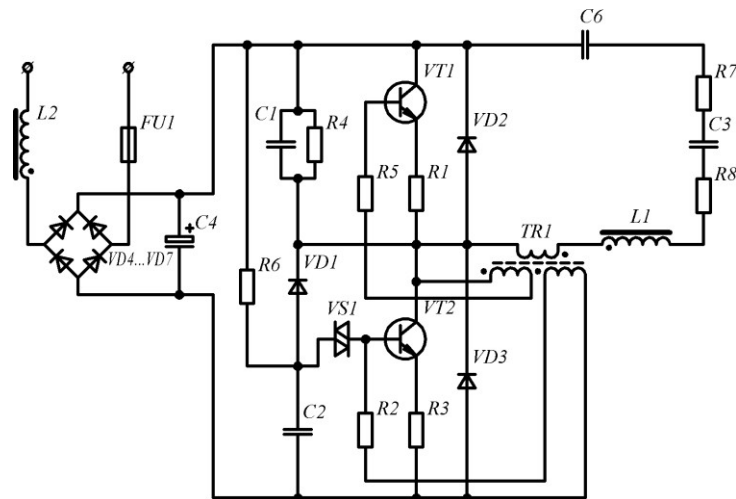


Рис. 5 – Схема електрична принципова компактної люмінесцентної лампи фірми Osram

Схема складається з ланцюгів живлення, які включають перешкодо захисний дросель L2, запобіжник FU1, діодний міст VD4-VD7, що складається з чотирьох діодів N4007 і фільтруючого конденсатор C4. Схема запуску складається з елементів VD1, C2, R6 і динистора VS1. VD2, VD3, R1 і R3 виконують захисні функції. Іноді ці діоди не встановлюють з метою економії. При включенні лампи, R6, C2 і динистор формують імпульс, що подається на базу транзистора VT2, що призводить до його відкриття. Після запуску ця частина схеми блокується діодом VD1.

Після кожного відкриття транзистора VT2, конденсатор C2 розряджений. Це запобігає повторному відкритті динистора. Транзистори збуджують трансформатор TR1, який складається з феритового колючка з трьома обмотками в кілька витків. На нитку надходить напруга через конденсатор C3 з підвищувального резонансного контуру L1, TR1, C3 і C6. Трубка спалахує на резонансній частоті, що визначається конденсатором C3, тому що його ємність набагато менше, ніж ємність C6. У цей момент напруга на конденсаторі C3 досягає близько 600 В. Під час запуску пікові значення струмів перевищують нормальні в 3-5 разів, тому якщо колба лампи пошкоджена, існує ризик пошкодження транзисторів.

Коли газ в трубці іонізований, C3 практично шунтується, завдяки чому частота знижується і генератор управляється тільки конденсатором C6 і генерує меншу напругу, але, тим не менш, достатню для підтримання світіння лампи.

Коли лампа запалилася, перший транзистор VT1 відкривається, що призводить до насичення осердя TR1. Зворотній зв'язок на базу призводить до закриття транзистора VT1. Потім відкривається другий транзистор VT2, який збуджується протилежно підключеної обмоткою TR1 і процес повторюється.

5.3 Основні характеристики люмінесцентних ламп

Енергетичний ККД сучасних люмінесцентних ламп більше 20 %, світловий - до 12%. У порівнянні з лампами розжарювання вони більш досконалі джерела видимого

випромінювання.

Спектр випромінювання люмінесцентних ламп в залежності від складу люмінофора може бути ультрафіолетовим та видимим з різними колірними відтінками.

Ефективна віддача люмінесцентних ламп також залежить від складу люмінофора. У освітлювальних люмінесцентних ламп світлова віддача досягає $80 \text{ лм} / \text{Вт}$, а яскравість в 200-300 разів менше яскравості ламп розжарювання.

Електротехнічні параметри люмінесцентних ламп різноманітні, але у всіх випадках тісно пов'язані з їх габаритними розмірами. Найкращим чином параметри поєднуються в лампі потужністю 40 Вт з прямою трубчастою колбою завдовжки $1,2 \text{ м}$ і діаметром 40 мм .

Серед ламп з однаковим спектральним складом випромінювання найбільша ефективна віддача у ламп потужністю 40 Вт . Промисловість випускає люмінесцентні лампи потужністю від 3 до 200 Вт . Наймасовішу серію представляють лампи потужністю $15-80 \text{ Вт}$.

Експлуатаційні показники люмінесцентних ламп безперервно поліпшуються. Середня тривалість горіння освітлювальних люмінесцентних ламп загального призначення складає $12000-15000$ год. У процесі експлуатації спостерігається значний спад потоку випромінювання: до кінця терміну служби він складає 60% номінального. Найбільш інтенсивно потік знижується в початковий період експлуатації, тому за номінальний приймають його значення після 100 год. роботи лампи.

Термін служби люмінесцентної лампи залежить також від режиму роботи електродів. Підвищений знос оксидного покриття в несприятливих режимах роботи може призвести до відмови запалювання лампи до закінчення терміну служби.

Робота люмінесцентної лампи від мережі змінного струму частотою 50 Гц супроводжується пульсацією потоку випромінювання. У ламп типу ЛБ властивості люмінофора такі, що $\text{Кп.в.} = 22-23\%$, у ламп з поліпшеною передачею кольору ЛДЦ, ЛТБЦ, ЛЕЦ коефіцієнт пульсації випромінювання значно більше – $45-75\%$.

У порівнянні з лампами розжарювання основні параметри люмінесцентних ламп менше залежать від відхилень напруги мережі живлення (їх характер практично лінійний, причому зміна напруги на 1% відповідає зміні світлового потоку на 1% , потужності - на 2 , терміну служби - на $3-4\%$).

Ступінь впливу змін напруги на параметри люмінесцентної лампи визначається схемою її включення і видом баластного опору. Наприклад, в стартерній схемі як підвищення, так і зниження напруги в рівній мірі негативно позначаються на роботі електродів і, відповідно, на терміні служби лампи.

Світлова віддача люмінесцентних ламп мало залежить від змін напруги мережі і може незначно підвищуватися при його зниженні.

Відхилення напруги мережі негативно позначаються на надійності роботи лампи. Зниження напруги більш ніж на 10% призводить до відмови у запалюванні, а зниження більш ніж на 20% - до загасання палаючої лампи.

На роботу люмінесцентних ламп істотно впливають і чинники навколишнього середовища. Відхилення температури повітря від $20-25^\circ \text{C}$ у бік як підвищення, так і зниження приводить до зменшення потоку випромінювання і ефективної віддачі лампи. Значні відхилення температури повітря від вказаної раніше погіршують умови запалювання лампи. При малих позитивних значеннях температури повітря напруга запалювання підвищується на $20-25\%$, при негативній температурі ймовірність

запалювання люмінесцентної лампи близька до нуля. Збільшення відносної вологості повітря понад 50% супроводжується підвищенням напруги запалювання лампи.

5.4 Пускорегулюючі апарати для люмінесцентних ламп, схеми їх вмикання

Пускорегулюючий апарат (ПРА) - це пристрій, за допомогою якого розрядна лампа отримує живлення від електричної мережі. ПРА забезпечує необхідний режим запалювання, розігріву електродів, а після запалювання дугового розряду роботу лампи в номінальному режимі.

Основні функції ПРА: стабілізація робочих характеристик лампи після її запалювання і забезпечення стійкості роботи лампи при відхиленнях напруги мережі. Деякі типи пускорегулювальних апаратів забезпечують ще декілька функцій: підігрів електродів, підвищення напруги для запалювання лампи та ін.

Для люмінесцентних ламп використовують ПРА трьох основних типів:

- ПРА імпульсного запалювання подають імпульс напруги на лампу;
- ПРА швидкого запалювання подають на лампу напруга не імпульсної форми з попереднім підігрівом електродів;
- ПРА миттєвого запалювання подають напругу не імпульсної форми на холодні електроди лампи.

Найменш надійним елементом стартерних схем включення люмінесцентних ламп є стартер з його малим терміном служби, який залежить від числа включень, і нестабільністю електричних параметрів. Ці недоліки стартера призводять до скорочення терміну служби ламп, а часто до перегріву і виходу з ладу всього ПРА.

Характерні особливості вольт-амперних характеристик напівпровідникових елементів дозволяють використовувати їх замість стартерів тліючого розряду. Відомі схеми з застосуванням позисторів, перемикаючих діодів-динисторів і тринисторів. Прикладом ПРА імпульсного запалювання з використанням динисторів є схема включення ЛЛ з напівпровідниковим стартером, яка приведена рис. 6.

Процес запалювання лампи видно на осцилограмах (рис. 6 (б)). При певному миттєвому значенні напруги позитивної напівхвилі синусоїдальної напруги мережі U_M , динистор VS відкривається, по електродах лампи тече струм попереднього підігріву $i_{п.п}$, напруга на лампі під час підігріву залишається рівною падінню напруги на відкритому динисторі.

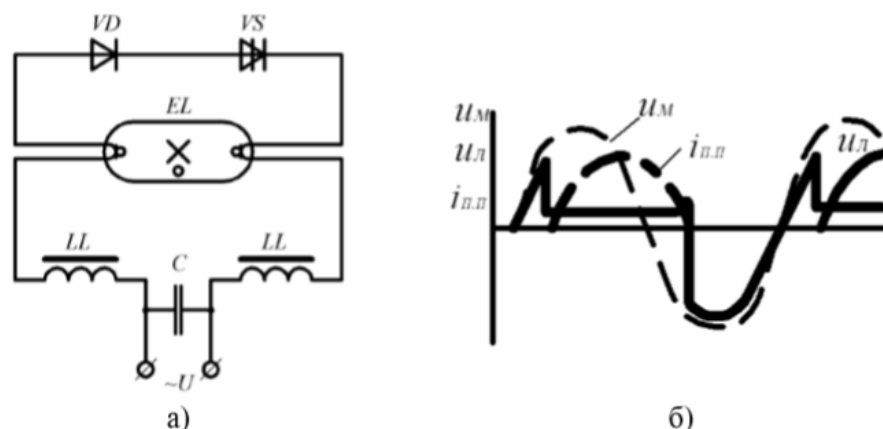


Рис.6 – а) Схема включення ЛЛ з напівпровідниковим стартером;б)

Осцилограми миттєвих значень напруги і струму при запалюванні люмінесцентної лампи за допомогою динистора. VS - динистор; VD – діод; LL – дросель; EL – люмінесцентна лампа.

У момент припинення струму підігріву ($i_{nn} = 0$) до лампи прикладається напруга негативної напівхвилі. Якщо електроди лампи досить нагрілися і напруга запалювання лампи стала менше амплітудного, то лампа запалюється. Якщо нагрів недостатній, то процес повторюється з частотою мережі до моменту створення задовільних умов для запалювання.

Прикладом ПРА гарячого, з постійним підігрівом і холодного запалювання є схеми які приведена рис. 7.

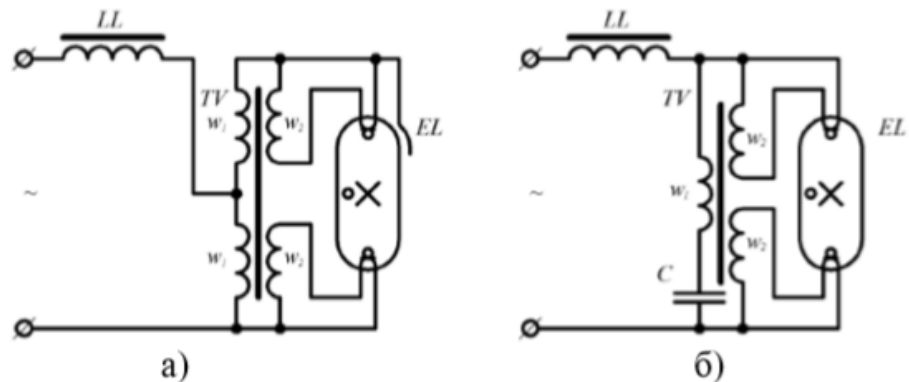


Рис. 7 – а) Безстартерна схема включення ЛЛ з розжарювальним трансформатором гарячого запалювання: EL – люмінесцентна лампа; LL – дросель; TV - розжарювальний трансформатор; б) Резонансна безстартерна схема включення ЛЛ з розжарювальним трансформатором холодного запалювання: С – конденсатор; w1 – первинна обмотка трансформатора; w2 – вторинна обмотка трансформатора.

Безстартерна схема гарячого запалювання ЛЛ з постійним підігрівом електродів включає в себе дросель і розжарювальний трансформатор. (рис 7, а) надійність запалювання ЛЛ забезпечується попереднім підігрівом електродів, який знижує напругу запалювання до значення напруги мережі, і наявністю провідникової полоси або покриття на колбі. Недоліком безстартерної ПРА гарячого запалювання є більші витрати матеріалів на виготовлення, більші втрати потужності. До того ж після запалювання люмінесцентної лампи по нитці розжарення електродів постійно протікає струм підігріву, що зменшує термін служби ламп за рахунок розпилювання електродів лампи, на первинній обмотці розжарювального трансформатора під час роботи лампи зберігається приблизно половина напруги, що подається на схему.

Пускорегулюючі апарати холодного (миттєвого) запалювання при холодних електродах лампи (рис. 7, б) містять індуктивні та ємнісні елементи, що утворюють у режимі холостого ходу послідовний резонансний контур. За рахунок резонансу напруг у такому контурі забезпечується надійне запалювання люмінесцентної лампи, підключеної паралельно одному з цих елементів.

При подачі напруги на схему напруга на конденсаторі перевершує напругу мережі в 2-2,5 рази. Трохи зменшена напруга розжарювального трансформатора буде подана на лампу. При розігріві електродів від розжарювального трансформатора цієї напруги достатньо для загоряння лампи. Після загоряння лампи коло ємність – первинна обмотка

трансформатора шунтується опором лампи, виводячи контур із резонансу.

Недоліки ПРА миттєвого запалювання заключаються в значній втраті потужності (до 40 % потужності лампи) і в швидкому розпилюванні оксидного покриття електродів.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису будови, принципу дії люмінесцентних ламп та основні характеристики.

2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Електричний розряд у газах і парах металів. Стабілізація дугового розряду в газах і парах металів. Вплив виду баластного опору на роботу газорозрядної лампи.

ТЕМА №6. ГАЗОРОЗРЯДНІ, СВІТЛОДІОДНІ ЛАМПИ, ЇХ ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з будовою, видами та характеристиками газорозрядних та світлодіодних ламп.

План лекції

1. Газорозрядні лампи високого тиску, їх основні характеристики.
2. Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання низького і високого тиску.
3. Світлодіодні лампи, їх основні характеристики.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

6.1 Газорозрядні лампи високого тиску, їх основні характеристики

Основними недоліками люмінесцентних ртутних ламп низького тиску є відносно мала потужність, великі габаритні розміри і залежність їх характеристик від температури навколишнього середовища. Дуговий розряд в парах ртуті при тиску до 0,3 МПа дозволяє створити джерела світла з високою світловою віддачею і значним терміном роботи. Номінальна потужність таких джерел може бути від декількох десятків Вт до одиниць кіловат. До газорозрядних ламп високого тиску, які використовуються в якості джерел видимого випромінювання, необхідно віднести лампи типів ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ.

Ртутні лампи високого тиску (ДРЛ). Лампи типу ДРЛ – дугова ртутна люмінесцентна лампи високого тиску прийнята у вітчизняній світлотехніці як РЛВД, з виправленою кольоровістю - широко поширені для освітлення виробничих територій, будівельних майданчиків, проїзної частини доріг, а також промислових і сільськогосподарських об'єктів, що не вимагають високої якості передачі кольору.

Для узгодження електричних параметрів лампи і джерела електроживлення практично всі види РЛ, що мають падаючу зовнішню вольт-амперну характеристику, потребують використання пускорегулюючого апарату, в якості якого в більшості випадків

використовується дросель, включений послідовно з лампою.

Чотирьохелектродна лампа ДРЛ (рис. 1) складається із зовнішньої скляної колби 1, яка заповнена вуглекислим газом для стабілізації властивостей люмінофору і яка забезпечена різьбовим цоколем 2. На ніжці лампи змонтована на геометричній осі зовнішньої колби кварцова внутрішня колба (розрядна трубка, РТ) 3, яка наповнена аргоном з добавкою ртуті. Чотирьохелектродні лампи мають основні електроди 4 і розташовані поряд з ними допоміжні (запалюючі) електроди 5. Кожен запалюючий електрод з'єднаний з перебуваючим в протилежному кінці РТ основним електродом через струмо-обмежуючі опори 6. Допоміжні електроди полегшують запалювання лампи і роблять її роботу в період пуску більш стабільною.

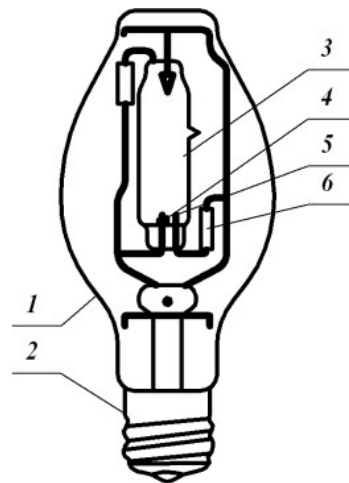


Рис. 1. – Лампа високого тиску ДРЛ

Принцип дії лампи заключається в наступному: внутрішня колба розрядної трубки (РТ) лампи виготовляється з тугоплавкого і хімічно стійкого прозорого матеріалу (кварцового скла або спеціальної кераміки) і наповнюється строго дозованими порціями інертних газів. Крім того у внутрішню колбу вводиться металева ртуть, яка в холодній лампі має вигляд компактної кульки або осідає у вигляді нальоту на стінках колби і (або) електродах. Світловим тілом РЛВД є стовп дугового електричного розряду.

Процес запалювання лампи, оснащеної запалювальними електродами, виглядає наступним чином. При подачі на лампу напруги живлення між близько розташованими основним і запалювальним електродами виникає тліючий розряд, чому сприяє мала відстань між ними, яка істотно менша відстані між основними електродами, отже, нижче і напруга пробою цього проміжку. Виникнення в порожнині РТ досить великої кількості носіїв заряду (вільних електронів і позитивних іонів) сприяє пробою проміжку між основними електродами і запалюванню між ними тліючого розряду, який практично миттєво переходить в дуговий.

Стабілізація електричних та світлових параметрів лампи настає через 10-15 хв після включення. Протягом цього часу струм лампи істотно перевершує номінальний і обмежується лише опором пускорегулюючого апарату. Тривалість пускового режиму сильно залежить від температури навколишнього середовища - чим холодніше, тим довше буде розпалюватися лампа.

Електричний розряд у внутрішній колбі ртутної дугової лампи створює видиме випромінювання блакитного або фіолетового (а не білого як прийнято вважати) кольору, а

також потужне ультрафіолетове випромінювання. Останнє збуджує світіння люмінофора, нанесеного на внутрішній стінці зовнішньої колби лампи. Червонувате світіння люмінофора, змішуючись з біло-зеленуватим випромінюванням внутрішньої колби, дає яскраве світло, близьке до білого.

Зміна напруги мережі живлення в більшу чи меншу сторону викликає відповідну зміну світлового потоку. Відхилення напруги живлення на 10–15 % допустимо супроводжується зміною світлового потоку лампи на 25–30 %. При зменшенні напруги живлення менше 80 % номінального лампа може не запалитися, а працююча - згасне.

При горінні лампа сильно нагрівається. Це вимагає використання в світлових приладах з дуговими ртутними лампами термостійких проводів, пред'являє серйозні вимоги до якості контактів патронів. Оскільки тиск у внутрішній колбі гарячої лампи істотно зростає, збільшується і напруга її пробою. Величина напруги мережі живлення виявляється недостатньою для запалювання гарячої лампи. Тому перед повторним запалюванням лампа повинна охолонути. Цей ефект є істотним недоліком дугових ртутних ламп високого тиску, оскільки навіть дуже короткочасний перерив електроживлення гасить їх, а для повторного запалювання потрібна тривала пауза. У схемі включення таких ламп (рис. 2) послідовно з лампою включається одно-або двох обмотувальний дросель. Так як при індуктивному баласті коефіцієнт потужності ПРА складає 0,45-0,6, то для його підвищення до необхідного значення при індивідуальній компенсації в схему вводиться конденсатор С1. Ємність конденсатора визначається потужністю лампи.

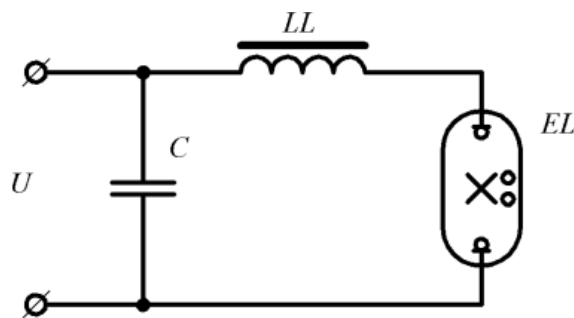


Рис.2 – Принципова схема включення чотириелектродних ламп типу ДРЛ:
LL – дросель; C – конденсатор; EL – лампа

Переваги ламп ДРЛ по відношенню до люмінесцентних ламп низького тиску в наступні:

- лампи ДРЛ порівняно з малими розмірами дозволяють отримати від одного джерела набагато більший світловий потік ніж від ЛЛ;
- постільки внутрішня колба знаходиться у зовнішній колбі, умови зовнішнього середовища не впливають на світлотехнічні характеристики лампи. Лампа працює в номінальному режимі при температурі навколишнього середовища від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$.

Недоліки ламп ДРЛ по відношенню до люмінесцентних ламп низького тиску є наступні:

- світлова віддача лампи ДРЛ менша ніж у ЛЛ і складає вона в середньому $40\text{-}50 \text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$;
- температура зовнішньої колби складає в середньому 200°C і при попаданні капель дощу на неї вона може тріснути;

- лампи ДРЛ поступаються по кольоропередачі ЛЛ;
- світловий ККД ламп ДРЛ складає до 10%.

Дугові металогалогенні лампи високого тиску (МГЛ). Перспективи їх використання визначаються виключно широкими можливостями варіювання спектральним розподілом випромінювання – від практично однорідного до безперервного - при високому ККД і високій питомій потужності.

Будова і принцип дії МГЛ засновані на тому, що галогеніди багатьох металів випаровуються легше, ніж самі метали, і не руйнують кварцове скло. Тому всередину розрядних колб МГЛ крім ртуті та аргону, додатково вводяться різні хімічні елементи у вигляді галоїдних сполук (тобто сполук з I, Br, Cl). Після запалювання розряду, коли досягається робоча температура колби, галогеніди металів частково переходять у пароподібний стан. Потрапляючи в центральну зону розряду з температурою в кілька тисяч градусів Кельвіна, молекули галогенідів дисоціюють на галоген і метал. Атоми металу збуджуються і випромінюють характерні для них спектри. Дифундуючи за межі розрядного каналу і потрапляючи в зону з більш низькою температурою поблизу стінок колби, вони з'єднуються в галогеніди, які знову випаровуються. Цей замкнутий цикл забезпечує дві принципові переваги:

- у розряді створюється достатня концентрація атомів металів, що дають необхідний спектр випромінювання, тому що при робочій температурі кварцовою колби 800 - 900° С тиск парів галогенідів багатьох металів значно вище, ніж самих металів, таких як талій, індій, скандій, диспрозій та ін.;

- з'являється можливість вводити в розряд лужні (натрій, літій, цезій) та інші агресивні метали (наприклад, кадмій, цинк), які в чистому вигляді викликають дуже швидке руйнування кварцового скла при температурах вище 300-400° С, а у вигляді галогенідів не викликають такого руйнування. Застосування галогенідів різко збільшило кількість хімічних елементів, які використовуються для генерації випромінювання, і дозволило створювати МГЛ з дуже різними спектрами, особливо у випадку використання суміші галогенідів. Незважаючи на відносно малу концентрацію металів, які добавляються, у порівнянні з концентрацією ртуті значна частина випромінювання розряду створюється висвітленням атомів добавок, чим пояснюється більш низькими потенціалами збудження цих атомів. Ртутні пари відіграють роль буфера, забезпечуючи високу температуру в розряді, високий градієнт потенціалу, малі теплові втрати і ін.

Для загального освітлення в даний час найбільш широкого поширення набули МГЛ з наступними складами металогалогенних добавок (крім ртуті і запалюючого газу): 1) йодиди натрію, талію та індію, 2) йодиди натрію, скандію і торію.

На рис. 3 показано будову лампи ДРИ (дугова ртутна з іюдами металів). Лампа містить трубчасту внутрішню колбу 1 з кварцового скла з поміщеними в її торці вольфрамовими електродами 2. Порожнина внутрішньої колби заповнена аргонном, строго дозованими компонентами у вигляді ртуті, йодидів рідкоземельних металів (гальмія, тулію, талію), а також натрію і цезію. Внутрішня колба поміщена в зовнішню прозору термостійку колбу 3 з вакуумом, яка забезпечує необхідний температурний режим внутрішньої колби й усуває можливість електричного пробоя між струмоведучими частинами лампи.

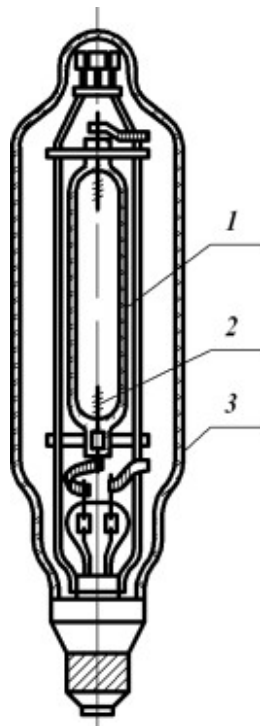


Рис. 3 – Будова лампи ДРИ

Схема включення лампи ДРИ (рис. 4) містить трансформатор TV2, вторинна обмотка якого виконує роль баластного опору, стабілізуючого розряд між електродами. Первинна обмотка трансформатора TV2 є частиною запалюючого пристрою, що містить, крім того, трансформатор TV1, конденсатор С і розрядник F.

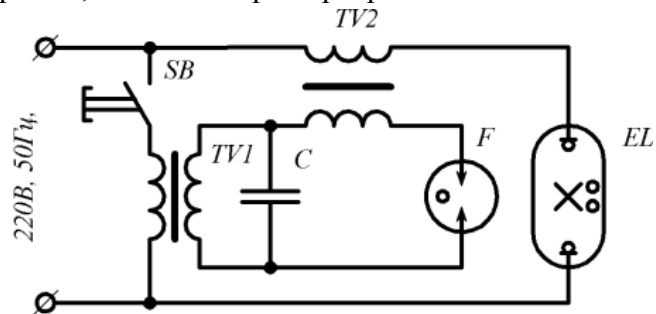


Рис.4 – Схема включення лампи ДРИ

Напруга мережі, прикладена до електродів лампи, недостатня для виникнення розряду між ними. При включенні кнопкою SB трансформатора TV1 конденсатор С протягом частини напівперіоду мережі заряджається від вторинної обмотки TV1 до напруги пробую розрядника F. У момент пробую з первинної обмотці TV2 протікає імпульс струму розряду конденсатора, а у вторинній обмотці трансформатора TV2 виникає імпульс напруги з амплітудою до 2-3 кВ, який забезпечує запалювання розряду у внутрішній колбі лампи. У наступний напівперіод мережі процес повторюється. Запалюючий пристрій забезпечує надійне включення лампи при температурі навколишнього середовища до - 40° С. Світлотехнічні та електротехнічні параметри лампи під час її розігріву змінюються так само, як і у ламп ДРЛ. Час розігрівання лампи 2-4 хв. Повторне запалювання лампи ДРИ після її згасання можливо через 5-10 хв, в залежності від умов охолодження. Кожен з компонентів наповнення внутрішньої лампи доповнює лінійчатий спектр ртутного розряду своїм випромінюванням. Йодид натрію

доповнює випромінювання в жовтій частині спектра, талій - в зеленій, індію - у блакитній. Сукупність випромінювань всіх компонентів створює враження безперервного спектру, а певний склад суміші дозволяє отримати кольоровість випромінювання лампи, близьку до природного світла.

Переваги лампи типу ДРИ по відношенню до лампи ДРЛ:

- у порівнянні з лампами ДРЛ світловий потік ламп ДРИ такої ж потужності більше в 1,5-1,6 рази, а спектральний склад випромінювання забезпечує правильну передачу кольору;

- світлова віддача ламп ДРИ досягає 95 лм·Вт-1, що ставить їх в ряд найбільш ефективних джерел світла;

- умови навколишнього середовища не надають істотного впливу на світлотехнічні характеристики лампи, внутрішня колба якої вміщена у вакуум зовнішньої колби.

Лампи ДРИ при очевидних перевагах не позбавлені і недоліків:

- у процесі експлуатації світловий потік ламп ДРИ зменшується в 1,3-1,5 рази швидше в порівнянні з лампами ДРЛ, цим пояснюється значно менший термін служби перших;

- відхилення напруги чинять значний вплив на світловий потік і потужність ламп ДРИ: відхилення напруги мережі в межах $\pm 10\%$ Ун викликають в 3 рази більші відхилення світлового потоку і в 2,2 рази більші відхилення потужності лампи від номінальних значень;

- необхідність у запалюючому пристрої здорожує ПРА до ламп ДРИ, ускладнює їх експлуатацію; висока напруга на вторинній обмотці трансформатора, що досягає декількох кіловольт, вимагає поліпшення міжвиткової ізоляції, крім того, запалюючий пристрій необхідно розміщувати в безпосередній близькості від лампи, щоб довжина проводів, по яких передається високовольтний імпульс, була мінімальною.

Натрієві лампи високого тиску. Натрієві лампи високого тиску (НЛВД) є одними з найбільш ефективних джерел світла і вже сьогодні мають світлову віддачу до 160 лм/Вт при потужностях 30-1000 Вт; їх термін служби може перевищувати 25000 год. Запалювання НЛВД відбувається за допомогою спеціальних запалюючих пристроїв, які видають імпульс з амплітудою 2-4кВ. Час розпалювання ламп зазвичай складає 3-5 хв.

До переваг сучасних НЛВД можна віднести невеликий спад світлового потоку протягом терміну служби, який, наприклад для ламп потужністю 400 Вт становить 10-20 % за 15 тисяч годин роботи при 10- годинному циклі горіння. У ламп, що працюють при більш частих включеннях, спад світлового потоку зростає приблизно на 25 % при кожному дворазовому скороченні циклу. Таке співвідношення застосовується для розрахунку зниження терміну служби.

Прийнято вважати, що ці лампи застосовуються там, де економічні показники більш важливі, ніж точне відтворення кольору. Їх теплий жовтий колір підходить для освітлення парків, торговельних центрів, доріг, а також, в деяких випадках, для декоративного архітектурного освітлення. Але розвиток цих джерел світла в останнє десятиріччя призвело до різкого розширення можливостей їх використання завдяки виникненню нових видів, а також ламп малої потужності і ламп з поліпшеною передачею кольору.

Проте в стандартних НЛВД є ряд недоліків, з яких в першу чергу, необхідно вказати на явно погіршені кольоропередаючі властивості, які характеризуються низьким

рівнем кольоропередачі ($R_a = 25-28$) і невисокою кольоровою температурою ($T_k = 2000-2200 K$).

Розширені резонансні лінії натрію обумовлюють золотисто-жовтий колір випромінювання. Передача кольору НЛВД вважається задовільною для зовнішнього освітлення, але недостатньою для внутрішнього.

Поліпшення кольорових характеристик НЛВД йде, головним чином за рахунок підвищення тиску пари натрію у внутрішній колбі при збільшенні температури холодної зони або вмісту натрію в амальгамі, збільшення діаметру розрядної трубки, введення випромінюючих добавок, нанесення на зовнішню колбу люмінофорів і інтерференційних покриттів і живлення ламп імпульсним струмом підвищеної частоти. Зниження світлової віддачі компенсується збільшенням тиску ксенону (тобто зменшенням теплопровідності плазми).

Будова лампи ДНаТ показана на рис. 5. Лампа містить тонкостінну трубчасту внутрішню колбу 1 з полікристалічного окису алюмінію - кераміки, яка добре пропускає світлове випромінювання і стійкою до тривалого впливу насичених парів натрію з температурою $1570-1670 K$, що містяться у внутрішній колбі під час роботи лампи. Крім пари натрію, внутрішня колба заповнена ксеноном і парами ртуті. На торцях внутрішньої колби напаяні металеві ковпачки з вольфрамовими активованими електродами 2. Внутрішня колба поміщена в колбу 3 з термостійкого скла, з якої відсмоктане повітря для теплоізоляції внутрішньої колби.

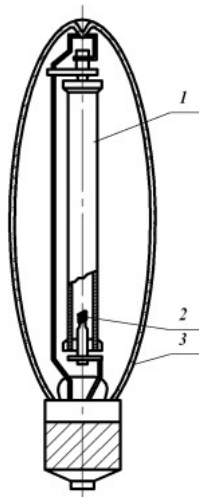


Рис.5 – Будова лампи ДНаТ

Схема включення лампи ДНаТ наведена на рис. 6.

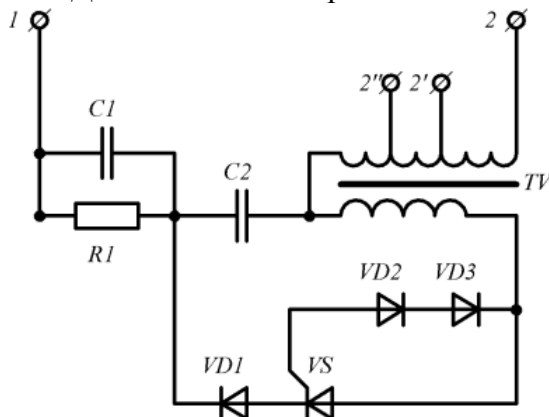


Рис. 6 - Принципова електрична схема пристрою імпульсного запалюючого універсального типу УІЗУ.

При підключенні живлення до УІЗУ заряджається конденсатор С2 через ланцюжок R1, С1 і вторинну обмотку імпульсного трансформатора TV. Коли напруга С2 досягає напруги стабілізації стабілітрона VD2, в колі керуючого електрода тиристора VS з'являється струм, тиристор відкривається і конденсатор С2 розряджається на первинну обмотку імпульсного трансформатора TV через тиристор і діод VD1. У вторинній обмотці появляються імпульси напруги (на півхвиля близько 5 імпульсів) в 1900-6000 В, що забезпечують запалювання лампи. Значення амплітуд імпульсів визначається положенням перемикача 2 (2', 2 "). Амплітуда і тривалість імпульсів залежать також від значень R1, С1. Діод VD1 призначений для захисту тиристора VS по зворотній напрузі.

Тривалість розпалювання лампи ДНаТ складає 10-15 хв., повторне запалювання можливо через 1-2 хв. після згасання лампи.

Випромінювання парів натрію має світлову віддачу $130 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$, але до 70% його зосереджено в діапазоні довжин хвиль 560-610 нм. Жовто-помаранчеве випромінювання лампи забезпечує добре розпізнавання положення і форми об'єктів, але перенесення кольорів може бути оцінено лише як ледь задовільне.

Дугові ксенонові лампи. Лампа дає яскраве біле світло, близьке до денного спектру, але має досить невисокий ККД. У всіх сучасних ксенонових лампах використовується колба з кварцового скла з електродами з вольфраму, легованого торієм. Кварцове скло - це єдиний економічно прийнятний оптично прозорий матеріал, який витримує високий тиск (2 МПа у колбі ламп для ІМАХ) і температуру.

Для спеціальних завдань застосовують виготовлення колби лампи з сапфіру, це розширює спектральний діапазон випромінювання в бік короткохвильового ультрафіолету, також призводить до збільшення терміну служби лампи. Легування електродів торієм сильно збільшує емісію ними електронів. Так як коефіцієнт теплового розширення кварцового скла і вольфраму розрізняються, вольфрамові електроди вварені в смуги з чистого молібдену або інвару, які впаяні в колбу. У ксенонових ламп анод при роботі дуже сильно нагрівається потоком електронів, тому лампи великої потужності нерідко мають рідинне охолодження.

Для підвищення ефективності лампи ксенон знаходиться в колбі під високим тиском (до 3 МПа) що накладає особливі вимоги по безпеці. При пошкодженні лампи осколки можуть розлетітися з величезною швидкістю. Зазвичай лампа транспортується в спеціальному пластиковому контейнері, який знімається з лампи тільки після установки лампи на місце і надівається на лампу при її демонтажі. При роботі лампи колба піддається значним перепадам температури, в результаті чого до кінця терміну служби колба стає більш крихкою.

Розрізняють два основних типи ксенонових ламп: лампи в кульових колбах з короткою дугою, з відстанню між електродами в кілька міліметрів з природним або повітряним охолодженням і лампи в трубчастих колбах з довгою дугою з природним або водяним охолодженням.

На рис. 7 представлено ксенонову лампу, конструкція якої близька до кулястої форми. Лампа з кульовою колбою представляє собою товстостінний балон, який виготовлено із кварцу з упаяними в нього двома електродами, виготовленими з

торійованого вольфраму. Струмopовідними контактами служать циліндричні виводи, конструкція яких передбачає як можливість кріплення ламп, так і приєднання живильних проводів. Балон лампи наповнюється ксеноном до тиску 0,8–0,9 МПа, який при роботі лампи зростає до 2–2,5 МПа.

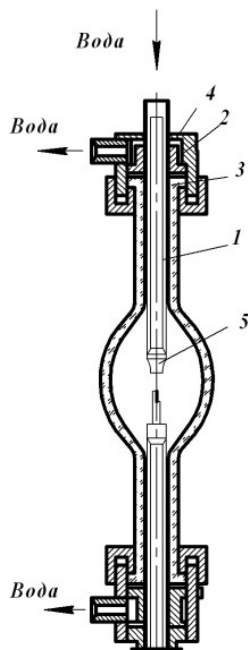


Рис. 7 – Ксенонова лампа типу ДКСР

Лампи можуть працювати на постійному і змінному струмі. Відмінність цих ламп - в конструкції електродів. При постійному струмі лампа має дуже масивний анод, що розташовується вгорі. При змінному струмі обидва електроди мають однакову конструкцію.

Так само є ще один тип ксенонових ламп, так звані розбірні лампи. У звичайної кульової ксеноновій лампі 25-35 % потужності лампи виділяється на електродах, головним чином на аноді. Виділене на електродах тепло нагріває колбу лампи, що обмежує граничну потужність лампи. Якщо відводити виділяємо на електродах тепло, наприклад, за допомогою водяного охолодження, то це зменшує теплове навантаження на колбу і дозволяє створити лампу великої потужності та зменшити розміри колби. Ця проблема вирішується в лампах розбірної конструкції ДКСР (рис. 7).

З торців кварцової лампи вставляються розбірні вводи, які складаються з металевої трубки (1) діаметром 12-16 мм, які служать струмопроводом, які зсередини охолоджуються водою. На кінці трубки запресований анод (5), так само охолоджуваний водою. Для отримання вакуум щільного з'єднання між корпусом вводу, струмопроводів і кварцовою колбою фланець (3), ніжки колби стискаються між корпусом введення (2) і притисною гайкою (4) через ущільнювальні свинцеві прокладки. Через штуцера подається охолоджуюча вода.

Ксенонові короткодугові лампи можуть випускатися в керамічній оболонці з вбудованим рефлектором. Завдяки цьому лампа виходить більш безпечною, оскільки зі скла зроблено тільки невелике вікно, через яке виходить світло. У такій лампі може бути вікно, яке пропускає ультрафіолетове випромінювання, так і непрозоре для нього. Рефлектори можуть бути як параболічними (для отримання паралельного світлового потоку) так і еліптичними (для сфокусованого).

Трубчасті лампи по конструкції відрізняються від короткодугових тим, що електроди рознесені один щодо одного, а колба має форму трубки. Ксенонові лампи з довгою дугою вимагають баласту менших розмірів, а в деяких випадках можуть використовуватися без баласту. Такі лампи нерідко встановлюються в еліптичний рефлектор для моделювання сонячного випромінювання, наприклад при тестуванні сонячних батарей, перевірці матеріалів на світлостійкість.

На рис. 8 представлено трубчасту ксенонову лампу типу ДКсТВ 6000.

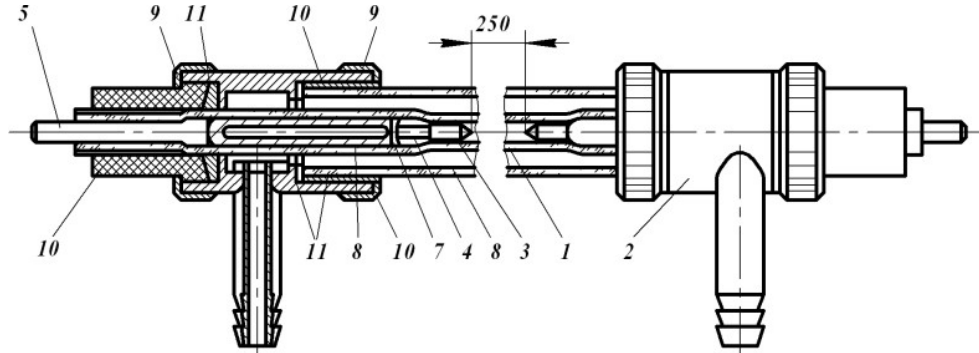


Рис. 8 – Трубчаста ксенонова лампа

Лампа має розрядну трубку 1 з кварцу з двома електродами 3 з торійованого вольфраму. Вводи лампи виконані з молибденової фольги. Розрядна трубка заповнена ксеноном при тиску 0,05 МПа. Розрядна трубка розташована по осі зі скляним циліндром 2, що створює порожнину для циркуляції води. Вода омиває розрядну трубку гвинтоподібно за рахунок зміщення осей патрубків 12 відносно площини, що проходить через вісь лампи. Витрата охолоджуючої води 5 л/хв. при початковій температурі 5° С і температурі на виході 40°С.

Для охолодження використовується дистильована вода в замкнутому циклі (рис. 9).

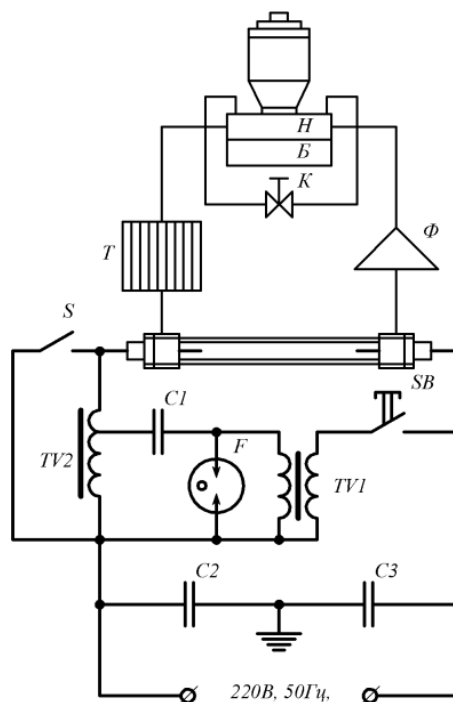


Рис. 9 – Принципова спрощена схема пускового пристрою і система охолодження лампи ДКсТВ 6000

Система охолодження включає в себе наступні елементи: бак Б для охолоджуючої води, насос Н, який забезпечує необхідну витрату води, фільтр Ф, що очищає воду від механічних домішок, перепускний кран К для регулювання тиску води в системі, теплообмінник Т для охолодження води, що виходить з лампи. Для охолодження можна застосовувати і водопровідну воду, але це призводить до швидкого забруднення поверхні трубок і знижує ефективну віддачу лампи. Потрібні у цьому випадку часті очищення з розбиранням і зборкою водо підвідних вузлів ведуть до передчасного виходу лампи з ладу через поломки її скляних деталей.

Крім ламп з водяним охолодженням, вітчизняна промисловість випускає ксенонові лампи ДКсТ з природним повітряним охолодженням. Лампи відрізняються простотою конструкції і зручністю експлуатації.

Переваги дугових ксенонових ламп заключаються в наступному:

- вони володіють найбільшими з усіх джерел світла одиничною потужністю і світловим потоком;
- характеризуються сприятливим спектральним складом видимої частини випромінювання.

Ці якості дозволяють використовувати їх в освітлювальних установках для великих просторів і в опромінювальних установках для вирощування рослин за умови корекції спектральної щільності випромінювання в УФ та ІЧ частинах спектру.

Однак ксеноновим лампам властиві і серйозні недоліки:

- світловий потік ламп пульсує з подвійною частотою мережі, що викликає яскраво виражений стробоскопічний ефект;
- світлова віддача ламп становить лише $20-45 \text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$, в залежності від одиничної потужності і виду охолодження;
- термін служби ламп дуже обмежений, хоча при стабілізації напруги живлення ламп середній термін служби може досягати декількох тисяч годин;
- ксенонові лампи для запалювання вимагають досить складного і дорогого запалюючого пристрою, крім того, комутація високовольтної імпульсної напруги, яка необхідна при використанні одного запалюючого пристрою на кілька ламп, представляє значні труднощі.

6.2 Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання низького і високого тиску

У сільськогосподарському виробництві для безпосереднього електро технологічного впливу оптичним випромінюванням на живі організми і рослини широкого поширення набули спеціальні газорозрядні джерела випромінювання в областях ультрафіолетової частини спектру (200-380 нм) і фотосинтетичної активної радіації (400-700 нм).

За розподілом потоку оптичного випромінювання між різними областями ультрафіолетового спектру розрізняють джерела загального ультрафіолетового випромінювання (200-380 нм), переважно бактерицидної (200-280 нм) і вітальної (280-315 нм) дій.

Джерелами загального ультрафіолетового випромінювання, тобто випромінювання

усіх ділянок ультрафіолетового діапазонів оптичної області спектра, є дугові ртутні лампи трубчасті високого тиску типу ДРТ (рис. 10).

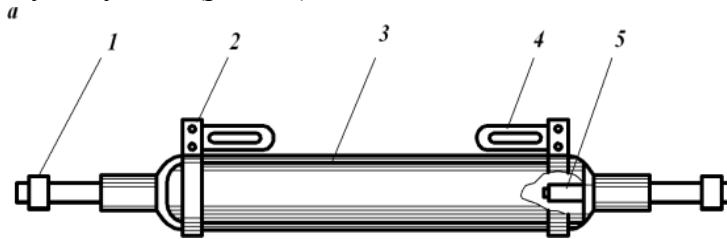


Рис. 10 – Конструкція лампи ДРТ: 1 – ввід; 2 – металеві хомутики; 3 – трубка із кварцового скла; 4 – тримачі; 5 – електроди;

До мережі живлення лампу приєднують через пускорегулювальний апарат за допомогою виступаючих назовні кінців молібденових ввідів. В якості ПРА використовуються баластні пристрої, аналогічні баластним пристроям ламп типу ДРЛ відповідної потужності і номінальної напруги мережі.

Схема включення ламп ДРТ в мережу (рис. 11) містить баластний дросель LL, який розмикає ключ SB і два конденсатора. Якщо подати на схему напругу і замкнути ключ SB, то в електричному ланцюзі SB, LL, C1 з'явиться струм, значення якого обмежується опором дроселя і конденсатора.

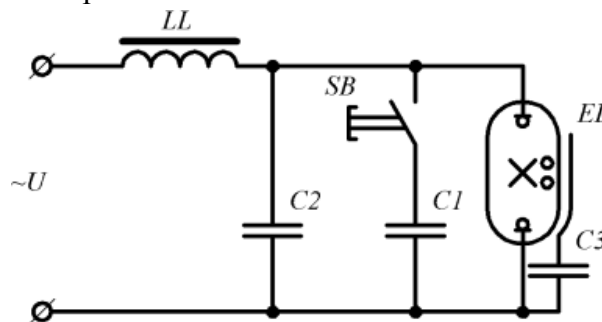


Рис. 11. Схема включення її в мережу: LL – дросель; SB – замикаючий ключ; EL – лампа ДРТ; C1, C2 і C3 – конденсатори.

Різкий розрив ланцюга ключем SB індукуює в дроселі ЕРС самоіндукції, яка прикладається до лампи і пробиває газовий проміжок. Металева смужка полегшує пробій лампи. Конденсатор C2 призначений для підвищення коефіцієнта потужності ланцюга. Час розпалювання лампи – 3-10 хв.

Лампи типу ДРТ виготовляють потужністю 100, 120, 125, 230, 250, 400, 1000, 2500, 2800, 4000, 5000 і 6000 Вт. У сільськогосподарському виробництві в якості джерел ультрафіолетового випромінювання в основному застосовують лампи ДРТ потужністю 100, 230, 400 та 1000 Вт. Середня тривалість горіння ламп ДРТ230 і ДРТ1000 становить 2000 год, ДРТ400 - 2700. В кінці терміну служби ультрафіолетового випромінювання ламп становить не менше 60 % номінальних значень.

Різновидом ламп ДРТ є лампи типу ДРП потужністю 120, 250 і 400 Вт, типу ДРТ2 потужністю 100 Вт і ДРП2 потужністю 250 і 400 Вт. Ці лампи відрізняються від базової моделі тим, що на їх кварцову розрядну трубку нанесена тонка кварцова плівка з легуючими добавками, яка дозволяє відфільтрувати короткохвильове ультрафіолетове випромінювання лампи. Завдяки додатковій плівці випромінювання з довжиною хвилі 200-280 нм не перевищує 5% від загального потоку випромінювання ламп. Зазначені

лампи, а також лампи типу ДРТ потужністю 100, 120 і 250 Вт мають чотириелектродні виконання, що забезпечує підключення лампи до мережі без яких-небудь запалюючих пристроїв і пристосувань.

6.3 Світлодіодні лампи, їх основні характеристики

Світлодіодні або, як їх ще називають, LED-лампи в порівнянні з традиційними світильниками споживають в рази менше електроенергії. Їх світловіддача – до 150 лм/Вт енергоспоживання, наприклад, споживаючи всього 9 Вт, LED-лампа світить як 75-ватна лампа розжарювання! Причому термін служби таких світильників складає 50000 - 100000 год. Тобто за умов 10-годинної роботи на добу, це 12,5 – 25 років експлуатації

На відміну від поширених у нас газорозрядних люмінесцентних ламп світлодіодні світильники абсолютно безпечні. Вони мають, постійний світловий потік. Це відбувається тому, що світлодіодні лампи працюють від постійного струму і тому випромінюють «рівне» світло. У спектрі випромінювання світлодіодів відсутні значні інфрачервоні і ультрафіолетові випромінювання. Світлодіодні лампи можуть працювати при зміні напруги від 80 до 230 В. Звичайно, інтенсивність світіння зміниться, але лампа горіти буде. Вся лампа виконана з пластика, який не розбивається при падінні, на відміну від інших видів ламп. Світлодіоди не мають у своєму складі тендітних колб, які можна розбити і ниток розжарювання, які можна струсити.

До недоліків світлодіодних ламп можна віднести - це ціна, виділення тепла. І ще одним недоліком світлодіодних ламп можна назвати наявність драйвера. Чим більше в приладі буде використовуватися різних елементів, тим більша ймовірність виходу з ладу будь-якого електронного компонента, і виходу з ладу лампи в цілому. Але, тут все залежить від якості елементної бази і якості збірки.



Рис. 12 – Світлодіодної лампи типу EKF.

До складу лампи входять наступні компоненти: розсіювач; плата з світлодіодами (кластер); радіатор, який призначений для охолодження світлодіодів і величина якого залежить від потужності лампи; джерело живлення світлодіодів (драйвер); цоколь.

В лампі застосовано стандартний цоколь E27, який закріплюється до лампи за

допомогою точкових заглиблень по всій окружності цоколя.

Корпус лампи виконано з алюмінію і теплоізолюючого пластика, який забезпечує гарний відвід тепла. Максимальна температура нагрівання лампи складає 650 С.

Драйвер закріплюється до корпусу лампи за допомогою спеціальної силіконової пасти. Драйвер це джерело живлення світлодіодної плати, який перетворює змінну напругу мережі 220 В в джерело постійного струму. На драйвері встановлена мікросхема типу ВР2832А. Драйвер виконано на основі імпульсного перетворювача виходи якого припадають до плати світлодіодів. Робочий режим драйвера знаходиться в межах від 85 до 265 В. В ньому застосовано електролітичні конденсатори, які призначені для роботи схеми при високих температурах - +1050 С. Розсіювач виконаний із пластика, який призначений для рівномірного розсіювання світлового потоку лампи.

На світлодіодній платі розміщено 28 світлодіодів типу СМД. Світлодіоди з'єднуються в дві паралельні стрічки по 14 шт, які між собою з'єднані послідовно.

Розглянемо призначення окремих елементів світлодіодної лампи. Світлодіод являє собою напівпровідниковий прилад, що перетворює струм, який протікає через нього, в світлове випромінювання.

На жаль, потужний світлодіод, саме такі використовуються в світлодіодних лампах володіє одним недоліком. Його основа - р-п перехід, не досконала, тобто частина енергії електронів витрачається не тільки на витяг фотонів з цієї спайки, але і на тепло. Фактично це втрати. З метою охолодження світлодіодів, встановлюється радіатор. Драйвер являє собою електронну схему, що служить для перетворення вхідної напруги до напруги, придатної для використання світлодіодними лампами.

Крім того драйвер задає певну частоту для живлячої напруги і струму світлодіода. Ця частота живлення важлива по перше, для того щоб задати певну яскравість світіння, тому яскравість світіння для світлодіода задається саме не зміною напруги, а певною частотою живлення. По друге це обмеження частоти через драйвер дозволять потужному світлодіоду довше «деградувати» (втрачати вихідний світловий потік), тобто світлодіод пропрацює довше. Один із варіантів стандартної схема драйвера світлодіодної лампи показаний на рис. 13.

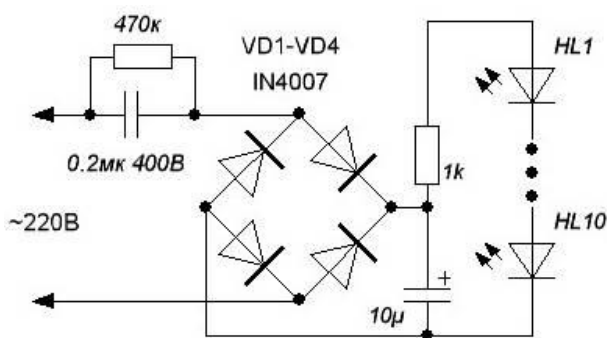


Рис. 13 – Схема електрична принципова драйвера

Зважаючи на все, світлодіодне освітлення є по більшій частині корисним, а не шкідливим. Але дане твердження відноситься тільки до відомих брендів, які відповідають за якість своєї продукції і її повна відповідність усім заявленим параметрам. Усі інші прилади теж є цілком придатними для використання, але не варто використовувати їх як основне світло (у кабінеті, їдальні або вітальні).

Широке застосування в пташниках і тваринницьких приміщеннях знаходять

світильники з лінійними світлодіодними лампами типу ССГТ вітчизняного виробництва і точкові світлодіодні лампи типу ЛРС. Герметичні світлодіодні світильники ССГТ призначені для установки під стелею на тросі при напільному утриманні птиці, або в проходах між клітками, при клітковому утриманні. Лампа типу ЛРС виконана на основі стандартного патрона Е27 і може встановлюватись в герметичний плафон. Регулювання яркості світіння виконується тиристорним регулятором освітлення УРЗ-40.

Технічні параметри світлодіодних ламп наведені у табл. 1-2.

Таблиця №1

Технічні параметри світлодіодних ламп RTBL-RE60-CW

Характеристика	Лампа		
	Thomson	Thomson	Thomson
Бренд	Thomson	Thomson	Thomson
Модель	RTBL-RE60-CW	RTBL-RE60-CW	RTBL-RE60-CW
Номинальна напруга, В	100-240	100-240	100-240
Потужність, Вт	11	11	18
Світловий потік, лм	800	700	880
Світлова віддача, лм/Вт*	73	64	49
Кольорова температура, К	5000	3000	3000
Індекс кольоропередачі, Ra	н/д	н/д	н/д
Термін служби, год.	40000	40000	40000
Кількість циклів вкл./викл.	н/д	н/д	н/д
Діаметр, мм	60	60	121
Висота, мм	125	125	130
Вага, г**	166	154	492

Таблиця №2

Технічні параметри світлодіодних ламп LED

Характеристика	Лампа		
	Supra	Verbatim	Verbatim
Бренд	Supra	Verbatim	Verbatim
Модель	SL-LED-A60-11W 3000 E27	#52114	#52100
Номинальна напруга, В	220	220-240	220-240
Потужність, Вт	11	10	9
Світловий потік, лм	800	820	440
Світлова віддача, лм/Вт*	73	82	49
Кольорова температура, К	3000	3000	2700
Індекс кольоропередачі, Ra	≥75	≥80	≥80
Термін служби, год.	35000	30000	25000
Кількість циклів вкл./викл.	н/д	20000	8000
Діаметр, мм	60	60	58
Висота, мм	110	173	147
Вага, г**	110	173	147

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису будови, принципу дії газорозрядних ламп

та їх основні характеристики.

2. Самостійно відновити матеріал з опису будови, принципу дії світлодіодних ламп.

3. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Наслідки впливу люмінесцентного освітлення на організм людини. Най безпечніший спектр випромінювання для організму людини.

ТЕМА №7. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Мета: ознайомити здобувачів фахової передвищої освіти з методикою вибору та розрахунку освітлювальних установок.

План лекції

1. Основні вимоги до електричного освітлення сільськогосподарських приміщень.
2. Види і системи освітлення.
3. Вибір типу джерел світла та світильників.
4. Вибір нормованої освітленості.
5. Вибір коефіцієнту запасу.
6. Розміщення світильників у приміщенні.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

7.1 Основні вимоги до електричного освітлення сільськогосподарських приміщень

Умови штучного освітлення в сільськогосподарських приміщеннях мають вплив на зорову роботу, фізичний і моральний стан людей, а отже, на продуктивність праці, якість продукції і виробничий травматизм. Чим точніше і напруженіше виконується зорова робота, тим більше цей вплив. Численними дослідженнями встановлено залежності функцій зору від умов штучного освітлення. Ними керуються при нормуванні кількісних і якісних характеристик сільськогосподарських освітлювальних установок і при виробленні рекомендацій щодо вибору джерел світла, систем і способів штучного освітлення.

Збільшення освітленості у виробничих приміщеннях і в місцях проведення зовнішніх робіт позитивно впливає на такі функції зору, як гострота, стійкість ясного бачення, швидкість розрізнення, контрастна чутливість. При підвищенні контрасту між об'єктом розрізнення і фоном, на якому об'єкт розглядається, зорова працездатність збільшується. Вона також залежить від співвідношення яскравості робочої зони і навколишнього фону, що потрапляє в поле зору працюючого: зі збільшенням цього співвідношення працездатність знижується. Більш сприятливе відношення яскравості має місце при системі загального освітлення, менш сприятливий - при комбінованому освітленні. В останньому випадку умови зорової роботи поліпшуються при підвищенні яскравості фону, що досягається підвищенням коефіцієнтів відображення поверхонь приміщень (стіни, стелі, підлоги) та виробничого обладнання. Однак занадто світлі

поверхні стін, підлоги і устаткування можуть справити негативний вплив.

Багато виробничих операцій вимагають певного напрямку світла, при якому на робочій поверхні створюються найбільш сприятливі умови зорової роботи. Наприклад, краще виявляються деталі, зникають або з'являються тіні, усувається попадання в поле зору дзеркальне відображення джерел світла і т.п.

Зазначені умови досягаються застосуванням систем загального або комбінованого освітлення, вибором найбільш доцільної на даних умов освітлювальних приладів загального та місцевого освітлення та їх розміщення щодо робочих місць. Часто оптимальні рішення освітлювальних установок знаходяться експериментальним шляхом.

Погіршення функцій зору викликає пряма блискіть, тобто надмірна яскравість джерел світла та ОП, і відбита блискіть - дзеркальне відображення світлового потоку від робочої поверхні в напрямленні очей працюючих. Властивість великих яркостей створювати сліпучість називається блискотію. Негативна дія блискоті на зір тим більше, чим точніше, більш напружена і триваліша зорова робота. При наявності блискоті знижується продуктивність праці, підвищується зорова і загальна втома.

Обмеження прямої блискоті досягається вибором ОП з оптимальними для даних умов світлотехнічними характеристиками і правильним їх розміщенням. Важче усунути відображену блискіть.

Негативний вплив на зір надають пульсації освітленості при живленні ОП від джерел промислової частоти (50 Гц), які викликають стомлення зору. При освітленні предметів, які швидко рухаються або обертаються може з'явитися явище стробоскопічного ефекту, що підвищує небезпеку травматизму. В освітлювальних установках повинні вживатися заходи щодо зниження пульсації до рівня, встановленого нормами.

Заходи щодо поліпшення освітлення в сільськогосподарських приміщеннях вимагають додаткових, іноді значних витрат, які швидко окупаються за рахунок підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції та зниження травматизму.

Щоб електричне освітлення сприяло успішному виконанню робіт, які проводяться в приміщеннях, воно повинно відповідати багатьом вимогам, найбільш важливими з яких є:

- робочий персонал повинен добре бачити місце своєї роботи. Для цього на робочому місці і в усьому приміщенні повинно бути досить світло або, як це прийнято називати, повинна бути створена необхідна для даних умов роботи величина освітленості на робочому місці і в приміщенні. Для різних робіт і приміщень спеціальними нормами встановлені мінімальні значення освітленості;

- світильники, які освітлюють приміщення і робочі місця, не повинні надавати на очі робочого персоналу сліпучої дії, що може мати місце при неправильному виборі типів світильників, недостатньої висоти їх підвісу або невдалому розміщенні світильників у приміщенні;

- вирішальне значення для багатьох виробництв має правильний вибір типів джерел світла, це відноситься до пташників, корівників, свинарників та ін. приміщень;

- для багатьох робіт не байдуже, як спрямоване світло на робочому місці. Так, одні роботи вимагають м'якого, розсіяного світла, інші – різко направлено освітлення, іноді під цілком визначеним кутом. Отримання необхідного напрямку світла досягається застосуванням світильників різних типів і правильним їх розташуванням в приміщенні;

- світильники в виробничих, приміщеннях повинні бути розташовані так, щоб вони створювали досить рівномірну освітленість по всьому приміщенню (або частини приміщення, для якої нормується одна і та ж величина освітленості). Значна нерівномірність освітлення призводить до висвічування деяких ділянок приміщення з більшою освітленістю ніж потрібно, що порушує спокійний характер освітлення і викликає перевитрату енергії;

- протягом всього часу роботи освітлення величина освітленості не повинна часто і різко мінятися. Цілком неприпустимі коливання освітленості від поштовхів напруги в освітлювальній мережі, викликаних, наприклад, пуском потужних електродвигунів або роботою електрозварювальних апаратів; такі коливання напруги дуже несприятливо позначаються на зорі працюючих, викликаючи втому зору і зниження продуктивності праці;

- типи світильників, які встановлюються в приміщеннях, повинні відповідати не тільки світлотехнічним вимогам, зазначеним раніше, але також відповідати умовам середовища в приміщенні. Тут необхідно враховувати такі фактори, як наявність у приміщенні підвищеної вологості, пилу, диму, кіптяви, пожежо-і вибухонебезпечних речовин і газів, виділення у вигляді газів, парів і пилу речовин, які призводять до руйнування світильників;

- нарешті, необхідно створювати умови зручного обслуговування електричного освітлення і, зокрема, подбати про вільний доступ до світильників для заміни перегорівших ламп і очистки відбивачів і скла від пилу та бруду.

Якщо врахувати перераховані вимоги до електричного освітлення виробничих приміщень, то можна спланувати наступний перелік питань, які необхідно вирішувати при розробці світлотехнічної частини проекту:

- вибір системи і виду освітлення;
- вибір величини освітленості;
- вибір типів джерел світла;
- вибір типів світильників;
- вибір кількості світильників і схеми їх розміщення;
- визначення потужності джерел світла.

7.2 Види і системи освітлення

Вид освітлення – це класифікація систем освітлення за своїм функціональним призначенням у виробничому процесі по забезпеченню безперебійної дії цієї системи.

Система освітлення – сукупність джерел оптичного випромінювання об'єднаних по певній схемі розташування.

Як системи освітлення так і їх види призначені для забезпечення необхідних умов видимості у зоні робочих місць або оточуючого простору виробничого об'єкту.

В практиці освітлення виробничих об'єктів використовуються системи *загального, місцевого та комбінованого* освітлення. У свою чергу система загального освітлення розрізняється за способами розташування джерел випромінювання: *рівномірне та локалізоване*. При рівномірному освітленні відстань між джерелами випромінювання у ряду і між рядами при розташуванні дотримується незмінною. При *локалізованому* розташуванні положення кожного джерела випромінювання визначається міркуванням

вибору найвигіднішого напрямку світлового потоку і усунення затінок на освітлювальному робочому місці та цілком залежить від розташування технологічного обладнання.

Місьцеве освітлення служить для забезпечення необхідного рівня видимості тільки у границях робочої поверхні. Світильники місцевого освітлення можуть бути або *стаціонарними*, або *переносними*.

Комбіноване освітлення – це сукупність загального і місцевого.

При виборі систем освітлення необхідно користуватися наступними міркуваннями:

- *загальну рівномірну* систему освітлення найбільш доцільно застосовувати у приміщеннях:

а) де виконуються відносно грубі роботи;

б) в яких робочі поверхні розташовані з великою щільністю або робота ведеться по всій площині;

в) громадського призначення, навчальних та побутових;

г) тваринницьких та інших сільськогосподарських приміщеннях, де нормована освітленість не перевищує 50 лк для ламп розжарювання та 150 лк для газорозрядних ламп;

- до *переваг* загального рівномірного освітлення необхідно віднести:

а) забезпечення рівномірного розподілу освітленості загального рівня по всій площині приміщення;

б) застосування світильників і джерел випромінювання одного типу і потужності;

в) однакова висота підвісу;

г) малий коефіцієнт пульсації; д) не заважає робочі місця;

е) конструктивно не пов'язане з технологічним обладнанням; ж) не потребує зміни при перестановці робочих місць;

- до *недоліків* загального рівномірного освітлення можна віднести: а) потребує використання джерел випромінювання більшої потужності ніж при локальному;

б) не забезпечує необхідний рівень освітленості і напрямок світлового потоку на робочих поверхнях, які можуть бути закритими близько розташованим обладнанням і самим працюючим;

- *локалізована* система освітлення використовується у випадках: а) великих розмірів освітлюваних поверхонь;

б) розміщення технологічного обладнання зосередженими групами, або рядами;

- до *переваг* локалізованої системи освітлення можна віднести:

а) потрібна потужність джерела випромінювання, як правило менша, ніж при загальному рівномірному освітленні;

б) дозволяє краще освітити робочі поверхні за рахунок усунення тіней від обладнання та самого працівника;

в) забезпечити необхідний напрямок світлового потоку;

- до *недоліків* локалізованої системи освітлення відносяться:

а) потребує розрахунку освітленості на різних ділянках виробничої поверхні;

б) необхідність індивідуального вибору типу світильників і джерел випромінювання згідно з розташуванням та особливостями робочих місць;

в) те, що може бути різна висота підвісу світильників; г) конструктивна прив'язка до

робочого місця;

д) потребує зміни при перестановці робочих місць;

- у виробничих приміщеннях забороняється використання тільки

місцевого освітлення:

- до *переваг* місцевого освітлення можна віднести: а) менша потужність джерела випромінювання;

б) можливість переносу світильників у місця, безпосереднього виконання робіт;

в) можливість забезпечити необхідний напрямок світлового потоку;

- до *недоліків* відносяться такий самий перелік, що і системи локалізованого загального освітлення та необхідність виконання окремої електричної мережі і на іншу напругу; обов'язкова необхідність доповнення системою загального освітлення;

- **комбіновану** систему доцільно використовувати:

а) при створенні належних умов видимості у границях робочих поверхонь сумісною дією загального та локалізованого освітлення;

б) при високому рівні необхідної освітленості;

в) при нещільному і фіксованому розташуванні робочих місць;

г) при необхідності в певному або змінному напрямку світлового потоку;

д) при недоступності робочих поверхонь для загального освітлення завдяки затінення їх частинами технологічного обладнання;

е) при виконанні робіт високої точності;

ж) при особливих вимогах до якості освітлення;

- до *переваг* комбінованої системи освітлення відносяться:

а) можливість отримання значно високої освітленості на робочих поверхнях;

б) забезпечення певного і змінного напрямку світлового потоку; в) можливість освітлення внутрішніх порожнин предметів;

- *недоліками* комбінованої системи є:

а) необхідність більш високих капітальних вкладень, ніж при системі загального освітлення;

б) такі ж самі, що позначені у пунктах а-д недоліків локалізованої системи;

- слід *знати*, що загальне рівномірне освітлення у комбінованій системі повинно забезпечувати не менш, ніж 10% нормованої освітленості незалежно від типу ламп локалізованого або місцевого освітлення, але не нижче 50 лк при лампах розжарювання та 150 лк при газорозрядних лампах.

За видом освітлення, за нормами ДНБ В.2.5.-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування», може бути:

- *робоче*, призначення якого є забезпечення необхідної освітленості на робочих поверхнях;

- *чергове*, яке призначено для освітлення приміщень у темний період доби;

- *охоронне*, яке виконується для освітлення територій виробничих об'єктів зовні приміщень;

- *аварійне*, яке застосовується при відмові робочого освітлення і призначене або для евакуації людей, або продовження виробничого процесу.

Для визначення виду освітлення при проектуванні, необхідно враховувати наступні рекомендації:

- *робоче* освітлення є основним видом і застосовується на всіх виробничих

ділянках і робочих місцях;

- *чергове* освітлення застосовують:

а) для догляду за тваринами у нічній період доби. При цьому загальна кількість світильників складає:

1) у приміщеннях для утримання тварин – 10 % від загальної кількості;

2) у пологових відділеннях - 15 % від загальної кількості;

- *аварійне* освітлення для продовження робіт на сільськогосподарських об'єктах влаштовують:

а) на інкубаторних станціях, ветеринарних пунктах, зернопунктах, які мають протравлювачі, сушильних установках, диспетчерських пунктах, установках водозабезпечення, каналізації та теплофікації;

б) у випадках порушення нормального обслуговування хворих;

в) у випадках, коли перебої у освітленні приміщення ведуть до припинення обслуговування обладнання, що може викликати пожежу, вибух, отруєння людей;

- *аварійне* освітлення для евакуації людей влаштовують:

а) при загрозі масового травматизму, у місцях скупчення людей (більш ніж 100 чоловік);

б) у виробничих приміщеннях з числом працюючих більш ніж 50людей;

в) у дитячих установах, незалежно від кількості перебування у них дітей;

- *аварійне* освітлення для продовження роботи повинно забезпечувати на робочих місцях, які потребують обов'язкового обслуговування, освітленість не менш ніж 5 % від нормованих умов освітлення;

- для живлення системи аварійного освітлення повинно застосовувати або резервне, або автономне джерело живлення;

- освітленість, яка створюється аварійним освітленням для евакуації людей, повинна бути, не менш, як 0,5 лк на стелі по вісі основних проходів і на сходинок сходів, а в зовнішніх установках 0,2 лк;

- світильники аварійного освітлення повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення.

7.3 Вибір типу джерел світла та світильників

Електричним джерелом світла є пристрій, який перетворює електричну енергію в променисту енергію оптичного спектру з довжиною хвиль від 1 до 10^6 нм. Із п'яти класів електричних джерел світла у сільськогосподарському виробництві найбільше розповсюдження знайшли два:

- джерела *теплого* випромінювання (лампи розжарювання);

- газорозрядні джерела *оптичного* випромінювання низького, високого і надвисокого тиску.

Лампи розжарювання відрізняються між собою *електричними, світлотехнічними та експлуатаційними* характеристиками.

До *електричних* характеристик відносяться: номінальна напруга, номінальна потужність, рід струму (постійний, змінний). Основною *світлотехнічною* характеристикою є випромінюваний світловий потік Φ_d , який залежить від електричних

характеристик та температури розігріву нитки розжарення.

Експлуатаційними характеристиками, які визначають економічні показники роботи ламп, є світлова віддача та номінальний термін служби. Промисловістю випускаються різноманітні лампи розжарювання.

Найбільше застосування знайшли лампи: *загального* призначення, *кварцові галогенні* лампи та *лампи-термовипромінювачі* з різними характеристиками. Для підвищення ефективності джерел оптичного випромінювання все більше звертають увагу на газорозрядні лампи, доля яких в структурі виробництва неухильно зростає.

В процесі проектування при виборі джерела світла **необхідно** враховувати наступне:

- для загального освітлення приміщень основного виробничого призначення (утримання тварин, птиці і звірів) слід, як правило, застосовувати газорозрядні джерела світла низького тиску (люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛБР, ЛД та ін.);

- для приміщень підсобного призначення рекомендується застосовувати лампи розжарювання;

- дозволяється для освітлення приміщень основного виробничого призначення застосування ламп розжарювання, але це необхідно з'ясувати з рекомендаціями;

- для освітлення території сільськогосподарських підприємств, виробничих площадок, проїздів слід, як правило, застосовувати газорозрядні джерела світла високого і низького тиску, але дозволяється застосування ламп розжарювання при з'ясуванні з рекомендаціями;

- для аварійного освітлення можна використовувати тільки лампи розжарювання;

- для аварійного освітлення допускається використовувати газорозрядні лампи низького тиску при умові, що їх живлення у всіх режимах буде здійснюватися від мережі змінного струму напругою не нижче, ніж 90% від номінального;

- застосування ламп типів ДРЛ, ДРИ та ксенонових для аварійного освітлення **заборонено**;

- відхилення живлячої напруги від номінальної значно впливає на характеристики ламп;

- у ламп розжарювання в матованих колбах світловий потік на 3 %, в опалових – на 10 %, із молочного скла – на 20 % нижче, ніж в прозорій колбі;

- лампи розжарювання загального призначення необхідно експлуатувати при відносній вологості оточуючого середовища не більш, ніж 98%, температурі від мінус 60 °С до плюс 50 °С та зовнішньому тиску 68 – 101 кПа;

- лампи розжарювання не дозволяють майже короткочасного зіткнення з водою у робочому режимі;

- люмінесцентні лампи зберігають номінальні параметри при температурі оточуючого повітря 20 – 25° С;

- лампи розжарювання у сільськогосподарському виробництві найбільш *переважні*: при низьких та середніх рівнях освітленості (не більш 50 лк); у світильниках місцевого освітлення при загальній системі освітлення приміщення люмінесцентними лампами; у переносних світильниках; у приміщеннях з частими вмиканням та відключенням ламп і т.п.

7.4 Вибір нормованої освітленості

Вибір нормованої освітленості виконується за нормами ДНБ В.2.5.- 28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» в залежності від характеристики зорових робіт, виду і системи освітлення, розміру об'єктів, контрасту цього об'єкту з фоном і характеристики фону, а також від виду ламп.

При освітленнях всередині приміщення $E_n \geq 50 \text{лк}$ рекомендуються люмінесцентні лампи. При низьких рівнях освітленості ($E_n < 50 \text{лк}$) використання цих ламп недопустимо.

При цьому необхідно пам'ятати, що в приміщеннях для утримання тварин освітленість проходів для прибирання гною повинна складати 25 % від нормованої для даного приміщення, але не менше 10 лк.

Нормована освітленість при проектуванні штучного освітлення споруд і будівель для зберігання сільськогосподарської продукції, тваринницьких і птахівничих приміщень визначають за нормативними документами.

7.5 Вибір коефіцієнту запасу

Коефіцієнт запасу дорівнює відношенню світлового потоку нового світильника з новою лампою до світлового потоку того ж світильника в кінці терміну служби лампи при умові регулярної чистки світильників.

Значення коефіцієнта запасу залежить від типу світильника, умов навколишнього середовища, кількості чисток світильників на рік. Дані по вибору коефіцієнта запасу наведено у таблицях 1 та 2. У більшості випадків, для сільськогосподарських приміщень, галузевими нормами рекомендуються коефіцієнти запасу: для ламп розжарювання – 1,15; для люмінесцентних – 1,3.

Таблиця №1

«Значення коефіцієнтів запасу для різних виробничих приміщень»

Характеристика об'єкту	Коефіцієнт запасу		Розрахункова частота чистки світильників (разів в місяць)
	При ЛР	При ЛЛ	
Приміщення з великим виділенням пилу, диму, капоті (млини, кузні і т. п.)	1,7	2,0	4 рази
Приміщення із середнім виділенням пилу, диму або капоті (деревообробні, майстерні і т.п.)	1,5	1,8	3 рази
Приміщення з малим виділенням пилу, диму або капоті (механічні цехи, громадсько-побутові і т.п.)	1,3	1,5	2 рази
Зовнішнє освітлення світильниками	1,3	1,5	3 рази в рік

Таблиця №2

«Значення коефіцієнтів запасу для світильників сільськогосподарських приміщень»

Коефіцієнт запасу

Приміщення, технологічні процеси	При газорозрядних лампах	При лампах розжарювання
Зона розміщення тварин: маточне поголів'я, молодняк (кормушка)	1,3	1,15
Теж, при доїнні в стійлах (вим'я)	1,3	1,15
Відгодівельне стадо: огляд тварин, допомога при отеленні	1,3	1,15
Доїльні площадки, допоміжні виробничі приміщення (стрижка, миття і т.д.)	1,3	1,15
Ветеринарні приміщення	1,5	1,15
Лабораторії	1,5	1,3
Кормокухні, кормоцехи	1,5	1,3
Вагові, щитові	1,5	1,3
Овочесховища: без переробки	1,3	1,15
з переробкою (зона роботи)	1,3	1,15
Пташники: напільного утримання однорусні багаторусні	1,5 1,5 1,5	1,3 1,3 1,3

7.6 Розміщення світильників у приміщенні

Задача освітлення поверхні за звичай має декілька рішень, які відрізняються розташуванням світильників та потужністю використаних джерел світла. При проектуванні із сукупності можливих рішень обирають найвигідніше за наступними умовами:

- забезпечення нормованої освітленості на робочому місці;
- забезпечення необхідної якості освітлення;
- забезпечення мінімальної встановленої потужності.

Як вказувалося вище, існує два способи розміщення світильників *загального* освітлення: *рівномірне* і *локалізоване*.

При *локалізованому* розміщенні питання вибору місця розташування світильників повинно вирішуватися у кожному конкретному випадку індивідуально на підставі досконалого знайомства з характером виробничого процесу і конструктивними особливостями технологічного обладнання об'єкту.

При *рівномірному* розташуванні світильників необхідно користуватися рядом загальних положень, які повинні являтися відправними при вирішенні даного питання і, перш за все, виконання вище названих умов.

Виконання цих умов забезпечується вибором відносної найвигіднішої світлотехнічної та економічної відстані між світильниками в ряду та між рядами світильників. Ця відстань визначається з урахуванням двох відповідних коефіцієнтів: λ_c та λ_e (відповідно світлотехнічної та економічної найвигіднішої відстані між світильниками), значення яких залежить від типу кривої сили світла світильника (табл. 3).

«Рекомендовані значення λ для світильників з типовими кривими сили світла»

Типова крива сили світла	λ_c	λ_e
Концентрована (К)	0,4 – 0,7	0,6 – 0,9
Глибока (Г)	0,3 – 1,1	1,0 – 1,4
Косинусна (Д)	1,4 – 1,6	1,6 – 2,1
Рівномірна (М)	1,3 – 2,6	2,6 – 3,4
Напівширока (Л)	1,6 – 1,8	1,8 – 2,3

При рівномірному розміщенні світильники розміщують по кутах прямокутника або вершинам ромба з урахуванням доступу до них для обслуговування (рис. 1). На рис. 1 показані варіанти розміщення світильників.

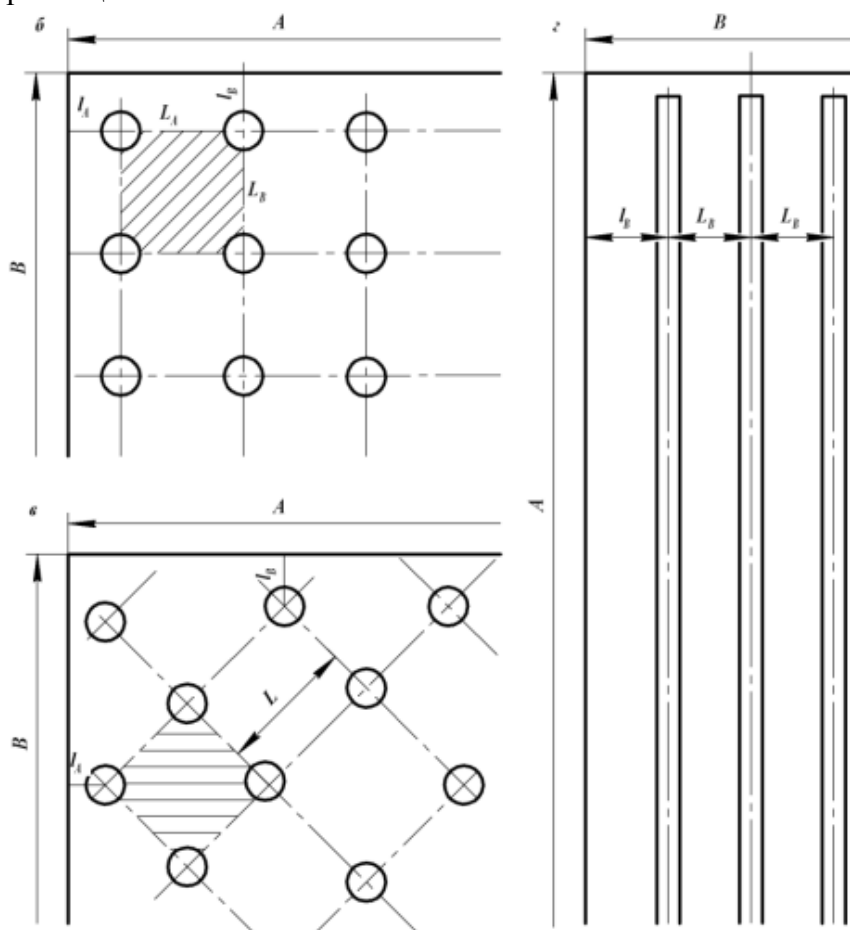


Рис. 1 - Варіанти розміщення світильників: б) по кутах прямокутника; в) по вершинам ромба; г) в лінію (для світильників з ЛЛ)

При рівномірному освітленні відстань між світильниками в ряду L_A і між рядами світильників L_B визначають за формулою:

$$L_{A,B} \approx (\lambda_c - \lambda_e) H_p$$

де H_p - розрахункова висота встановлення світильників, м.

Світлотехнічна найвигідніша відносна відстань λ_c забезпечує таке розміщення світильників, при якому розподіл освітленості на робочій поверхні найбільш рівномірний. Збільшення λ_c понад рекомендовану погіршує рівномірність освітлення робочих поверхонь, але зменшує встановлену потужність джерел світла. При $\lambda_c = \lambda_e$ потужність

джерел світла освітлювальної установки мінімальна. Збільшення відносної відстані між світильниками понад λ_e погіршує якість освітлення і підвищує потужність джерел світла.

Розрахункову висоту встановлення H_p світильників визначають за формулою:

$$H_p = H - h_n - h_{p.n.}$$

де H - висота приміщення, м; h_n - висота підвісу світильника (відстань від світлового центру до перекриття), м; $h_{p.n.}$ - висота розрахункової поверхні над підлогою, на якій нормується освітлення, м.

При рівномірному розміщенні світильників по кутах прямокутника рекомендується, щоб $LA : LB \leq 1,5$ (рис. 1) відстань від стіни до найближчого ряду світильників LB або до найближчого світильника в ряду LA приймають в межах (0,3 ... 0,5) LA, B : за наявності робочих поверхонь біля стін - $l_{A,B} \approx 0,3 LA, B$, а за відсутності - $l_{A,B} \approx 0,5 LAB$.

Тоді за відомими $l'_{A,B}$ і $L'_{A,B}$, довжині A і ширині B приміщення можна визначити:

- число рядів світильників:

$$N_B = \frac{B - 2l_{A,B}}{L_{A,B}} + 1$$

- число світильників в одному ряді:

$$N_A = \frac{A - 2l'_{A,B}}{L'_{A,B}} + 1$$

- загальна їх кількість в приміщенні:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B$$

Якщо розрахунок відстані між світильниками в ряду і їх рядами проводився з урахуванням світлотехнічної найвигіднішої відносної відстані, то отримані значення N_B і N_A округлюють до цілого числа в бік найменшого значення. У випадку ж розрахунку по енергетично найвигіднішій відносній відстані N_B і N_A округляють до цілого у бік більшого. Після чого розміщують світильники на плані приміщення і визначають дійсні відстані від стіни до найближчого їх ряду l_B і до найближчого світильника в ряду l_A , відстань між рядами l_B і світильниками в ряду l_A :

$$L_A = \frac{A}{N_A - a} \quad L_B = \frac{B}{N_B - a}$$

де $a=0,4$ при $l_{A,B}=0,3 L_{A,B}$ і $a=0$ при $l_{A,B}=0,5 L_{A,B}$.

Слід зазначити, що при проектуванні освітлювальних установок зі світильниками з люмінесцентними лампами спочатку намічають тільки число рядів N_B , а число світильників в ряду N_A і в приміщенні N_{Σ} визначають світлотехнічним розрахунком. При цьому світлотехнічну найвигіднішу відносну відстань λ_e визначається за поперечною кривою сили світла світильників.

При локалізованому розміщенні світильники встановлюють з урахуванням найбільш оптимального освітлення робочих місць, запобігання їх затінення громіздкими предметами і забезпечення необхідних рівнів у технологічних проходах. При цьому

освітленість проходів в приміщеннях з роботами I-V розрядів повинна складати не менше 25 % створюваної світильниками загального освітлення на робочих місцях, але не менше 75 лк при газорозрядних лампах і не менше 30 лк при лампах розжарювання.

При вирішенні питання розміщення світильників при *рівномірному* освітленні необхідно враховувати наступне:

- при будь-якому методі розрахунку освітлення, розрахунок розміщення світильників є обов'язковим;
- при рівномірному освітленні найбільш корисним є розташування світильників по вершинам квадрату або ромбу;
- при розташуванні світильників по вершинам прямокутника відношення більшої сторони до меншої не повинно перевищувати **1,5**;
- при відстані між сусідніми рядами світильників меншою, ніж відстань між світильниками в ряду, можливо застосування розташування світильників у шаховому порядку;
- при наявності біля стін робочої поверхні відстань від краю рядів до стін приймають рівною **(0,25–0,30) L**, а в інших випадках - **(0,3–0,5)L**;
- при розташуванні у приміщенні світильників відбитого або розсіяного світлорозподілу (для уникнення яскравих плям) відстань від світильника до стелі повинно бути не менш ніж **0,2 L**;
- світильники з люмінесцентними лампами у виробничих приміщеннях доцільно розташовувати рядами паралельно більшій стороні приміщення або стіни з вікнами;
- відстань між торцями світильників з люмінесцентними лампами, для забезпечення рівномірності освітлення, вздовж ряду не повинна перевищувати **0,5 H_p**;
- у зовнішніх установках для освітлення проходів та проїздів, якщо ширина їх не перевищує **(4–8) м**, застосовують за звичай однорядне розташування світильників по одній із сторін;
- оптимальною висотою установки світильників при освітленні територій підприємств є **6,5 м**;
- при освітленні головних проходів і проїздів вулиць з інтенсивним рухом відстань між світильниками рекомендується витримувати **21–27 м**, з середнім рухом – **(28–35) м**;
- при освітленні другорядних проїздів відстань між світильниками слід вибирати у межах **30–40 м**;
- при розміщенні світильників необхідно враховувати умови для їх обслуговування.

При розміщенні світильників *місцевого* освітлення не можна керуватися загальними правилами, а слід вирішувати задачу кожний раз індивідуально на підставі детального вивчення особливостей освітлюваного робочого місця, виконання дослідних установок і вимірювання видимості в виробничих умовах. Але необхідно враховувати наступне:

- вибір розташування світильників повинно визначатися у першу чергу бажаним напрямком світлового потоку на робочу поверхню;
- так як світильник розміщується у безпосередній близькості від робочої поверхні і, отже, знаходиться у робочій зоні, його слід розміщати так, щоб він не заважав робітнику;
- при виборі місця встановлення світильника слід уникати кріплення його на

деталях або вузлах механізмів, які підвладні вібрації;

- не припустимо розміщення світильників на щитках або відкидних кришках технологічних машин.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису вимог до електричного освітлення сільськогосподарських приміщень.
2. Самостійно відновити матеріал з опису вибору типу джерел світла та світильників.
3. Самостійно відновити матеріал з опису розміщення світильників у приміщенні.
4. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Газорозрядні джерела випромінювання, що використовуються в рослинництві. Світлодіодні лампи.

ТЕМА №8. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ОСВІТЛЕННЯ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з методикою розрахунку освітлення.

План лекції

1. Метод питомої потужності.
2. Точковий метод лінійних ізолюкс.
3. Точковий метод просторових ізолюкс.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

8.1 Метод питомої потужності

Метод питомої потужності є спрощеною формою розрахунку методом коефіцієнту використання світлового потоку. Даним методом користуються для приблизних розрахунків освітлювальних установок приміщень, у яких відсутні суттєві затінення робочих поверхонь і до освітлення яких не пред'являються особливі вимоги (наприклад, допоміжні і складські приміщення, комори, коридори і т.п.). В основу даного методу покладено результати багаточисельних розрахунків середніх значень потужності джерел, які приходяться на 1 м^2 освітлювальної поверхні. При наявності даних про: тип світильника, нормовану освітленість E_H , значення розрахункової висоти H_p , коефіцієнт запасу k_z , коефіцієнти відбиття поверхонь ($\rho_c, \rho_n, \rho_{ct}$) та площі приміщення S , по вище згаданим таблицям, визначають необхідну питому потужність джерела світла $P_{пит}$, яка буде забезпечувати необхідні умови освітлення. Після вирішення питання з розташуванням світильників та їх кількістю N , визначають потужність джерела світла P_d по формулі:

$$P_d = \frac{P_{пит} S}{N}$$

Метод питомої потужності в зрівнянні з методом коефіцієнта використання

світлового потоку дає похибку в розрахунках $\pm 20\%$, що допустимо при визначенні потужності освітлювальної установки.

Алгоритм світлотехнічного розрахунку даним методом:

1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.
2. Визначити систему та вид освітлення.
3. Вибрати джерело світла.
4. Вибрати тип світильника.
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .
6. Визначити коефіцієнт запасу k_z .
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z .
8. Визначити значення висот:
 - підвісу h_n ;
 - робочої поверхні $h_{p.n.}$;
 - розрахункової H_p .

$$H_p = H - h_n - h_{p.n.}$$

9. Для вибраного типу світильника визначити най-вигіднішу світлотехнічну λ_c та економічну λ_e від-стань між світильниками в ряду.

10. Розрахувати відстань між світильниками по довжині L_A і ширині L_B приміщення:

$$L_A = L_B = (\lambda_c - \lambda_e) \cdot H_p$$

11. Визначити значення відстані рядусвітильників від стін l_A , l_B :

При наявності робочих місць у стін:

$$l_A = 0,3L_A ;$$

$$l_B = 0,3L_B .$$

При відсутності робочих місць у стін:

$$l_A = 0,5L_A ;$$

$$l_B = 0,5L_B .$$

12. Визначити кількість рядівсвітильників N_B .

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1$$

13. Визначити кількість світильників в ряду N_A .

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L_A} + 1$$

14. Розрахувати загальну кількістьсвітильників у приміщенні N_Σ .

$$N_\Sigma = N_A \cdot N_B$$

15. Для вибраного світильника знаходимо питому потужність $P_{\text{пит.}}$.

16. Визначаємо розрахункову електричну потужність всієї освітлювальної установки $P_{\text{вст.}}$.

$$P_{\text{вст.}} = P_{\text{пит.}} \cdot S$$

17. Визначаємо потужність однієї лампи P_L :

$$P_L = \frac{P_{BCT}}{N_\Sigma}$$

18. Вибрати тип лампи близькою запотужністю.

19. Розрахувати відхилення ΔP потужності вибраної стандартної лампи з розрахунковою потужністю лампи.

$$\Delta P = \frac{(P_{CT} - P_L) \cdot 100}{P_L}$$

20. Порівняти потужність лампи розрахунковий P_{lp} та P_{cm} і перевірити виконання умови.

$$-0,2P_{lp} \leq P_{lc} \leq 0,2P_{lp}$$

21. Якщо умови п.20 не виконуються, то необхідно обрати інше значення λ_c і λ_e , або змінити висоту підвісу сві-тильника та здійснити розра-хунки по пунктам 9-13 і 18-20.

22. Розрахувати сумарну потужність всієї установки (установлену потужність) $P_{уст.}$.

$$P_{уст.} = P_L \cdot N_\Sigma$$

де P_L - потужність вибраної лампи, Вт.

23. Визначити питому потужність $P_{p.ит.}$.

$$P_{p.ит.} = \frac{P_{уст.}}{S}$$

Для малих приміщень, в яких передбачено встановлення тільки одного світильника з лампою розжарювання, потужність лампи визначають по таблиці №1.

Таблиця №1

«Визначення потужності ламп для малих приміщень при установці в приміщенні одного світильника»

S, м ²	Потужність лампи, Вт, при освітленні, лк, яка дорівнює			
	10	20	30	50
2	25	60	60	100
4	40	60	100	150
6	40	100	100	150
8	60	100	150	200
10	60	100	150	200

8.2 Точковий метод лінійних ізолюкс

Точковий метод розрахунку в застосуванні до освітлювальних установок з лінійними випромінювачами (люмінесцентними лампами) називають методом *лінійних ізолюкс*. Цей метод застосовується у тих випадках, коли окремо встановлені світильники з люмінесцентними лампами або їх ряди можливо розглядати як світні лінії. Основною підставою для визначення світлової лінії є наступні умови:

- довжина L окремого світильника або їх ряду повинна бути *більше половини*

розрахункової висоти H_p , тобто: $L > 0,5 H_p$;

- відстань між світильниками в ряду 1_p повинна бути менше половини розрахункової висоти H_p , тобто: $1_p < 0,5 H_p$ (рис. 1).

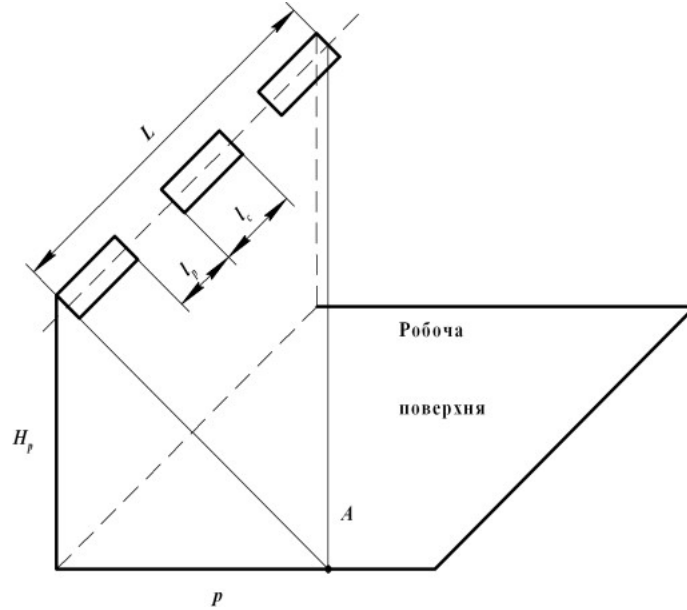
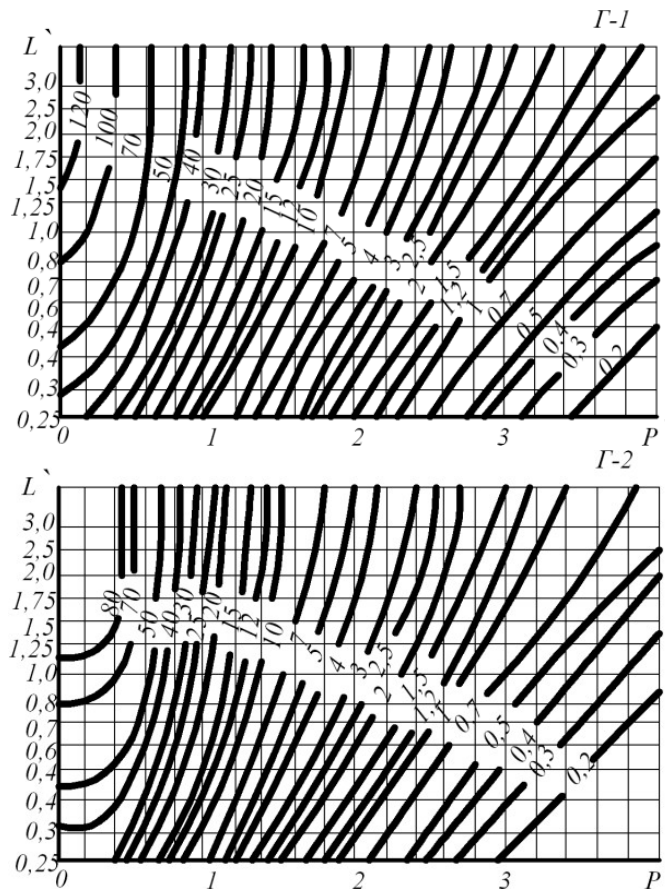


Рис. 1 – До розрахунку освітленості, яка створюється у точці світловою лінією

Розрахунок освітленості проводять за допомогою графіків лінійних ізолюкс, які представлені на рис. 2.



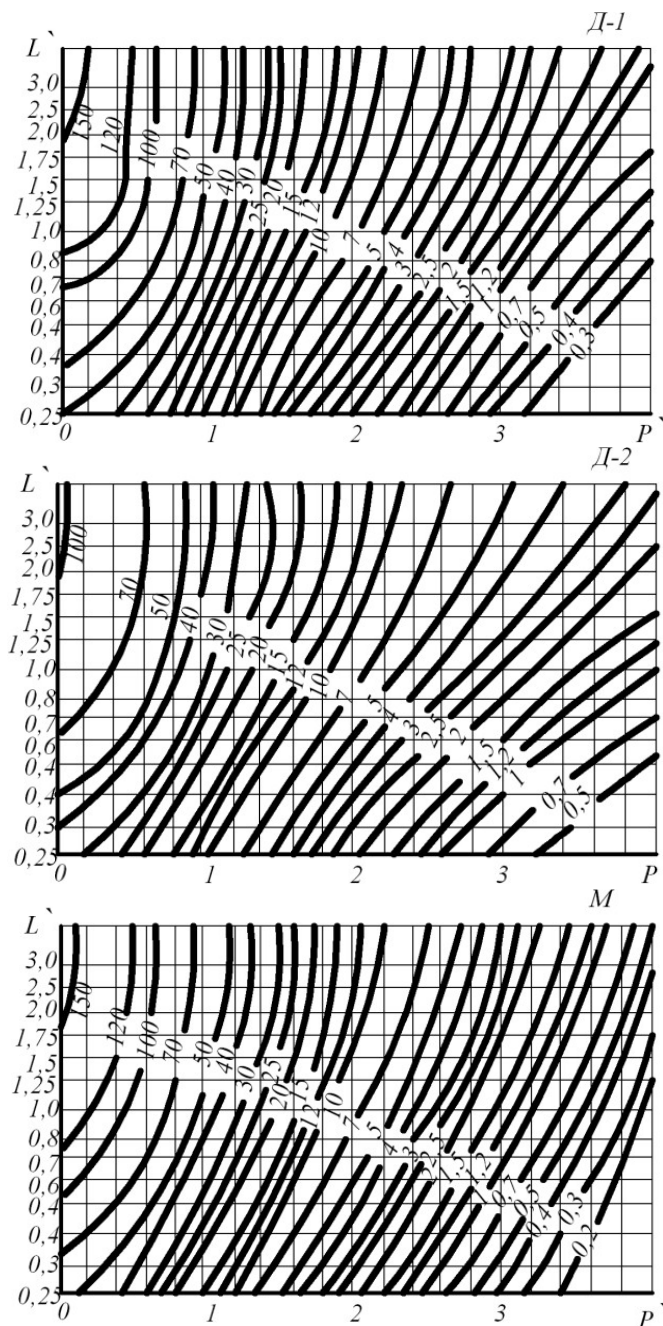


Рис. 2 – Криві рівної освітленості для світлових ліній з найбільш розповсюдженими світильниками з люмінесцентними лампами і різними повздовжніми деталізованими кривими сили світла Г-1, Г-2, Д1, Д-2, М

Лінійні ізолюкси - це залежності відносної освітленості e^* від відносних значень L^* (відносна довжина світлової лінії $L^* = L/Hp$) та p^* (відносна відстань контрольної точки від проекції світлової лінії на робочу поверхню $p^* = p/Hp$), тобто $e^* = f(p^*, L^*)$, які побудовані при умовах, що 1 м довжини світлової лінії дає світловий потік в 1000 лм, а висота лінії над робочою поверхнею дорівнює 1 м.

При користуванні графіками лінійних ізолюкс слід враховувати, що лінії, для яких $L^* > 4,0$ або $p^* > 4,0$, при розрахунках практично розглядаються як безмежно довгі і значення умовної освітленості e^* знаходять на пересіканні або $L^* = 4,0$, або $p^* = 4,0$, або $L^* = 4,0$ і $p^* = 4,0$.

Основна розрахункова формула методу:

$$\Phi_{роз} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma_e}$$

де $\Phi_{роз}$ – щільність світлового потоку, лм/м; E_n – нормована освітленість, лк; k_3 – коефіцієнт запасу; H_p – розрахункова висота; μ – коефіцієнт, який враховує дію віддалених світильників і відбитий світловий потік ($\mu = 1,1 - 1,3$); Σ_e – сумарна умовна відносна освітленість в розрахунковій точці, яка визначається за графіками лінійних ізолюкс (див. рис. 2).

При розрахунках слід враховувати наступне:

- розрахункова точка вибирається в місцях, де задається нормована освітленість;
- при загальному рівномірному освітленні розрахункова точка, як правило, вибирається між рядами;
- якщо $Nlc = L$ (що трапляється дуже рідко), то світильники розташовуються у безперервний ряд; (N – кількість світильників в ряду; lc довжина світильника);
- якщо $Nlc < L$, то світильники розташовують у ряд з невеликими розривами $1p$, але при цьому повинна виконуватися умова 2 ($1p < 0,5H_p$);
- якщо $Nlc > L$, то можливо наступні варіанти:
 - а) обрати лампу більшої одиничної потужності;
 - б) зближення рядів і, як наслідок, збільшення кількості світильників;
 - в) розміщення у кожному ряді світильників з більшою кількістю ламп;
 - г) створення кожного ряду із двох і більше ліній світильників;
- при довгих рядах світильників зменшення освітленості на кінцях рядів компенсується продовженням лінії на $0,5H_p$ за межі освітлювальної поверхні, або доповнюють повздовжніми рядами світильників по торцях ліній.

Алгоритм світлотехнічного розрахунку даним методом:

1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.
2. Визначити систему та вид освітлення.
3. Вибрати джерело світла.
4. Вибрати тип світильника.
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z .
8. Визначити значення висот: підвісу h_n ; робочої поверхні $h_{p.n.}$; розрахункової H_p .
9. Для вибраного типу світильника визначити най-вигіднішу світлотехнічну λ_c та економічну λ_e від-стань між світильниками в ряду.
10. Розрахувати відстань L_B між рядами світильників:

$$L_B = (\lambda_c - \lambda_e) H_p$$

11. Визначити значення відстані ряду світильників від стіни l_B .

При наявності робочих місць у стін:

$$l_B = 0,3L_B.$$

При відсутності робочих місць у стін:

$$l_B = 0,5L_B.$$

12. Визначити кількість рядів світильників N_B .

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1$$

13. Визначити довжину півряду L .

$$L = \frac{A}{2}$$

14. Визначити відстань p від розрахункової точки A до світлового ряду. Розрахункову точку вибираємо посередині приміщення між рядами.

$$p = L_B / 2$$

15. Визначити відношення p^* :

$$p^* = p / H_p$$

16. Визначити відношення L^* :

$$L^* = L / H_p$$

17. Визначити умовну освітленість e по графікам лінійних ізолюкс в залежності від L^* , p^* : Дивись рисунок 1.

18. При освітленні точки A декількома рядами або їх частинами відносну освітленість визначають від кожного ряду окремо і складають Σe .

$$\Sigma e = e^* N_B$$

19. Визначити необхідний світловий потік ряду $\Phi_{розр.}$ довжиною в 1 м.

$$\Phi_{розр.} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa_z \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma e}$$

20. Вибрати тип лампи з світловим потоком $\Phi_{лр.}$

21. Визначити повний потік ламп в ряду $\Phi_{ряду}$.

$$\Phi_{ряду} = \Phi_{розр.} \cdot A$$

22. Визначити світловий потік 1 світильника $\Phi_{св.}$

$$\Phi_{св.} = \Phi_{л} \cdot n$$

23. Визначити кількість світильників в ряду N_p .

24. Визначити розриви між світильниками $1p$ в ряду.

$$N_{ряда} = \frac{\Phi_{ряду}}{\Phi_{св}}$$

25. Перевірити умову неприривності ряду.

$$1p < 0,5H_p$$

26. При виконанні умови п. 25 визначаємо встановлену потужність $P_{вст.}$

$$P_{вст.} = 1,25 \cdot P_{л} \cdot n \cdot N_B \cdot N_A$$

27. Визначаємо питому потужність всієї установки $P_{пит.}$

$$P_{пит.} = \frac{P_{вст.}}{S}$$

28. Визначити із довідкової літератури питому потужність в залежності від типу світильника і площі приміщення $P_{пит.}$

29. Визначити встановлену потужність $P_{вст.}$

$$P_{\text{вст}} = P_{\text{пит}} \cdot S$$

30. Визначити кількість світильників в ряду N_p .

$$N_p = \frac{P_{\text{вст.}}}{P_{\text{св.}} \cdot N_B}$$

31. Приймаємо нову кількість світильників і визначаємо фактичні розриви між світильниками l_p факт.

$$l_{p\text{факт.}} = \frac{A - l_{\text{св.}} \cdot N_{\text{ряда}}}{N_{\text{ряда}}}$$

32. При виконанні умови п.25 визначаємо встановлену потужність ламп $P_{\text{вст.}}$.

$$P_{\text{вст}} = P_L \cdot N$$

33. Визначити питому потужність всієї установки $P_{\text{пит.}}$.

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{вс}}}{S}$$

8.3 Точковий метод просторових ізолюкс

Метод дозволяє визначити світловий потік джерел, необхідний для створення певної освітленості в будь-якій точці довільно розміщеній на площині при відомій розстановці світильників і умові, що відбитий від стіни, стелі і робочої поверхні світловий потік не створить суттєвої освітленості в розглянутій точці. Даний метод використовують при перевірці розрахунків освітлення, а також при прямих розрахунках: загального локалізованого освітлення; місцевого освітлення; освітлення негоризонтальних площин; зовнішнього освітлення (вулиць, площ, відкритих просторів). Точковий метод враховує тільки освітленість від світлового потоку, що безпосередньо потрапляє від світильника в розрахункову точку.

Суть методу полягає в тому, що потрібний світловий потік від світильника визначають, виходячи з умов, що в кожній точці освітлюваної поверхні освітленість не повинна бути меншою нормованої. При цьому в розрахунковій точці визначають не дійсну, а умовну освітленість, так як світловий потік обраних світильників на початку розрахунку невідомий. Умовна освітленість e визначається за графіками просторових ізолюкс. Графік просторових ізолюкс для певного світильника представляє собою сімейство кривих, які є геометричним місцем точок, які мають рівну горизонтальну освітленість. Такі графіки для світильників з умовною лампою із світловим потоком 1000 лм побудовані в осях $d - h$, де d - відстань на плані від проекції світильника до точки, в якій визначається освітленість, h - розрахункова висота (H_p) (рис. 3).

Основна розрахункова формула методу:

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu \Sigma e}$$

де E_n - нормована освітленість, лк; k_z - коефіцієнт запасу; μ - коефіцієнт, що враховує освітленість віддалених світильників і залежить від їх типу ($\mu = 1,1 - 1,2$); Σe - сумарна умовна освітленість, лк.

При розрахунках слід враховувати наступне:

- розрахункова точка вибирається в місцях, де нормована освітленість може виявитися найменшою;
- якщо точка освітлюється одночасно декількома світильниками, то її освітленість дорівнює сумі освітленостей, які створюються кожним з них окремо;
- при визначенні освітленості у контрольній точці враховують лише найближчі до неї світильники;
- дію віддалених світильників враховують коефіцієнтом додаткової освітленості μ .

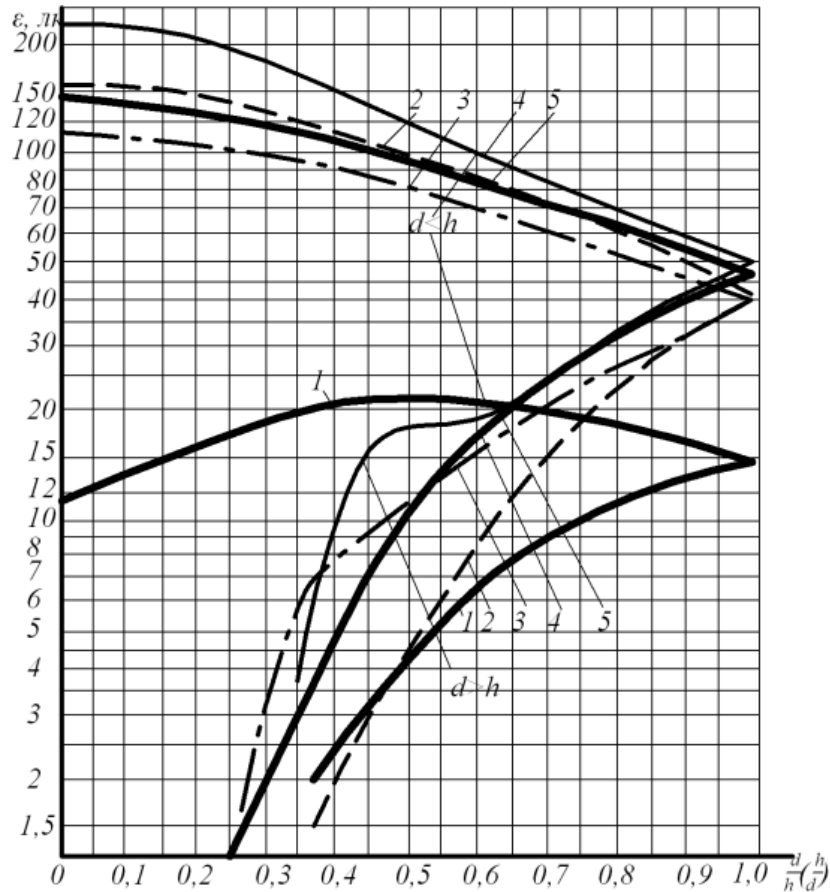


Рис. 3 – Графіки просторових ізолюк для світильників: 1 – СВ і СВР; 2 – СПОР; 3 – СПО-2-200; 4 – СПП-200М; 5 – СПО-200

При розрахунках освітлення похилих поверхонь поступають наступним чином. Через розрахункову точку похилої поверхні проводять допоміжну горизонтальну поверхню, на якій і ведуть розрахунок освітленості E_g (рис. 4).

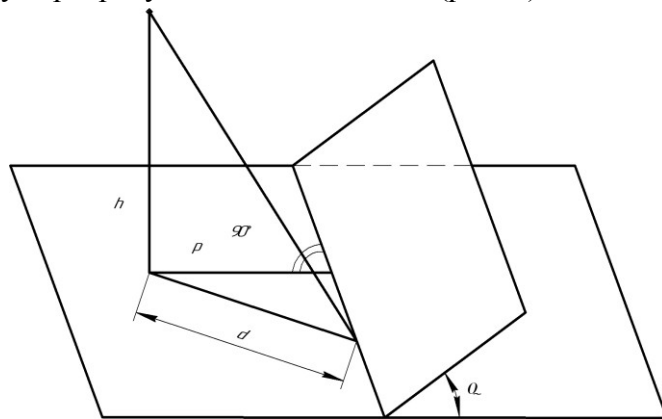


Рис. 4 – До розрахунку освітленості похилої поверхні

Освітленість похилої поверхні E_{Π} у тій самій точці визначають по співвідношенню:
 $E_{\Pi} = \Psi E_{\Gamma}$, де $\Psi = \cos\theta \pm (p/h) \sin\theta$.

Алгоритм даним методом:

1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.
2. Визначити систему та вид освітлення.
3. Вибрати джерело світла.
4. Вибрати тип світильника.
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z .
8. Визначити значення висот: підвісу h_n ; робочої поверхні $h_{p.л.}$; розрахункової H_p .
9. Визначити відстань в плані від розрахункової точки до проекції світильника d .
10. Визначитись з умовою вибору сумарної відносної освітленості.

$$\frac{h_{nid}}{d} \leq 1 \quad \text{або} \quad \frac{d}{h_{nid}} \leq 1$$

11. По графікам просторових ізолюкс визначити e_i . Дивись рисунок 3 $e_i = \sum e_i$.
12. Визначаємо необхідний світловий потік лампи $\Phi_{л.}$.

$$\Phi_{розр.} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot h^2_{nid}}{\sum_e}$$

13. Вибрати тип лампи з світловим потоком найближчим до розрахункового $\Phi_{лр.}$.
14. Порівняти світловий потік лампи розрахунковий $\Phi_{лр}$ та фактичний $\Phi_{лф}$ і перевірити виконання умови.

$$-0,1\Phi_{лр} \leq \Phi_{лф} \leq 0,2\Phi_{лр}$$

15. Якщо умови п.14 не виконуються: Змінити висоту підвісу світильника і перейти до виконання пунктів 8-14.

По результатам світлотехнічних розрахунків виробничих приміщень любим із методів повинна складатися світлотехнічна відомість.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису методів розрахунку освітлення.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Установки електричного освітлення. Класифікація і основні характеристики світильників. Прожектори.

ТЕМА №9. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з методикою розрахунку та вибору опромінювальних установок.

План лекції

1. Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту.

2. Основні положення розрахунку тепличних опромінювальних установок.
3. Розрахунок установок для опромінення з точковими джерелами випромінювання.
4. Розрахунок установок для опромінення з лінійними джерелами випромінювання.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

9.1 Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту

Теплиця є складним інженерним спорудженням, яка дозволяє підтримувати кліматичні умови, необхідні для вирощування тієї чи іншої рослинної культури протягом холодних місяців року. Для цього всередині теплиці необхідно підтримувати не тільки необхідну температуру, але також і інші параметри, що впливають на зростання рослин і їх врожайність.

Одним з таких важливих параметрів є кількість світла, одержуваного рослиною протягом світлового дня, тому що під його впливом здійснюється життєво важливий для рослин процес фотосинтезу. Існує модель світла як потоку світлових частинок. Ці частинки отримали назву квантів, або фотонів. Енергія фотона залежить від довжини світлової хвилі. Показник кількості фотонів, який випромінюється в секунду в діапазоні 400-700 нм, називається фітопоток і вимірюється в мкмоль/с. Фітопотік, як одиницю вимірювання, можна порівняти з люменом, проте в основі фітопотіку лежить реакція рослин на світло. Фітопотік характеризує вміст у загальному випромінюванні енергії, потенційно доступної рослинам для здійснення фотосинтезу. Енергія фотона світла з довжиною хвилі 400 нм (синє світло) в 1,75 рази вище енергії фотона з довжиною хвилі 700 нм (червоне світло), але обидва фотона надають однаковий ефект на процес фотосинтезу. При цьому надлишок енергії «синього» фотона перетворюється в тепло.

Інтенсивність фотосинтезу визначається не сумарною енергією фотонів, а їх кількістю, які поглинаються рослинами. Кількість фотонів, що приходять за секунду на одиницю поверхні, називається щільністю фітопотіку. Щільність фітопотіку найбільш точно характеризує світло необхідне для фотосинтезу. Щільність фітопотіку вимірюється в фотонах в секунду на квадратний метр мкмоль/(с·м²).

У регіонах земної поверхні, між 40-ю і 80-ю паралелями в зимові місяці спостерігається значне скорочення кількості денного світла. Мінімальна його кількість взимку складає 1/10 частини від загального. Це викликано скороченням зимового дня в поєднанні з низькою інтенсивністю світла, випромінюваного сонцем, що висить низько над горизонтом, а також високою хмарністю. У таких умовах кількість світла стає обмежуючим фактором і боротися з цим можна тільки за допомогою додатково виробленої світлової енергії. Отже, основне питання: скільки світла потрібно добавляти кожен день, щоб досягти оптимальної кількості світлової енергії.

Для штучного опромінення рослин промисловість виготовляє стаціонарні тепличні опромінювачі: ОТ-400 з лампою ДРЛФ400; ОТ-1000 з лампою ДРФ1000; ГСП26-400 і ГСП26-1000 з лампами ДРИ400 і ДРИ1000; ОТ-2000 з лампою ДРОТ2000; РСП15- 2000 з лампою ДРЛ2000; ССП03-750 з лампою ДРВ750; РСП26-125 з лампою ДРЛ125; ЖСП18-

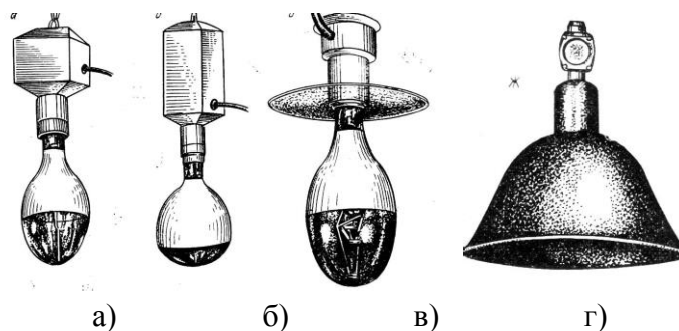
400 з лампою ДНаТ400; ЖСП 70–400, ЖСП 70-600 з лампою ДНаТ400, ДНаТ-600; серії ОГС01 «Фотос» з лампами ДРИ1000, 2000, 3500 і ДМЗ 3000; типу 02ДП «Світлотрон» з лампою ДРИ2000; опромінювачі з лампами ЛФ і ЛФР, змонтованими в рамках-касетах, наприклад, ОТ 6×40, та ін.

Особливий інтерес представляє новий клас комплектних високоефективних опромінювальних установок типу плоский світловод, світловий карниз, світло - тронний карниз і інші, практичне використання яких дозволяє зменшити на 26-38 % експлуатаційні витрати, на 15-20 % втрати оптичного випромінювання і в 2-3 рази металоємність конструкцій. Так, опромінювальні установки світлонепроникних споруд (теплиць-камер без природнього освітлення) типу плоский світловод освоєні серійно у вигляді пристрою модифікації СКОУ, а типу світловий карниз - у вигляді двох модифікацій; СОРТ-2-2-3К з опромінювачами КОРТ-2000 і лампами ДРОТ2000, і УОРТ-2-3000-1 з опромінювачами ОТ- 3000К і лампами ДМ4 3000. У ангарних теплицях з шириною прольоту 18 м застосовують опромінювальні установки типу СОРТ-1-10 з лампами ДКсТЛ10000, УОРТ-2-3000 з лампами ДМ4 3000 і ДМЗ 3000, а також УОРТ-1-6000 з лампами ДМ4 6000, що поставляються, в комплекті з системами управління, контролю, захисту та сигналізації. У селекційних і вегетаційних теплицях і оранжереях, кліматичних камерах і шафах використовують опромінювальні установки типів УВР і ФОУ з лампами ДКсТВ6000, УИС-1 з лампами ДПКс1500, серії ВОУ, що поставляються в залежності від модифікації з лампами ЛФР150 і дзеркальними лампами розжарювання ЗШ 220-230-300 (ВОУ-1 і ВОУ-1М), ДРЛФ400 і дзеркальними лампами розжарювання ЗШ 220-230-300 (ВОУ-П-1 і ВОУ- ПМ), ДРФ1000 (ВОУ-П-2).

Загальний вигляд і технічні характеристики тепличних опромінювальних установок, наведені на рис. 1.

При опроміненні рослин у промислових теплицях та вегетаційних кліматичних спорудах найбільш широкого поширення набули опромінювачі ОТ-400 і ОТ-400М (модернізований варіант), який відрізняється простотою конструкції і надійністю в експлуатації.

Опромінювачі ОТ-400 (ОТ-400М) складаються з вузла підвісу 1, пуско регулюючої апаратури джерела випромінювання 2, фарфорового патрона з ущільнювачем з термостійкої силіконової гуми 3, одного або двох відрізків шлангового кабелю КРПТ 3×2, 5, один з яких оснащений триштирковою вилкою, а другий – триштирковою розеткою 4 і газорозрядної лампи високого тиску типу ДРЛФ400, (рис. 3.).



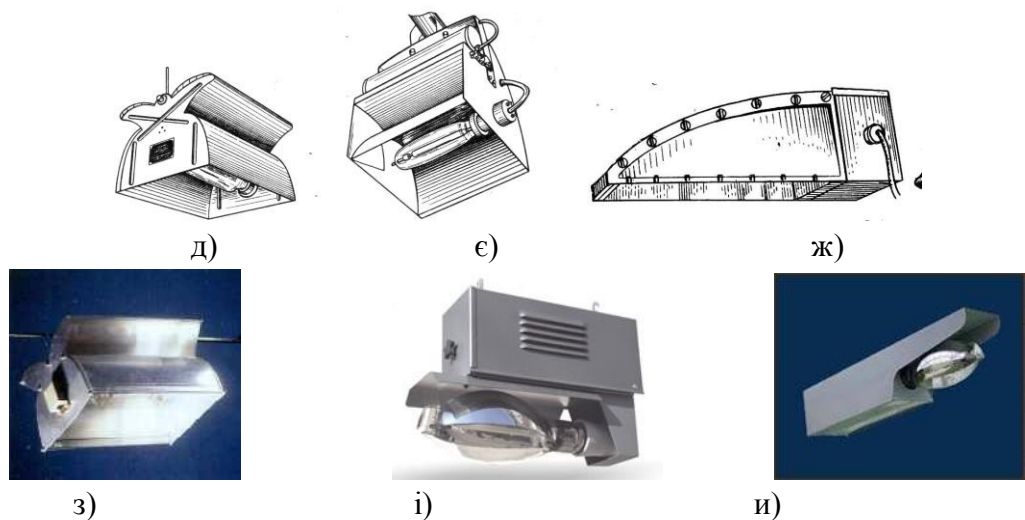


Рис. 1. - Загальний вигляд тепличних опромінювальних установок: а) ОТ-400; б) ОТ-1000; в) ССП03-750-001; г) ГСП26-400-001; д) ОГС «Фотос»; е) ЖСП18-400; ж) 02ОП «Світлотрон»; з) ГСП 30-2000-001; і) ЖСП-70-400; и) ЖСП62-400 «Флора»

У корпусі розміщується індуктивний або індуктивно-ємнісний баластний пристрій. Опромінювачі поділяються на дві модифікації: ОТ- 400И або ОТ-400МИ і ОТ-400Е або ОТ-400МЕ. Обидві модифікації мають коефіцієнт потужності близько 0,5-0,55, але в одній струм відстає від напруги, а в другій випереджає його, що дозволяє при одночасному використанні обох модифікацій отримувати коефіцієнти потужності опромінювальними установками близькими до одиниці.

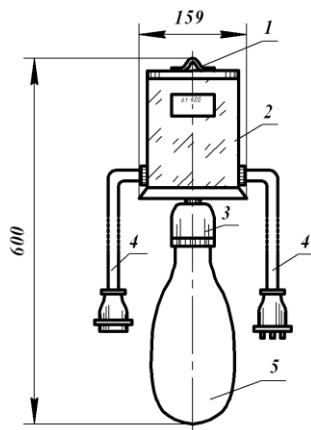


Рис. 2 – Тепличний опромінювач ОТ-400: 1 – вузол підвіски; 2 – ПРА джерела випромінювання; 3 – фарфоровий патрон із ущільнювачем; 4 – кабель живлення опромінювача; 5 – лампа ДРЛФ-400

Опромінювачі підключають до однофазної мережі напругою 220 В за допомогою вилок і розеток попарно, які створюють герметичні обрешинені з'єднувачі і допускають об'єднання в групу з послідовним живленням і заземленням корпусів до п'яти опромінювачів. ККД опромінювача - не менше 90 %.

Подібну конструкцію має також опромінювач ОТ-1000И-011 (ОТ- 1000МИ (рис. 2.16, б). Його технічні параметри: напруга живильної мережі - 220 В, ККД - не менше 90 %.

У корпусі опромінювача разом з індуктивним баластовим пристроєм встановлено

універсальний імпульсний запальвальний пристрій типу УИЗУ-220-02ХЛ.

Опромінювач ССП03-750-001 (рис. 1, в) також уніфікований в деяких комплектуючих деталях з опромінювачем ОТ-400. Номінальна напруга живлення опромінювача - 220 В змінного струму, ККД - не менше 85%. Коробка застосовується для забезпечення герметичного введення шлангового кабелю і складається із двох кришок, між якими укладений циліндричний пасок. Опромінювач забезпечений кабельним роз'ємом для підключення до магістральної мережі через відгалужувальні коробки, по одній на шість опромінювачів.

На зміну опромінювачам ОТ-400 і ОТ-1000 прийшли світильники- опромінювачі ГСП26-400-001 і ГСП26-1000-001. Для опромінення розсади в індивідуальних підсобних господарствах освоєно світильник- опромінювач РСП26-125 з лампою ДРЛ125.

Світильники опромінювачі ГСП26-400-001 і ГСП26-1000-001 містять єдиний, уніфікований для обох варіантів, корпус зі скобами для монтажу з оригінальним пристроєм для одночасного кріплення до нього розподільної коробки і патрона (рис.1, г). Залежно від потужності лампи світильники опромінювачі комплектуються кругло симетричним відбивачем, проміжним фланцем і Г-подібними скобами, які забезпечують вентиляційний зазор і кріплення відбивача до корпусу. Необхідна ступінь захисту забезпечується кільцевим ущільненням лампи з термостійкої гуми. Незалежні ПРА ламп можуть бути встановлені на відстані не більше 4 м від світильника опромінювача.

Опромінювач РСП15-2000-01 складається з корпусу, відбивача, незалежного ПРА і лампи ДРЛ2000. У корпусі закріплено фарфоровий патрон і клемна колодка. Номінальна напруга живлення опромінювача - 380 В змінного струму, ККД - не менше 75 %.

На рис. 1 (є) показано загальний вигляд опромінювача ЖСП18- 400-001-ХЛ4, а на рис. 3 елементи конструкції даного опромінювача.

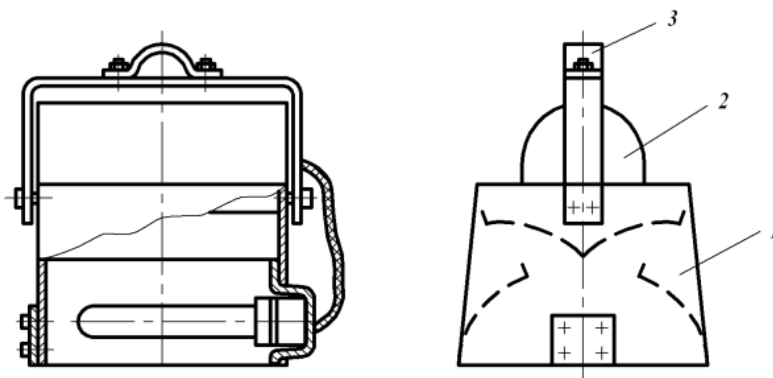


Рис. 3. - Елементи конструкції опромінювача ЖСП18-400-001-ХЛ4: 1 – корпус з дзеркальним відбивачем; 2 – блок ПРА; 3 – вузол підвісу

В опромінювачі ЖСП18-400-001-ХЛ4 корпус виконаний з дзеркальними відбивачами: основними - циліндричної форми, і допоміжними - торцевими у вигляді вертикально розташованих площин. На корпусі або окремо від нього кріпиться блок пускорегулюючої апаратури з універсальним імпульсним запальючим пристроєм УИЗУ-220-02ХЛ і конденсатором ЛСМ-400-40. Вузол кріплення дозволяє підвішувати опромінювач на гнучкому шнурі, тросі, ланцюгу, трубі за допомогою хомута. До мережі змінного струму напругою 220 В опромінювач підключають за допомогою шлангового кабелю КРПТ перетином жили 2,5 мм². ККД опромінювача - не менше 75 %.

Опромінювач ОТ-2000 призначений для заміни опромінювача ОТ- 400 і в деякій мірі усуває його недоліки: малу одиничну потужність і низьку світову віддачу лампи ДРЛФ400, спектр випромінювання якої не є достатньо ефективним для вирощування рослин; неефективне використання потоку випромінювання лампи та розміщення ПРА разом з нею, за рахунок чого опромінювач стає важчим. Корпус опромінювача виконаний з алюмінію. Зниженню його маси сприяє також розміщення баластного дроселя на відстані. В якості джерела світла в опромінювачі ОТ-2000 використана високоефективна металогалогенна лампа ДРОТ2000. ККД опромінювача - не менше 70 %, ККД ФАР лампи - не менше 25%, номінальна напруга живлення - 380 В, 50 Гц, споживана потужність - 2000 Вт при коефіцієнті потужності рівному 0,6. Електрична схема опромінювача ОТ-2000 наведена на рис. 4.

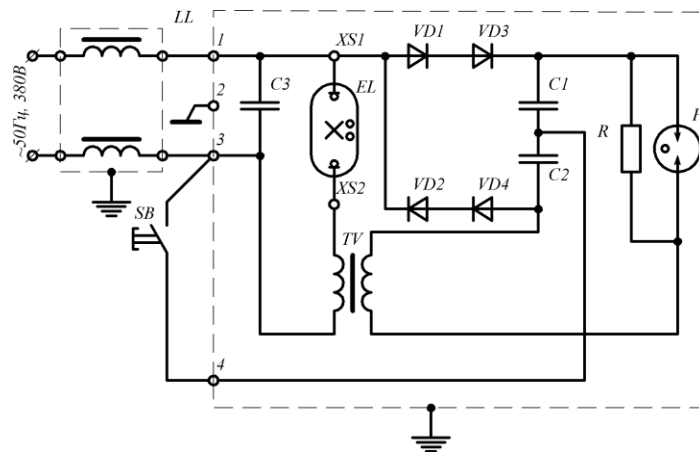


Рис. 4 – Схема електрична принципова включення опромінювача ОТ-2000

Тепличні опромінювачі ОГС01 серії «Фотос» розраховані для роботи від трифазної мережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю частотою 50 Гц з номінальною напругою 380/220 В. Вони складаються з корпусу, блоку пускорегулювальної апаратури з імпульсним запалювальним пристроєм і блоку з компенсуючими конденсаторами типу ЛСМ-400-7,8У1. Блок ПРА з'єднується з корпусом кабелем завдовжки 4 м з гумовим роз'ємом.

Опромінювачі випускають в шести модифікаціях. Вони можуть експлуатуватися в закритих приміщеннях при температурі + 10- 35°C і відносній вологості повітря до 95%. Загальний вигляд опромінювача ОГС «Фотос» представлений на рис. 1, д.

Для підвищення коефіцієнта використання світлового потоку практичний інтерес представляє застосування в опромінюючих установках дзеркальних відбиваючих поверхонь-склепінь. Прикладом тому є опромінюючі комплекси КОП2-001 (002) «Світлотрон», який представляє собою сукупність протяжних поверхонь, виготовлених з металізованої поліетилен-терефталатної плівки шириною близько 0,6 і довжиною до 36 м. Кінці плівки зафіксовані у вузлах кріплення, повороту та лінійного переміщення; при цьому осі повороту паралельні, а джерела випромінювання розташовані в площині симетрії поверхонь, на лінії, паралельної осях їх повороту. У таких установках використовують високоефективні металогалогенні лампи типу ДРИ2000-6, що дозволяє, в порівнянні з установками з опромінювачами ОТ-400, при приблизно однаковій встановленій електричній потужності збільшити в 3-4 рази рівень опромінення рослин в області ФАР при більш сприятливій просторовій структурі світлового поля. ККД

опромінюючої установки - не менше 80% при коефіцієнті використання світлового потоку близько 70%. У опромінюючих установках вегетаційних камер і боксів, кліматичних шаф і стелажів також приймаються спроби використовувати дзеркальні відображаючі поверхні для перерозподілу в заданому напрямленні світлового потоку і формування сприятливої просторової структури світлового поля в зоні знаходження рослин. Наприклад, в конструкції арматур 020П та 02ДП «Світлотрон» передбачено поворотом металевих дзеркалізованих відбивачів регулювати рівномірність освітленості рослин і створювати необхідний світловий та тепловий режим (рис. 1, ж).

Опромінююча арматура «Світлотрон» працює від трифазної мережі змінного струму частотою 50 Гц з глухозаземленим нульовим проводом і лінійною напругою 380 В. Джерело випромінювання - металогалогенна газорозрядна лампа високого тиску ДРИ2000-6. Рівень створюваної освітленості в площині світлового отвору - не менше 50 клк при нерівномірності не більше 20%.

У блочних та ангарних теплицях і оранжереях використовують систему опромінювання рослин СОРТ-1-10, яка відрізняється: спектром випромінювання, найбільш близьким до сонячного; компактною конструкцією, яка мінімально затемнює природне світло і не перешкоджає догляду за рослинами; відсутністю баластних пристроїв для ламп; групувою схемою включення, яка забезпечує одночасне запалювання всіх джерел. Система СОРТ-1-10 являє собою модуль, що складається з 6 опромінювачів з дуговими ксеноновими лампами типу ДКсТЛ 10000, блоку управління запалюванням і високовольтних з'єднувальних проводів.

Блок управління запалюванням виконаний у вигляді металевої шафи, в якій розміщені високовольтний трансформатор до 4 кВ і апаратура місцевого та дистанційного керування запалюванням. Принципова електрична схема СОРТ-1-10 володіє рядом суттєвих переваг, так як запалювання ламп здійснюється одночасно від одного пускового пристрою, що може розташовуватися від самого віддаленого опромінювача на відстані до 80 м у будь-якому зручному місці теплиці. За рахунок того, що відбивачі опромінювачів покриті білим кремнійорганічним селективним забарвленням, яке інтенсивно поглинає інфрачервоне випромінювання, в системі значно зменшена частка інфрачервоного випромінювання лампи ДКсТЛ, що потрапляє на рослини.

Технічна характеристика системи СОРТ-1-10: номінального напруга живлення - 380/220 В змінного струму частотою 50 Гц; номінальна потужність модуля - 60 кВА; габарити: опромінювача - 1570×390×250 мм, блоку управління запалюванням - 560×215×916 мм; маса: опромінювача - 30 кг, блока керування запалюванням - 60 кг; площа теплиці, яка опромінюється одним модулем - до 200 м²; освітленість на опромінювальній поверхні - до 10 клк.

Однією з найбільш прийнятних для опромінювання розсади та дорослої культури в ангарних теплицях є опромінююча установка комплексної поставки типу УОРТ-1-6000, яка складається з опромінювача типу ОТ-6000 з лампою типу ДМ4 6000 і блоку управління. Опромінювач містить корпус з відбивачем і універсальний імпульсний запалюючий пристрій типу УИЗУ-220-02ХЛ1. У корпусі блоку управління розміщені автоматичний вимикач, електромагнітний пускач для включення лампи, реле часу для відключення кола запалювання лампи, сигнальні лампи, перемикач режимів дистанційного то місцевого управління, запобіжник захисту кола керування від аварійних режимів, кнопки управління та дросель. Установка укомплектована спеціальним ПРА.

Габарити: опромінювача - 960×440×320 мм, блоку керування - 788×310×575 мм; маса: опромінювача - 20 кг, блоку управління - 120 кг, термін служби установки - 10 років.

Застосування трифазної металогалогенної лампи ДМ4 6000 в установці УОРТ-1-6000 дозволяє здійснювати симетричне навантаження фаз мережі, знизити більш ніж в 3 рази масу ПРА, в порівнянні з опромінювачем типу ОТ-400, зменшити ємність компенсаційних конденсаторних установок. В установці УОРТ-1-6000 передбачено захист від виходу з ладу одного або декількох електродів лампи ДМ4 6000 і обриву одного з проводів живильної мережі, тобто від асиметричного завантаження фаз. Як бачимо, номенклатура і технічні характеристики тепличних опромінювачів і установок постійно удосконалюються. На зміну низько ефективному і недостатньо комплектному світлотехнічному обладнанню розробляється і постачається нове.

Так, опромінюючі прилади типів РСП15-2000, ЖСП18-400, ГСП26-1000 та серії ОГСО1 «Фотос» дозволяють з меншими приблизно в 2 рази витратами електричної енергії (у порівнянні з опромінювачами ОТ-400 і ССП03 -750) забезпечити необхідні для інтенсивної світло культури рівні опромінення в області ФАР. Опромінююча установка з лампами ДРФ1000 в порівнянні з ДРЛФ400 дозволяє на 30-40% знизити питому встановлену потужність, в 4 рази витрати праці на обслуговування, приблизно в 2,6 рази прямі витрати експлуатації і суму наведених витрат на річний обсяг виробки.

Порівняльне зіставлення різних установок дозволяє розташувати всі опромінювачі в наступному порядку:

- в міру зростання питомих (на 1 м² опромінювальної поверхні) початкових капітальних вкладень - ССП03-750, ОТ-400М, ГСП26-400, ОТ-1000И, ЖСП18-400, ГСП26-1000, ОГСО1-2000 «Фотос-4», СОРТ-1-10, ОТ-2000, 020П «Світлотрон» і УОРТ-1-6000;

- в міру зростання питомих (на 1 м² опромінюючої поверхні) річних експлуатаційних витрат - ССП03-750, СОРТ-1-10, ЖСП 18-400, ОТ-1000И, УОРТ-1-6000 і ОТ-2000;

- в міру зростання питомих приведених витрат на одиницю продукції (з урахуванням показників росту рослин) - ЖСП18-400, ССП03-750, ОТ-1000, УОРТ-1-6000, ОТ-2000, СОРТ-1-10.

Аналіз наведених порівнянь показує, що найбільш економічними є опромінюючі установки з лампами типу ДРИ400, ДРИ1000, ДНаТ400, ДРВ750, ДРФ1000 та інші, а найбільш дорогими - ДКсТЛ 10000. Якщо припустити, що оптові ціни на нові високоефективні в області ФАР лампи типів ДРИ400, ДРИ1000, ДНаТ400, ДРФ1000, ДРОТ2000, ДМЗ 3000, ДМ46000 і опромінювачі до них при розширеному серійному виробництві будуть значно знижені, а їх термін служби підвищений, то зазначені варіанти опромінюючих установок будуть ще більш кращими.

Поряд зі зміною і постійним оновленням номенклатури джерел опромінювачів і установок з метою зменшення невиробничих втрат оптичного випромінювання та витрат електричної енергії при досягненні того ж або деякому збільшенні технологічного ефекту модернізуються і широко використовуються на сьогоднішній день в промислових теплицях опромінювачі ОТ-400, ССП03-750 та ін Так, зменшити втрати оптичного випромінювання, а також питомі капіталовкладення на 10-12% можливе шляхом використання крайових опромінювачів, виконаних на базі ламп типу ДРЛФ400, ДРВ750 і ДРФ1000. У крайовій лампи відбиваюче покриття нанесено на 3/4 внутрішньої поверхні

колби так, що світловий потік в заданий бік зростає до 30%. Якщо немає крайових ламп заводського виготовлення, їх можна зробити самим, шляхом нанесення термостійкої кремній органічної білої емалі типу КО-84 на поверхню колби серійних ламп. Витрати емалі КО-84 на 100 ламп приблизно дорівнюють 0,25 кг.

Практичний інтерес представляє також використання не безперервного, а комбінованого або імпульсного опромінення рослин, при якому продуктивність і ККД реакції фотосинтезу максимальні. Установлено, що найважливіший у природі процес фотосинтезу найбільш продуктивно протікає при переривистому (імпульсному) опроміненні, коли здійснюється чередування опромінення і темноти через певні паузи.

Максимальна тривалість світлової стадії становить до 10^{-5} с, а темноти (при температурі 25°C) - $4 \cdot 10^{-2}$ с. Звідси зрозумілі спроби використовувати імпульсне або комбіноване (чергування в певній послідовності імпульсного і безперервного) опромінення деяких сільськогосподарських культур у виробничих умовах, розробити спеціальні живлячі генератори та схеми включення джерел в імпульсному або комбінованому режимах опромінення.

У випадку правильно підібраних режимів імпульсного або комбінованого опромінення можлива економія електричної енергії до 30- 40 % при незначній зміні середньої продуктивності і ККД фотосинтезу в порівнянні з неперервним опроміненням. Слід зазначити, що економія 30-40 % є значущими цифрами, тому що приблизно 45-55 % всіх експлуатаційних витрат опромінюючих установок припадає на частку витрат на електричну енергію.

Повноцінний розвиток рослин можливий тільки при забезпеченні необхідного рівня штучної опроміненості, який обов'язково враховує умови природної освітленості. Для середніх широт України при вирощуванні розсади овочевих культур рівень штучної опромінення в області ФАР приймають рівним не менше $25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ для огірків і $30 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ для томатів (6,5 і 7,5 тис. лк або 8,5 і 10 $\text{фгм} \cdot \text{м}^{-2}$ відповідно). Тривалість опромінення розсади для 0-3 світлових зон - не менше 12-16 год/добу, для 4-6 світлових зон - до 12 год/доб. Приблизний термін опромінення розсади огірків – 30-40 днів, томатів – 45-50 днів.

Рівень опромінення рослин у фазі плодоношення трохи вище й для середніх широт України повинен бути не менше: для огірків $40 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, томатів $48 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ ФАР (10 і 12 тис. лк або 13,7 і 16,4 $\text{фгм} \cdot \text{м}^{-2}$ відповідно). Тривалість опромінення огірків 12-14, томатів 14-16 год/доб.

Для квіткових і декоративних рослин необхідно забезпечити рівень опромінення в області ФАР до $15-30 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, а в селекційних теплицях, фітотронах і фітокамерах без природної освітленості – $100-300 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ і більше в залежності від тривалості опромінення, термінів вирощування, призначення рослин та інших спеціальних агротехнічних вимог.

Як бачимо, при штучному опроміненні рослин потрібні дуже високі рівні опромінення. Для забезпечення подібних рівнів необхідно правильно розмістити опромінювачі по висоті і в плані стелажа або теплиці. При цьому опромінення повинно досить рівномірно розподілятися по поверхні, не перегрівати рослини і не заважати догляду за ними.

9.2 Основні положення розрахунку тепличних опромінювальних установок

В практиці проектування опромінюючих установок в рослинництві в даний час користуються простим, але незадовільним методом, в основу якого покладено нормативи питомої електричної потужності джерел випромінювання у ватах на квадратний метр опромінювальної поверхні. Істотні похибки цього методу пояснюються тим, що норматив питомої потужності джерел випромінювання, прийнятий в якості єдиного критерію, не може визначати собою ступінь ефективності впливу опромінюючих установок на рослини, тому що при даній питомої потужності ефективність установки залежить від наступних факторів:

- спектрального складу випромінювання використовуваних джерел;
- ефективної віддачі джерел;
- відстані між джерелами випромінювання та рослинами;
- конструктивного виконання опромінюючої установки.

При розрахунку тепличних опромінюючих установок необхідно враховувати наступні положення:

- різке розходження кривих відносної спектральної чутливості рослин і очей людини виключає можливість використання в розрахунках світлових величин та одиниць їх вимірювання;

- існуюча система ефективних величин стосовно таких приймачів оптичного випромінювання, як зелені рослини, не є загальноприйнятною;

- істотна відмінність спектральних характеристик використовуваних джерел випромінювання не дозволяє судити про ступінь ефективності того чи іншого з них за каталожними даними; потрібен спеціальний аналіз їх спектральних характеристик;

- рослини є об'ємними об'єктами зі складним рельєфом поверхні, тому рівень опромінення більш правильно характеризувати значенням середньої сферичної опроміненості.

Середня сферична опроміненість чисельно дорівнює середній щільності потоку випромінювання, що падає на поверхню сфери зникаючого малого радіуса з центром у досліджуваній точці. Розподілення опромінення по поверхні сфери можна показати графічно. Ймовірно, що характер опромінення буде визначатися геометричними властивостями випромінювача.

При точковому джерелі (рис. 5, а) сферична опроміненість в даній точці сфери дорівнює:

$$\varepsilon_{сф} = \varepsilon_{\perp} \cos \psi$$

де ψ - кут між нормаллю в даній точці сфери і прямої, що з'єднує центр сфери з джерелом; ε - опроміненість ділянки сфери, зверненого до випромінювача, $фт \cdot м^{-2}$.

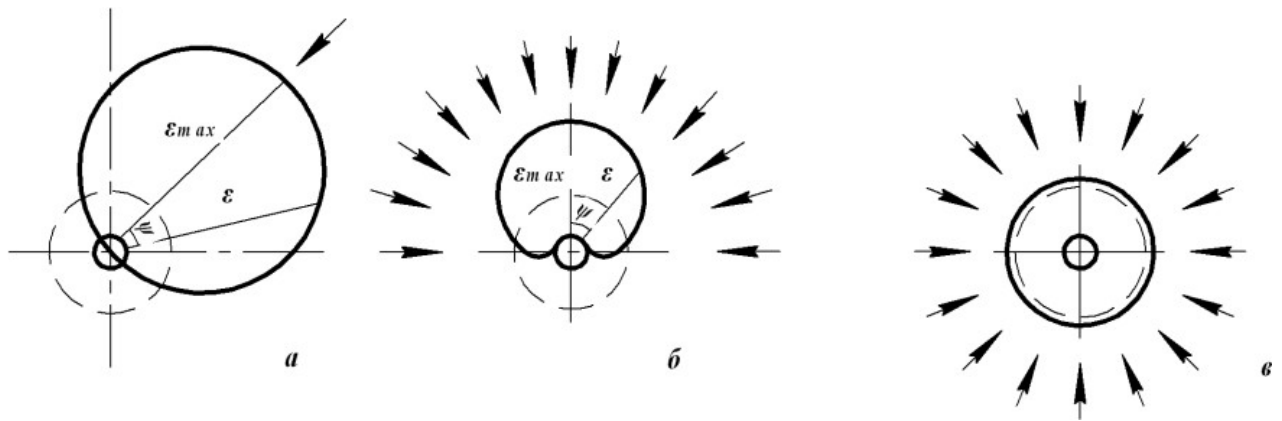


Рис. 5 – До визначення сферичного опромінення при різних видах випромінювачів

Поєднавши центр сфери з початком полярних координат, відкладемо вздовж радіусів в прийнятому масштабі значення опромінення, що визначаються за висловом $\varepsilon_{сф}$. З'єднавши кінці відкладених відрізків плавною кривою, одержимо, як це впливає з виразу $\varepsilon_{сф}$, коло (суцільна лінія на рис. 5, а).

Практично важливо знати середнє значення сферичної опроміненості. При точковому випромінювачі відношення між максимальною і середньою сферичною опроміненістю на поверхні сфери зникаюче малого радіуса має вигляд:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \frac{\varepsilon_{\max}}{4}$$

Якщо випромінювачем є рівномірно випромінююча верхня півсфера (рис. 5, б), то сферична опроміненість визначається за виразом:

$$\varepsilon_{сф} = \varepsilon_{\perp} \cos^2 \frac{\psi}{2}$$

де ψ - кут між вертикаллю і нормаллю в даній точці сфери.

Характер розподілу опроміненості по поверхні сфери для даного випадку показаний суцільною лінією. Подібний розподіл опроміненості буде в природних умовах при рівномірній щільній опроміненні.

При цьому співвідношення між середньою сферичною опроміненістю і максимальною має вигляд:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \frac{\varepsilon_{\max}}{2}$$

Якщо випромінювачем є рівномірно випромінююча сфера (рис. 5, в), сферична опроміненість буде однаковою у всіх напрямках. Криві розподілення сферичної і середньої сферичної опроміненості співпадуть і будуть являти собою окружність з центром, що збігається з центром сфери. Для даного випадку:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \varepsilon_{\max}$$

В даний час питання нормування за сферичною опроміненістю недостатньо розроблені. Тому в переважній більшості випадків користуються поняттям горизонтальної опроміненості.

9.3 Розрахунок установок для опромінення з точковими джерелами

випромінювання

При конструюванні опромінюючих установок, в яких використовуються точкові випромінювачі та стандартні опромінювачі з симетричним розподілом потоку випромінювання в просторі, практично важко забезпечити рівномірний розподіл опромінення по опромінюючій поверхні. Разом з тим представляється можливим конструювати установки із заданим мінімальним опроміненням при заданій ступені нерівномірності.

Розташування опромінювачів визначається характером просторового розподілу їх потоку випромінювання та основними розмірами опромінювальної площі.

Висота підвісу h опромінювачів над рослинами залежить від типу джерела випромінювання і вибирається так, щоб забезпечити заданий рівень опромінення і разом з тим не перегріти рослини (зазвичай для стаціонарних установок з точковими випромінювачами $h \gg 0,5$ м).

Розрахунок доцільно вести за мінімальною опроміненістю, причому коефіцієнт

$$Z = \frac{E_{\phi \cdot \min}}{E_{\phi \cdot \max}}$$

мінімального опромінення не слід приймати менше 0,8.

На рис. 6, h і r мають однаковий масштаб. Користуючись кривою просторового розподілення потоку випромінювання (рис. 6, крива 1) прийнятого типу опромінювача, будують криву розподілу створюваної ним опроміненості як функції відстані r при $h = \text{const}$ (крива 2, рис. 6).

Ординати шуканої кривої для різних значень r обчислюють за такими виразами:

- для горизонтальної опроміненості на підставі вираз:

$$E_{\phi} = I_{\alpha} \cos \varphi (l_{\alpha} \cdot m_1)^{-2} K_{\phi}$$

де I_{α} - сила світла під кутом α , що визначається за кривою просторового розподілу потоку випромінювання прийнятого опромінювача, кд ; l_{α} - відстань на кресленні від світлового центру опромінювача до точки, в якій обчислюється опроміненість; m_{α} - масштаб l_{α} ;

- для сферичної опроміненості на підставі виразу:

$$E_{\phi \text{ сф}} = I_{\alpha} 0,25 (l_{\alpha} \cdot m_1)^{-2} K_{\phi}$$

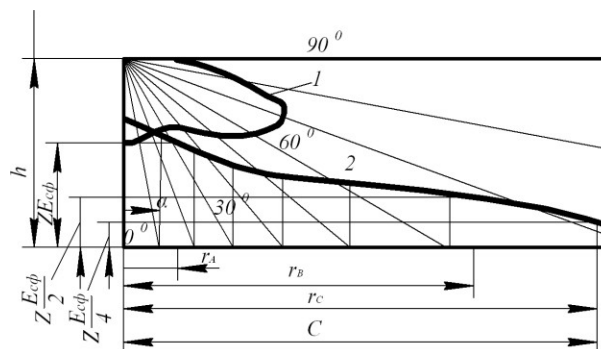


Рис. 6 – До розрахунку опромінювальної установки з точковими випромінювачами: побудова характеристики розподілу опроміненості по стелажу

Розрахунок за сферичною опроміненістю виконують наступним чином.

Розташувачи на плані стелажа опромінювачі, знаходять характерні точки, в яких опромінення може виявитися мінімальним. На рис. 7 в якості прикладу показано розташування опромінювачів по вершинам квадратів.

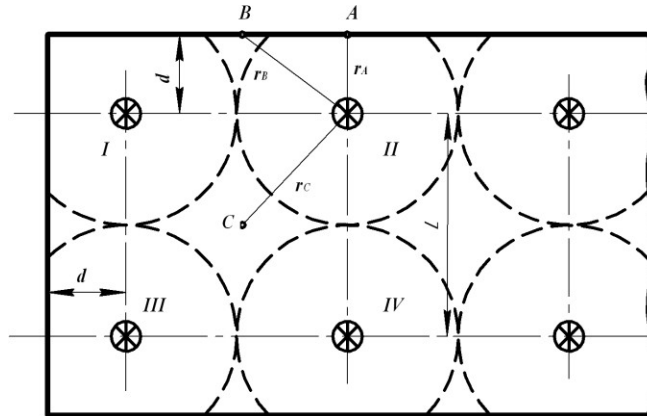


Рис. 7 - До розрахунку опромінюючої установки з точковими випромінювачами: розміщення опромінювачів на плані стелажу і визначення найменших допустимих відстаней між ними

Припустимо, що найгіршими за умовами опромінення є точки А, В і С. Щоб забезпечити у цих точках виконання умови $E_{сф} \geq E_{сф.маx} Z$, необхідно визначити максимально допустимі відстані на плані від опромінювача II до точок А, В, С (r_A , r_B , r_C). Для цього по кривій $E_{сф} = f(r)$ (рис. 2.21, крива 2) знаходять r_A , при якому $E_{Acф} \geq E_{сф.маx} Z$. Вплив додаткової опроміненості в точці А від опромінювачів I і III можна врахувати при остаточному розміщенні опромінювачів на плані стелажа.

Максимальну відстань L між опромінювачами вибирають так, щоб забезпечити в характерних точках В і С виконання умови $E_{сф} \geq E_{сф.маx} Z$.

Для цього по кривій 2 визначають r_B при $E_{Bсф} = \frac{E_{сф.маx}}{2} Z$ і r_C при $E_{Cсф} = \frac{E_{сф.маx}}{4} Z$. Шукана відстань $L = 2\sqrt{r_B^2 - d^2}$ в той же час $L = r_C \sqrt{2}$. Менше з двох отриманих значень L приймається як максимально допустима відстань між опромінювачами при розміщенні їх по вершинах квадратів. Таким чином можна провести розрахунок і при іншому розташуванні опромінювачів.

9.4 Розрахунок установок для опромінення з лінійними джерелами випромінювання

В опромінювальних установках, як пересувних, так і стаціонарних, найбільш часто застосовуються люмінесцентні лампи низького тиску, розташовані у великій кількості горизонтально над опромінювальною поверхнею на невеликій висоті (0,05-0,25 м).

Розрахунок опроміненості, створюваної подібними конструкціями в будь-якій точці опромінюючої поверхні, дуже громіздкі і не мають практичного сенсу. При проектуванні більш важливим є розрахунок середньої опроміненості у межах, наприклад, стелажа шириною 1 м і довжиною, рівній довжині люмінесцентних ламп, що

використовуються в даній установці. Потік, що падає від ряду (блоку) люмінесцентних ламп на опромінювальну поверхню, не дорівнює сумарному потоку ламп через його втрати в навколишній простір і поглинання суміжними лампами.

Горизонтальну опроміненість під блоком люмінесцентних ламп (рис. 8) можна обчислити за виразом:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\lambda} K_{\phi}}{Ll} (n-1) \eta_{\phi\lambda}$$

де Φ_{λ} – світловий потік однієї лампи, прийнятої в розрахунку, лм; L – довжина люмінесцентної лампи, м; l – ширина блоку ламп, рівна 1 м; K_{ϕ} – величина, яка дорівнює $K_{\phi} = \Phi_{\phi}/\Phi$: Φ_{ϕ} – фітопотік виражений в $\phi\text{im.}$; Φ – світловий потік в люмінах; n – кількість ламп в блоці ($n > 1$); $\eta_{\phi\lambda}$ – коефіцієнт корисної дії блоку ламп, що залежить від величини втрат потоку випромінювання за рахунок поглинання його суміжними лампами і втрат в навколишній простір.

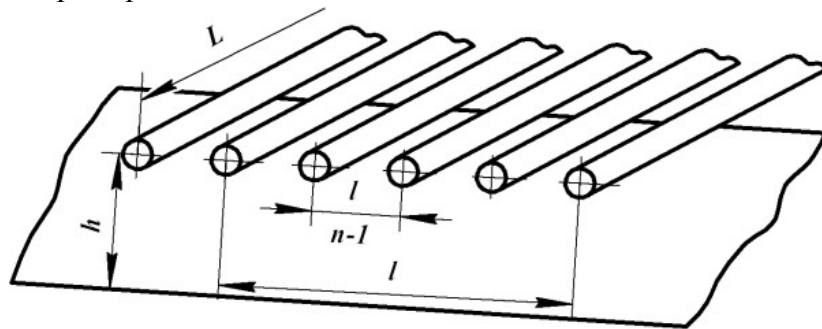


Рис. 8 - До розрахунку опроміненості, створюваної на стелажу блоком люмінесцентних ламп

У виразі E_{ϕ} дріб правої частини є для даного типу люмінесцентних ламп величиною постійною і може бути позначений через μ . Запишемо вираз E_{ϕ} інакше:

$$E_{\phi} = \mu e_{\phi}$$

де $\mu = \frac{\Phi_{\lambda} K_{\phi}}{Ll}$ – постійна величина, що залежить від каталожних даних джерела випромінювання і ширини опромінюючого стелажу; $e_{\phi} = (n-1) \eta_{\phi\lambda}$ – відносна опроміненість, що залежить від висоти h , числа ламп в блоці при даній його ширині і не залежить від світлотехнічних властивостей люмінесцентних ламп.

Користуючись виразом $E_{\phi} = \mu e_{\phi}$ і довідковим графіком $e_{\phi} = f(n)$ (рис. 9), можна визначити питоме число люмінесцентних ламп у блоці шириною 1 м, що вимагається для забезпечення необхідного опромінення. Для цього, вибравши тип і потужність люмінесцентних ламп, обчислюють значення μ .

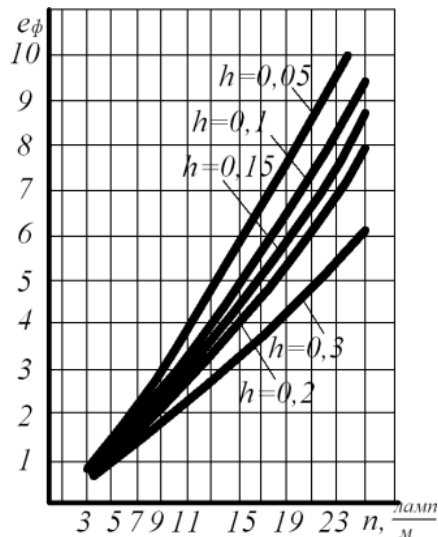


Рис. 9 – Залежність відносної опроміненості від числа люмінесцентних ламп в блоці і висоти їх розміщення над опромінювальною поверхнею

Виходячи з вимог опромінення, підраховують:

$$e_{\phi} = \frac{E_{\phi,z}}{\mu}$$

По графіку залежності відносної опроміненості від питомого числа ламп в блоці та висоті їх розташування над опромінювальною поверхнею (рис. 9) визначають шукане число люмінесцентних ламп.

Якщо розрахунок ведеться по середній сферичній опроміненості, то для великих площ опромінення при розташуванні випромінювачів в горизонтальній площині можна користуватися співвідношенням:

$$E_{\phi,сф} = (0,57...0,67)E_{\phi,z}$$

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису методів вибору опромінювальних установок.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Типові схеми керування освітлювальними установками.

ТЕМА №10. УСТАНОВКИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з будовою та видами установок для ультрафіолетового опромінення.

План лекції

1. Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання.
2. Типи стаціонарних і рухомих установок для опромінення, їх характеристики і особливості безпечного обслуговування.
3. Методика розрахунку стаціонарних і рухомих установок ультрафіолетового опромінення.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

10.1 Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання

Біологічний вплив ультрафіолетового випромінювання на організм сільськогосподарських тварин дуже значний. Воно позитивно впливає на ріст і розвиток, обмін речовин, продуктивність та відтворювальні функції. Так, опромінення корів підвищує надої до 13 %, зберігаючи при цьому жирність молока на тому ж рівні, підвищується також ірезистентність організму. А телята, що народилися від опромінених корів, є більш стійкими до захворювань токсичною диспепсією та бронхопневмонією.

Опромінення телят покращує обмінні процеси (білкові, вуглеводні, мінеральні), середньодобові прирости підвищуються на 7-13 % за рахунок кращого засвоєння азоту корму.

Ультрафіолетове опромінення поросят покращує загальний стан і підвищує до 20 % середньодобові прирости, опромінення свиноматок позитивно впливає на запліднюваність і внутрішньоутробний розвиток плоду. Поросята від опромінених свиноматок народжуються більш стійкими до захворювань.

Середньодобові прирости опромінених свиней на відгодівлі збільшуються на 4-10 % за рахунок кращого засвоєння поживних речовин корму, при цьому підвищуються поживність якості м'яса та сала. При ультрафіолетовому опроміненні кнурів-плідників поліпшується мінеральний і білковий обміни.

Несучість курей-несучок в осінньо-зимовий період, виводимість курчат з опромінених інкубаційних яєць також підвищуються. Опромінення курчат у перші дні життя знижує відходи і збільшує прирости до 15 %. При опроміненні бройлерів підвищується відсоток виходу тушок першої категорії, а в м'ясі зростає вміст білка, полісахаридів і жиру.

Опромінення ягнят підвищує прирости до 18 % і покращує якість вовнового покриву. Плодючість та якість одержуваного від вівцематок приплоду також збільшується.

Таким чином, ультрафіолетове опромінення сприяє інтенсифікації біохімічних і обмінних процесів організму, підвищенню рівня окислювально-відновлювальних реакцій і поліпшенню клінічного стану сільськогосподарських тварин, стійкості до захворювань і, в кінцевому підсумку, забезпечує краще збереження і підвищення їхньої продуктивності.

Біологічний вплив залежить від різних спектральних областей:

- випромінювання від 200 до 280 *нм* має сильну бактерицидну дію, застосовують для знезараження води, повітря, поверхонь приміщення, обладнання, тари та харчових продуктів;
- випромінювання від 280 до 315 *нм* викликає своєрідне почервоніння шкіри - еритему, а також володіє протирахітною дією і здатне перетворювати в організмі провітамін *D* в активно діючий вітамін *D*;
- випромінювання від 315 до 400 *нм* біологічно малоактивне, використовують в

основному для люмінесцентного аналізу.

Крім того, розрізняють еритемне випромінювання, що знаходиться в спектральній області від 280 до 400 нм, в малих дозах воно надає корисну дію на організм людини і тварин, і бактерицидне випромінювання, яке знаходиться в спектральній області від 200 до 400 нм, воно викликає загибель бактерій.

Кінцевим висновком дії ультрафіолетового опромінення є покращення клінічного стану і резистивності сільськогосподарських тварин і птиці, підвищення їх збереженості і продуктивності.

10.2 Типи стаціонарних і рухомих установок для опромінення, їх характеристики і особливості безпечного обслуговування

Для ультрафіолетового опромінення сільськогосподарських тварин і птиці застосовуються різного роду опромінювальні установки. Ультрафіолетовий випромінювач містить всі необхідні деталі для кріплення і застереження джерела від руйнуючої дії навколишнього середовища, механічних ушкоджень і забруднення, приєднання до живильної мережі і одночасно служить для перерозподілу потоку ультрафіолетового випромінювання джерел. Всі ультрафіолетові опромінювачі поділяються на стаціонарні (ЭО1-30М, ОЭ-1 і ОЭ-2 і ОЭСП02-2×40), переносні (ОРК-2 і ОРКШ) і рухомі (УОК-1 і УО-4).

Вітальний випромінювач ЭО1-30М випускається у пило- вологозахищеному виконанні у вигляді відбивача з тонколистової сталі, покритої антикорозійною фарбою з досить високим коефіцієнтом відображення ультрафіолетових променів (рис. 1, а).

На відбивачі з допомогою лампотримачів бризко-захищеного виконання кріпиться захищена металеву сіткою вітальна лампа ЛЭ30-1 і пускова регулююча апаратура (пристрій 1УБИ-30/220-ВП і два конденсатори КБГ-М1-600В ємністю 0,03 мкФ). До стельового перекриття або тросу випромінювач кріпиться за допомогою двох підвісок.

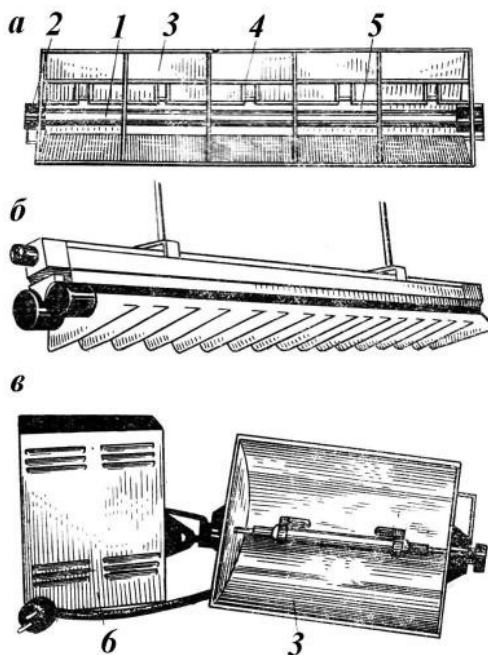
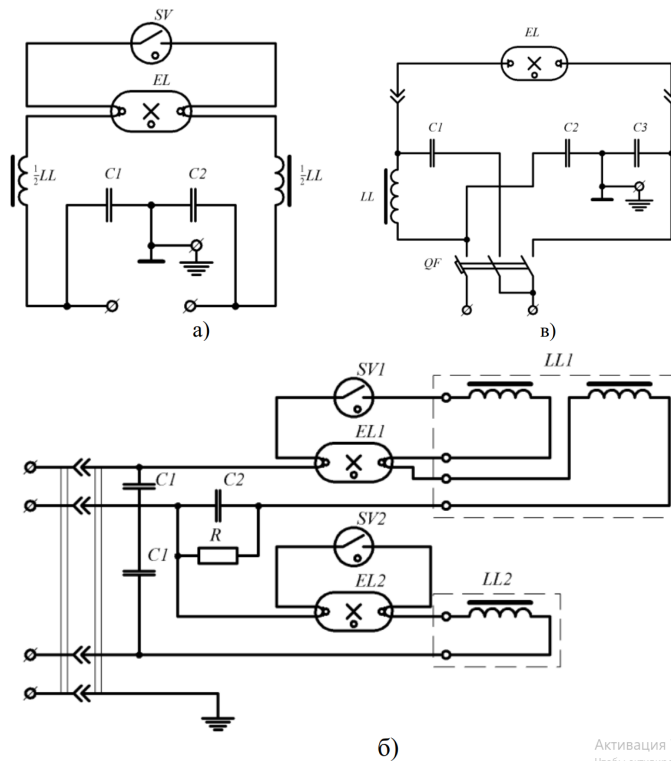


Рис. 1 - Загальний вигляд ультрафіолетових опромінювальних установок: ЭО1-

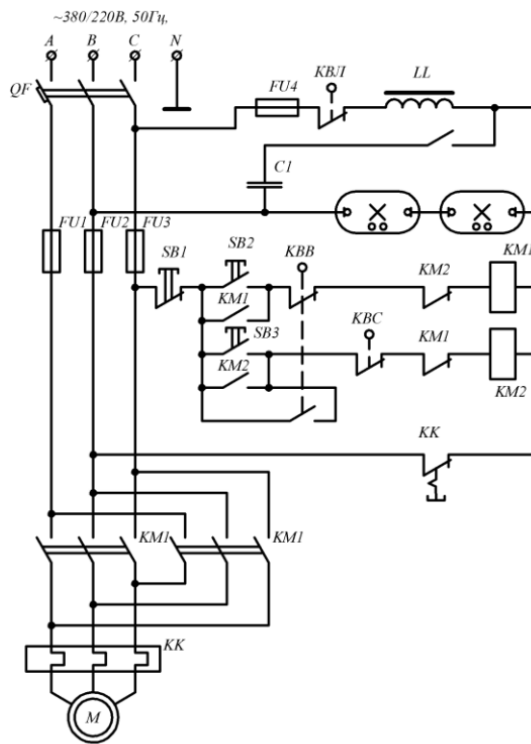
30М (а), ОЭСР02-2×40/П5'Х-01 (б) і ОРК (в); 1 - вітальна лампа; 2 - лампотримач; 3 - відбивач; 4 - захисна сітка; 5 - пуско-регулююча апаратура; 6-пуско-регулюючий пристрій

Різновидом випромінювача ЭО1-30М є вітальні випромінювачі ОЭ- 1 і ОЭ-2, що мають аналогічну будову, форму та схеми включення в мережу живлення. Принципова відмінність між ними тільки в тому, що випромінювач ОЭ-1 випускається у звичайному, а ОЭ-2 - в пиля- вологозахищеному виконанні. Схема електрична включення опромінювача ЭО1-30М представлена на рис. 1 а.

Світильник-опромінювач ОЭСР02-2×40/П5'Х-01 (рис. 1, б) призначений для одночасного загального освітлення тваринницьких приміщень та опромінення сільськогосподарських тварин і птиці. Він розрахований на роботу з однією рефлекторною освітлювальною та однією рефлекторною вітальною лампами потужністю по 40 Вт (типів ЛБР40 і ЛЭР40) у мережі змінного струму напругою 380/220 В частотою 50 Гц. Схема включення ламп - стартерна, незалежна для різних типів ламп і представлена на рис. 1, б.



Активация W



г)

Рис. 2 – Схеми електричні принципів: а) опромінювача ЭО1-30М; б) світильника-опромінювача ОЭСП02-2×40/П5'Х-01; в) опромінювача ртутно-кварцового ОРК-2; г) установки УОК-1.

Світильник-опромінювач складається з сталевого штампованого корпусу з панеллю, вузлів підвісу, які допускають індивідуальну установку світильника-опромінювача на гаках або тросі і екрануючих решіток. Внутрішня порожнина корпусу захищена від попадання пилу і вологи прокладкою ущільнювача за периметром корпусу, сальником для ущільнення введення мережевих проводів і заглушкою. В корпусі встановлена розетка штепсельного роз'єму, на панелі – пускорегулююча апаратура, патрони брызкозахищеного виконання і вилка штепсельного роз'єму.

Ввід в світильник-опромінювач може здійснюватися з торця або зверху корпусу. При цьому сальник для ущільнення вводу переставляється на відповідну стінку корпусу, а незайнятий отвір закривається заглушкою.

Штепсельний роз'єм також дозволяє стикувати світильники- опромінювачі в лінію або підключати їх до магістральних проводів без розривання останніх.

Світильник-опромінювач ОЭСП02-2×40/П5'Х-01 виконаний в частково пилевологозахищеному виконанні (клас (5'0). Його ККД - не менше 70 %, захисний кут у поперечних і поздовжніх площинах - не менше 15°. Для профілактичного та лікувального впливу ультрафіолетового випромінювання на організм невеликих груп тварин та опромінення інкубаційних яєць і курчат в перші дні після виведення використовують опромінювач ртутно-кварцовий типу ОРК-2. Він складається з відбивача злампою ДРТ400 і живильного пускорегулювального пристрою, з'єднаних між собою гнучким кабелем довжиною 15 м (рис. 2, в). У живильному пускорегулюючому пристрої змонтовані дросель, пусковий конденсатор КБГ-МН-400В ємністю 2 мкФ, два конденсатори КБГ-М1-600В ємністю по 0,03 мкФ і автоматичний вимикач. Схема включення опромінювача ртутно-кварцового типу ОРК-2 представлена на рис. 2, в.

Призначення, будова, електрична схема і деякі технічні характеристики опромінювача ОРКШ аналогічні випромінювачу ОРК-2.

На рис. 3 представлено загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6.

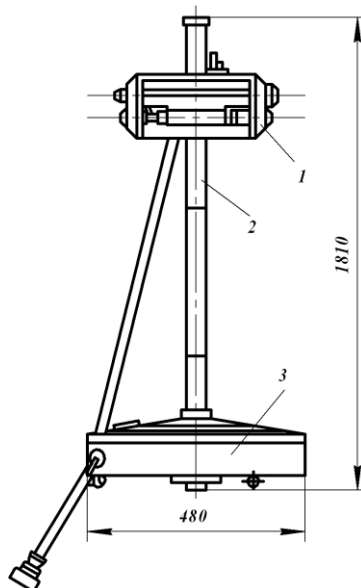


Рис. 3 - Загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6: 1 - відбивач з лампою ДРТ-400; 2 - стійка; 3 - живлюча пускова регулююча апаратура

Основні відмінності в тому, що випромінювач ОРКШ переміщається на коліщатах, відбивач з лампою ДРТ400 закріплюється на штативі-стійці, а стійка кріпиться в корпусі, усередині якого розміщується пускова регулююча апаратура.

Електрична механізована підвісна опромінювальна установка УО-4 призначена для ультрафіолетового опромінення сільськогосподарських тварин і птиці в стаціонарних умовах при утриманні в клітках або станках. Установка складається з 4-х рефлекторних опромінювачів з лампами ДРТ400, шафи управління, приводної станції і несучої конструкції (рис. 4). Несучу конструкцію виконують зі сталеві оцинкованої проволочи, яку закріплюють вздовж приміщення за допомогою натяжних болтів, закладених в торцевих стінах. Опромінювачі в приміщенні здійснюють зворотньо-поступальний рух за допомогою троса діаметром 3,1 мм, закріпленого на натяжних роликах, і який приводиться в рух від приводної станції з електродвигуном потужністю 0,27 кВт і редуктором з передавальним відношенням 1:891. Довжина несучого дроту і троса розрахована на приміщення довжиною до 90 м.

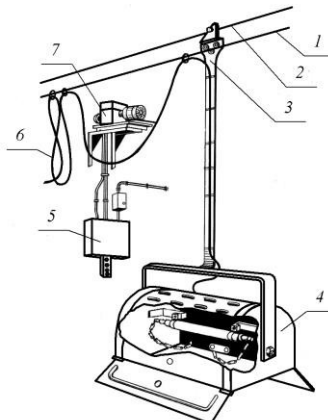


Рис. 4 – Опромінювальна установка УО-4: 1 – несучий дріт; 2 – ведучий трос; 3 – роликів каретка; 4 – опромінювач з лампою ДРТ400; 5 – шафа керування; 6 – кабель живлення опромінювачів; 7 – приводна станція

Кожний опромінювач може переміщатися зі швидкістю 0,3 м/хв. на відстані 35-42 м. Необхідна доза опромінення забезпечує зміну висоти підвісу випромінювачів і кількості проходів над тваринами або птицею. Максимальна зона обслуговування однієї установки - 90×6 м).

У шафі керування змонтовані пакетні вимикачі, запобіжники, магнітні пускачі, два дроселя, конденсатор і дві пускові кнопки. Для зручності комутації в установку входить клемний набір з кабелем КРПТ 3×2,5 для підключення опромінювачів в шафі управління. Особливість принципової електричної схеми установки УО-4М полягає в послідовному включенні кожних двох ламп ДРТ400 через загальний дросель на лінійну напругу 380 В (рис. 5). Для полегшення запалювання ламп передбачено додаткові кнопки і пусковий конденсатор. Для ультрафіолетового опромінення курей і курчат при утриманні в багатоярусних клітинних батареях використовують самохідну установку УОК-1, яка змонтована на візку і може пересуватися в проходах між клітинами з птицею по напрямних. Ширина колії візка відповідає ширині колії кормороздавача. Візок приводиться в зворотній поступовий рух зі швидкістю 0,73 м/хв. від електродвигуна встановленою потужністю 0,27 кВт через подвійний редуктор з передаточним числом 1:341, який одночасно зубчастою муфтою пов'язаний з ведучою віссю і механізмом укладання і розмотування кабелю. Ланцюгову передачу включають важелем. Електричне живлення 380/220 В підводиться через гнучкий кабель і роз'єм, одна жила якого використовується для заземлення. Під час руху установки кабель укладається в бункер або розмотується з нього. На панелях встановлені апаратура управління двигуном і лампами, силова частина схеми управління. Праворуч в передній частині установки і внизу змонтовані кінцеві вимикачі: передній - для реверсу установки, а два задніх - для зупинки і виключення ламп. У передній частині візка встановлена стійка, на якій кріпляться два опромінювача. Затискачі випромінювачів дозволяють регулювати висоту їх підвісу у залежності від висоти кліток. В установці УОК-1 лампи ДРТ400 також включені через загальний дросель на різні фази мережі лінійною напругою 380 В. Кінцеві вимикачі здійснюють реверс руху, зупинку установки та вимкнення ламп при закінченні циклу опромінення.

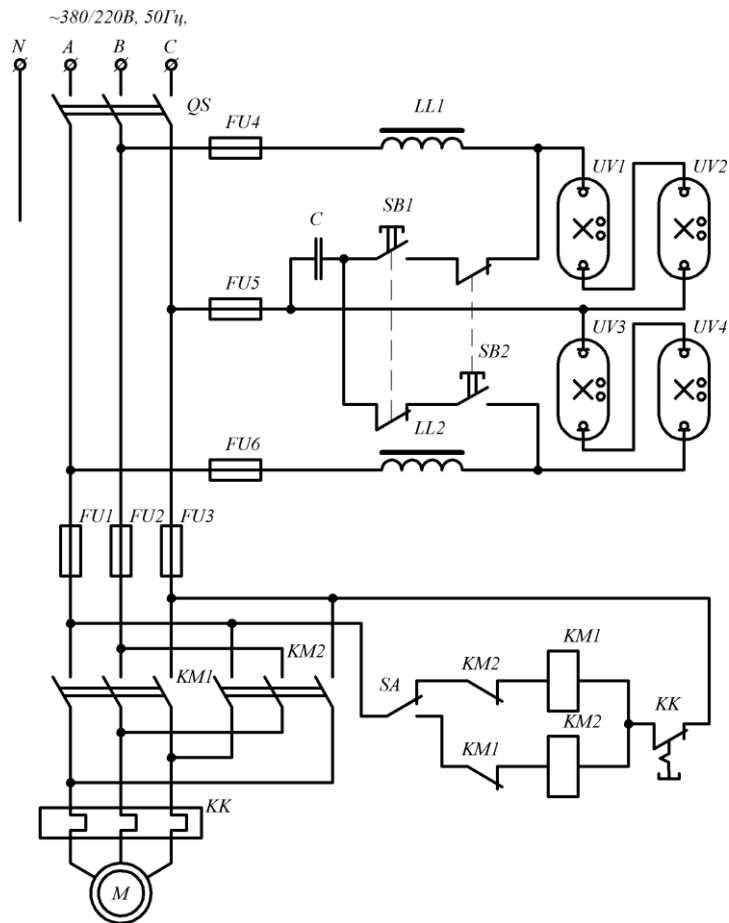


Рис. 5 – Принципова електрична схема управління установкою ультрафіолетового опромінення УО-4

Відомі спроби вдосконалення самохідної опромінювальної установки УОК-1. Наприклад, в модернізованому варіанті установки УОК-1 передбачено зворотно-поступальний рух ламп вгору-вниз зі швидкістю 1,6 м/хв., для чого використано електродвигун потужністю 0,12 кВт. У другому модернізованому варіанті для включення ламп використовується компенсаційна схема, в якій струмообмежувальним баластовим опором для однієї з ламп служить індуктивний дросель, а для другої – активно ємнісний опір, що дозволило в 2-3 рази знизити пусковий струм ламп.

Схема електрична принципова установки УОК-1 представлена на рис. 6.

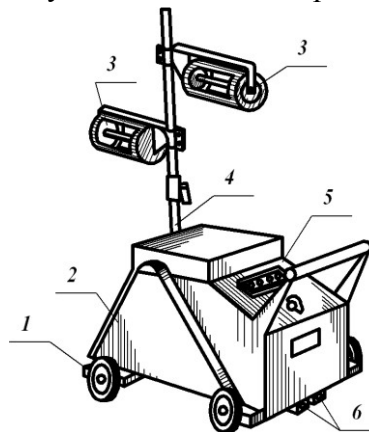


Рис. 6 – Установка для опромінення птиці УОК-1: 1 – самохідне шасі; 2 – привод від електродвигуна до ведучих коліс і пристрою укладки кабелю; 3 – опромінювачі з

лампами ДРТ400; 4 – штанга; 5 – панель управління; 6 – кінцеві вимикачі

З розглянутих ультрафіолетових опромінювальних установок у практиці сільськогосподарського виробництва перевагу віддають стаціонарним опромінювачам. Причому останнім часом намічається тенденція поєднування в одній пристрої джерел видимого і ультрафіолетового (бактерицидного і вітального) випромінювання. При розробці таких установок слідує двома шляхами: поєднанням в одній опромінювачі ламп видимого та ультрафіолетового (бактерицидного і вітального) випромінювання з незалежними схемами включення, як це виконано в опромінювача типів ОЭСР02-2×40, КСО-2, КСО-3, ОЭРБАЗ×30 та ін. або створенням спеціальних ламп, одночасно випромінюючих оптичне випромінювання ультрафіолетового і видимого діапазону, наприклад, ламп типу ЛЭО (люмінесцентних вітально-освітлювальних).

Світлотехнічною промисловістю освоєно виробництво нових ефективних стаціонарних опромінювачів типів ЭСП01-2×40 і ЭНП01-30, які замінюють використовувані в даний час опромінювачі ОЭСР02-2×40 і ЭО1-30М відповідно.

10.3 Методика розрахунку стаціонарних і рухомих установок ультрафіолетового опромінювання

Дозоване ультрафіолетове опромінювання при стаціонарній установці опромінювачів ведеться за час її роботи при відомому значенні опромінюваності на розрахунковій поверхні. Тому розрахунок стаціонарних установок ультрафіолетового опромінювання зводиться до визначення кількості опромінювачів, опромінюваності та часу опромінювання, за яке опромінювальний об'єкт отримає необхідну добову дозу НΣ.

Для визначення опромінюваності принципово можна застосувати відомі методи розрахунку освітлювальних установок з обов'язковим урахуванням деяких особливостей ультрафіолетового опромінювання:

- ультрафіолетові промені погано відбиваються від стелі, стін і робочої поверхні, тому в практиці розрахунків приймають коефіцієнти відображення ультрафіолетових променів рівними нулю;

- ультрафіолетовими променями опромінюються тварини і птиця, розміри і форма яких вельми різноманітні і істотно відрізняються від горизонтальної поверхні. Найбільш повно форму тіла тварин і птиці, як поверхні об'ємних тіл, визначають сфера та циліндр. Якщо прийняти, що форма поверхні тіла тварини і птиці незначно відрізняється від сфери або циліндра, то це відмінність від горизонтальної поверхні в розрахункових формулах можна врахувати коефіцієнтом форми K_f , який приймають рівним 0,5-0,64 незалежно від кута падіння променів на поверхню (для сфери зазвичай приймають $K_f = 0,5$, а для циліндра - 0,64);

- в якості розрахункової точки при визначенні тривалості роботи установки ультрафіолетового опромінювання приймається точка з найбільшим опромінюванням, що виключає переопромінювання і опіки тварини і птиці.

Метод коефіцієнта використання ефективного потоку взято з розділу освітлювальних установок практично без будь-яких змін. Він застосовується при відносно рівномірному розміщенні об'єктів опромінювання на горизонтальній поверхні. Коефіцієнт нерівномірності опромінювання - відношення максимального опромінювання горизонтальної

поверхні до мінімальної - повинен бути не більше 1,4.

Розрахунок установок методом коефіцієнта використання ефективного потоку проводиться в такій послідовності:

- опромінювачі над опромінювальною поверхнею розміщують з урахуванням світлотехнічної найвигіднішої відносної відстані;
- визначають коефіцієнт використання ефективного потоку опромінювальної установки і середню опроміненість;
- обчислюють тривалість роботи установки для забезпечення добової нормованої дози опромінення.

Світлотехнічна найвигідніша відносна відстань для опромінювачів з лампами ДРТ і ЛЕ в стандартній арматурі дорівнює 1,4. При цьому коефіцієнт нерівномірності опромінення не перевищує 1,15-1,25, а розміщення опромінювачів над поверхнею можна визначити за формулами.

Основна розрахункова формула методу використання ефективного потоку наступна:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_B \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\Sigma} \cdot K_{\Phi}}{K_3 \cdot S}$$

де E_{cp} – середня вітаопроміненість об'єкту, $мвт \cdot м^{-2}$; Φ_B – вітальний потік випромінювання в ефективних одиницях, $вт$; N_{Σ} – сумарна кількість джерел в установці ультрафіолетового опромінення, $шт$; η_{Σ} – коефіцієнт використання ефективного потоку; K_{Φ} – коефіцієнт форми тварин, який дорівнює 0,5 – 0,64; K_3 – коефіцієнт запасу, який дорівнює 1,5 – 2,0; S - площа опромінювальної поверхні, $м^2$.

Коефіцієнт використання ефективного потоку визначається за табл. 1 з урахуванням індексу установки, який розраховують за формулою:

$$i = \frac{S}{H_p (a + b)}$$

де a, b – розміри опромінювальної поверхні, $м$; H_p – розрахункова висота підвісу випромінювача, $м$.

Висота підвісу випромінювачів над опромінювальною поверхнею H_p повинна задовольняти вимогу:

$$E_{cp} \cdot K_3 \cdot z \leq E_{доп.}$$

де $E_{доп.}$ – допустима вітаопроміненість, яка залежить від виду і віку тварин і птиці (табл. 1).

При виконанні вказаної вимоги виключаються місцеві опіки ультрафіолетовими променями поверхні тіла тварини.

Таблиця №1.

«Значення коефіцієнта використання ефективного потоку в установках з ультрафіолетовими опромінювачами»

Індекс установки	Опромінювачі з лампами ДРТ в стандартній арматурі	Опромінювачі з лампами ЛЕ і ЛЭОв стандартній арматурі	Індекс установки	Опромінювачі з лампами ДРТ в стандартній арматурі	Опромінювачі з лампами ЛЭ і ЛЭОв стандартній арматурі

0,5	0,16	0,20	1,5	0,44	0,46
0,6	0,21	0,24	1,75	0,46	0,49
0,7	0,29	0,28	2,0	0,49	0,52
0,8	0,33	0,31	2,25	0,51	0,54
0,9	0,36	0,34	2,5	0,53	0,56
1,0	0,37	0,36	3,0	0,56	0,58
1,1	0,39	0,39	3,5	0,59	0,60
1,25	0,41	0,42	4,0	0,60	0,62
			5,0	0,62	0,64

При відомій вітальній експозиції опромінення НΣ і середньої віта – опроміненості поверхні E_{CP} тривалість опромінення визначається занаступною формулою:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{CP}}$$

де H_{Σ} – рекомендована добова вітальна експозиція опромінення, $мвіт \cdot м^2$.

Орієнтовно тривалість роботи установок ультрафіолетового опромінення можна визначити і по так званим методом «питомого опромінення», виходячи із значення вітальної опроміненості E_v , яка створюється джерелом на поверхні опромінення (рис. 7), висоти підвісу джерела і нормованою вітальною експозицією опромінення НΣ тобто:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_v K_a}$$

де K_a - коефіцієнт, що враховує вплив арматури на перерозподіл променистого потоку в необхідному напрямку, $K_a = 1,2 \dots 1,4$.

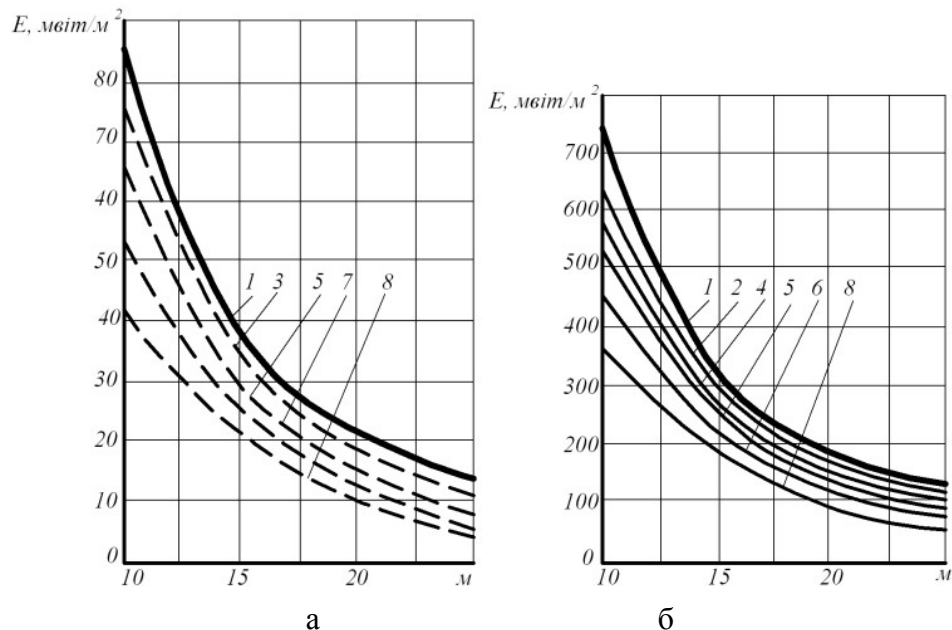


Рис. 7 - Залежність вітальної опроміненості, створюваної лампою ЛЭ30-1 (а) і ДРТ400 (б), від відстані до опромінювальної поверхні та тривалості горіння ламп: 1 - нова лампа; 2 - після 100 год. експлуатації; 3 - після 150 год.; 4 - після 200 год.; 5 - після 300 год.; 6 - після 500 год.; 7 - після 600 год.; 8 - після 1000 год. експлуатації

Цей метод простий, але придатний для наближеного розрахунку віта-опроміненості від одиничного опромінювача, коли поруч знаходяться опромінювачі які не створюють сумарний променевий потік, спрямований на опромінювану поверхню. При відомій кривій розподілу сили вітального випромінювання опромінювача для розрахунку стаціонарних опромінювальних установок може бути застосований точковий метод. При цьому в якості розрахункової точки приймається контрольна точка з найкращими умовами опромінення, що дозволяє уникнути переопромінення тіла тварини чи птиці.

За точковим методом розрахунку значення вітаопроміненості в точці на розрахунковій поверхні, створюваної спільною дією кількох найближчих опромінювачів, визначається за формулою:

$$E_v = \frac{\mu K_\phi}{H^2_p K_3} \sum_{i=1}^{N_s} I_{\alpha_i} \cos^2 \alpha_i$$

де I_{α_i} - сила вітального випромінювання опромінювача під кутом α_i до вертикальної осі симетрії випромінювача, $mW \cdot cm^{-2}$; μ - коефіцієнт додаткової опроміненості, створюваної неврахованими опромінювачами (приймається рівним 1,1 ... 1,3).

Сила вітального випромінювання I_{α_i} в напрямку кута α_i , визначається по кривій просторового розподілу сили вітального випромінювання (рис. 8).

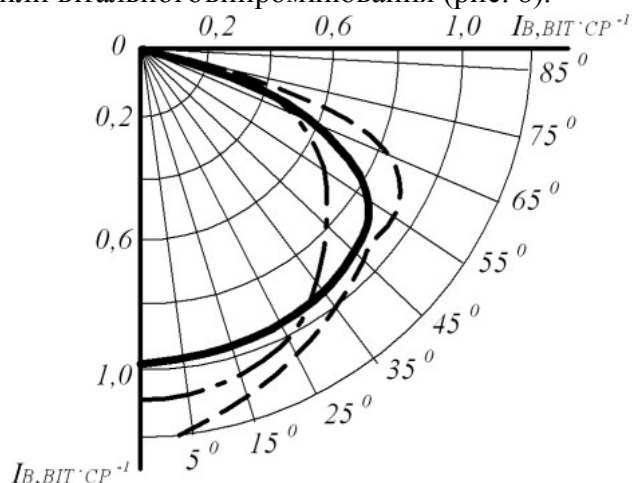


Рис. 8 - Криві просторового розподілу сили вітального випромінювання опромінювальних установок УО-4М (————), ОРК-2 (— · — ·) і крива $I_{\alpha} = I_n \cos \alpha$ (— · — ·)

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису будови та типів установок для ультрафіолетового опромінення.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Використання ультрафіолетового опромінення в різних технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.

ТЕМА №11. УСТАНОВКИ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПРОМІНЕННЯ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з будовою та видами установок для інфрачервоного опромінення.

План лекції

1. Біологічна дія інфрачервоного опромінення.
2. Опромінювачі та установки для опромінення тварин і птиці, їх основні характеристики.
3. Методика розрахунку і вибору установок інфрачервоного випромінювання.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

11.1 Біологічна дія інфрачервоного опромінення

Велика частина території України характеризується холодним осінньо-зимовим періодом, який (залежно від зони) триває п'ять - вісім місяців і вважається найбільш важким для утримання сільськогосподарських тварин. Особливо необхідно тепло в цей період молодняку, у якого в перші дні життя механізми терморегуляції недосконалі. Так, у курчат, які тільки що вилупились, температура тіла дає коливання при зміні температури повітря всього на $0,03^{\circ}\text{C}$, а при зниженні до $14-15^{\circ}\text{C}$ різко падає. З віком стійкість до коливань навколишньої температури підвищується, і за два тижні температура тіла курчат досягає постійного рівня, характерного для зрілої птиці.

Низька температура і висока вологість повітря в приміщенні несприятливо позначаються на рості і розвитку молодняку, призводять до порушення обміну речовин, виникненню рахіту, простудних захворювань, розладу травлення і навіть загибелі.

Необхідний температурний режим при вирощуванні молодняка може бути забезпечений загальним обігрівом приміщення або комбінованою системою загального і локального обігріву. Більш доцільно застосування комбінованої системи обігріву, що дозволяє створювати підвищену температуру тільки в невеликій обмеженій зоні знаходження молодняку в перший період вирощування.

Для місцевого обігріву використовують різні нагрівальні установки, підлоги, що обігріваються, килимки, панелі і т.п. Широке застосування в практиці сільського господарства отримав ІЧ-обігрів молодняку, що володіє благотворною біологічною дією на організм тварин. При падінні променистого потоку на поверхню тіла тварини частина випромінювання відбивається, інша поглинається в шкірі або підшкірних тканинах. Ступінь проникнення ІЧ-випромінювання через шкіру залежить від її стану (вологості, густоти вовняного або пухо- пір'яного покриву, пігментації).

Органами почуттів, які отримують роздратування при поглинанні ІЧ-випромінювання, служать теплові рецептори (приймачі), розташовані в шкірі. Їх реакція на це роздратування викликає відчуття теплоти. Дія випромінювання ґрунтується як на його поглинанні водою і кров'ю, так і на поглинанні молекулами живої тканини. На рис. 1 показано спектр поглинання ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними тканинами людини, ана рис. 2 спектри поглинання води, тіла чорного і білого теляти.

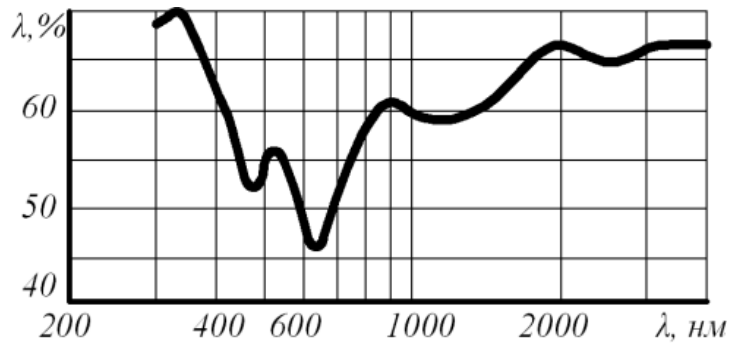


Рис. 1 - Спектр поглинання ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними тканинами людини

Найбільше відображення (біля 30%) спостерігається у видимій, особливо червоній області (400-780 нм). В області ІЧ-А коефіцієнт відображення становить близько 20%, ІЧ-В - 10% і в області ІЧ-С - 5-6%, тобто майже вся довгохвильова частина ІЧ-випромінювання (94-95%) проникає в шкіру і підшкірну тканину.

На рис. 2. зображені спектри поглинання води (1) і тіла білого (2) і чорного (3) теляти. У зоні від 1,3 до 4 мкм спектри поглинання тіл більшості тварин приблизно однакові і досить високі. В основному поглинене ІЧ-випромінювання перетворюється в тепло, підвищуючи температуру опромінюваних тіл.

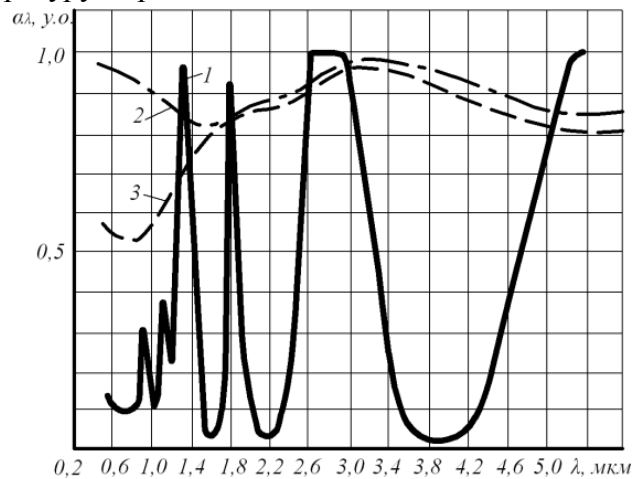


Рис. 2 – Спектр поглинання: 1 – води; 2 – тіла чорного теляти; 3 – тіла білого теляти.

На рис. 3 наведено дані про глибину проникнення монохроматичного випромінювання (у відсотках). Шкіра являє собою комплекс, що складається різних шарів – епідермісу I, мальпігієвого шару II, сполучнотканинної частини III. Потім розміщується підшкірна тканина IV і більш глибоко лежать тканини V. З рис. 3 видно, що видиме випромінювання повністю поглинається шкірою, тоді як короткохвильове випромінювання в значній мірі проникає в підшкірну тканину.

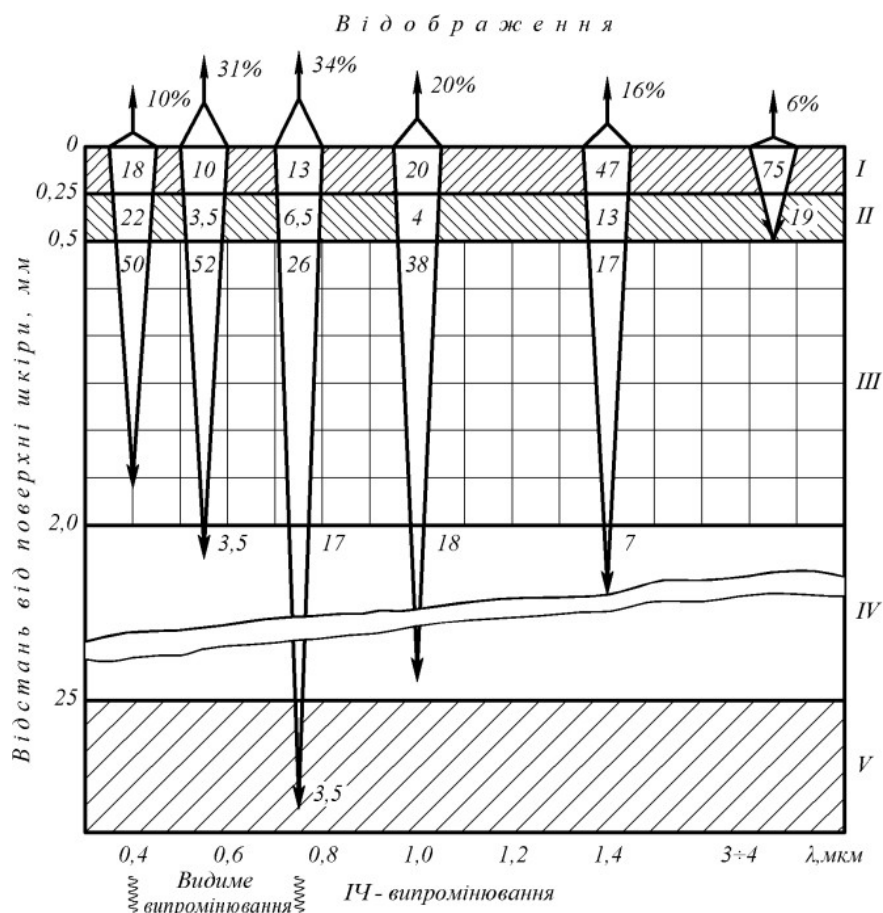


Рис. 3 - Глибина проникнення видимого та інфрачервоного випромінювання в шкіру та підшкірні тканини тварини

Довгохвильове ІЧ-випромінювання (більше 2 мкм) зазвичай поглинається поверхневими шарами шкіри (епідермісом). Вважається, що для ІЧ-випромінювання довжиною хвилі більше 5 мкм шкіра повністю непрозора.

Поглинена в шкірі енергія ІЧ-випромінювання перетворюється в теплоту, викликаючи нагрівання тканин; посилюється притік крові в підсоскових шарах шкіри, відбувається переповнення кровоносних судин кров'ю, збільшується обмін між кров'ю і тканинами.

Поглинання ІЧ-випромінювання шкірним покривом - складний біологічний процес, в якому бере участь весь організм тварини з його терморегуляторним апаратом. Проникаючи в шкіру та підшкірні тканини, воно викликає загальну реакцію організму, яка виникає рефлекторно. Інфрачервоне випромінювання діє через шкіру на нервову систему, а через неї і на внутрішні органи. Слід зауважити, що опромінення прискорює видалення токсинів, і шкіра, наче справжня ендокринна залоза, діє краще в цих умовах. Виникнення пігментів, регенерація уражених клітин епідермісу, що виконують функцію самозахисту - всі ці процеси стимулюються ІЧ-опроміненням.

Внаслідок неоднакової глибини проникнення механізм дії довгохвильового (з довжиною хвилі більше 1500 нм) і короткохвильового (750-1500 нм) випромінювання різний. Довгохвильове ІЧ-випромінювання поглинається поверхневими шарами шкіри і викликає їх нагрівання. У підшкірному шарі розташовані вільні «нервові закінчення», які передають відчуття теплоти як сигнал роздратування в центральну нервову систему. Шкіра при допомозі нервової системи, що перебуває в її тканинах і що викликає відчуття

теплоти і нервові рефлекси, при необхідності може використовувати всі ресурси терморегулювання, наявні в розпорядженні організму.

У частині епідермісу, що знаходиться під роговим шаром, закінчуються без м'якотні волокна, які передають відчуття болю. Больові відчуття, що викликається тепловою дією, настає для шкіри людини приблизно при 43,5°C. Отже, допустима опроміненість обмежується цим критерієм.

Короткохвильове випромінювання проникає крізь область, в якій виникає больове відчуття, в більш глибокі шари тканин; енергія випромінювання вже достатня, щоб викликати хімічну дію. Поряд з тепловими рецепторами в цьому випадку ІЧ-випромінювання діє на закінчення вегетативних нервових сплетінь, а також на кровоносні судини. Досягаючи глибоко лежачих шарів, проникаюче ІЧ- випромінювання через реакцію крові і нервової системи впливає на функції залоз і загальний обмін речовин; таким чином посилюється реакція загального захисту організму, створюється бар'єр на шляху проникнення холоду в організм тварини, попереджуючи його переохолодження.

Все це дає можливість приписати короткохвильовому ІЧ- випромінюванню специфічну біологічну дію. Нервові і гуморальні впливи при оптимальних режимах ІЧ-опромінення нормалізують тонус вегетативної нервової системи, позитивно позначаються на стані, розвитку, прирості ваги, а також на збереженні молодняка тварин і птиці. При переривистому режимі роботи ІЧ-опромінювачів змінний вплив високих і низьких температур на тварин піддає їх судинну систему своєрідному тренуванню, відбувається загартування організму.

Таким чином, ІЧ-опромінення на відміну від інших засобів місцевого обігріву не тільки охороняє тварин від переохолодження, а й викликає посилення біологічних процесів в організмі, сприяє підвищенню ефективного тонуусу і природних захисних сил організму.

Специфічність дії дозволяє також використовувати ІЧ-опромінення в лікувальних цілях. В основі терапевтичної дії короткохвильового ІЧ- випромінювання лежить здатність викликати активну гіперемію (теплову еритему), що покращує живлення тканин, прискорює розсмоктування патологічних продуктів. Цим пояснюється широке застосування ІЧ- випромінювання для лікування різних запальних процесів. У хронічних стадіях запалення при дії ІЧ-випромінювання в гіперемізованій області зосереджується велика кількість ферментних елементів крові, що веде до збільшення утворення продуктів окислення та підвищення обміну в тканинах. Завдяки цим же обставинам посилюється живлення пошкоджених тканин, регенерація клітин, в результаті прискорюється загоєння ран, виразок і т. д. Інфрачервоне опромінювання посилює випаровування вологи, цим пояснюється його висихаюча дія, що широко використовується при лікуванні екзем, дерматитів, опіків і т.д. Під впливом ІЧ-опромінення в організмі тварини відбувається активація кровотворних органів і спостерігається збільшення в крові кількості еритроцитів і лейкоцитів, вмісту гемоглобіну, зміни у змісті білкових фракцій крові, підвищується рівень імунобіологічної реактивності організму до різноманітних захворювань.

11.2 Опромінювачі та установки для опромінення тварин і птиці, їх основні характеристики

Для захисту ІЧ-ламп від механічних ушкоджень і крапель води, а також для перерозподілу потоку випромінювання в просторі застосовують спеціальні арматури. Джерело випромінювання разом з арматурою називається опромінювачем. Опромінювачі з різними ІЧ-лампами широко застосовуються в тваринництві для локального обігріву молодняка сільськогосподарських тварин і птиці. Випромінювач типу ССП01-250 (рис. 3) розроблений на базі світильника «Астра-12» і модифікований до лампи типу ИКЗК 220-250.



Рис. 4 – Інфрачервоний опромінювач типу ССП01-250

Він складається з пластмасового корпусу і емальованого відбивача. Всередині корпусу розміщено фарфоровий патрон для цоколя типу E27. Відбивач покритий силікатною емаллю, яка легко очищається від забруднення. Знизу на відбивачі передбачена сітка, що захищає ІЧ-лампу від механічних ушкоджень. На корпусі опромінювача є закриваючий пластмасовим щитком отвір, де розташована збірка затискачів. Збірка затискачів допускає приєднання як мідних, так і алюмінієвих проводів або кабелю перерізом до 4 мм². Опромінювач кріпиться на гак за допомогою підвіски.

Опромінювачі рефлекторні типу ОРИ аналогічні по будові і мають конічний захисний корпус із листової сталі. Зверху випромінювача під пластмасовим ковпаком розташований фарфоровий патрон «Голіаф» (для цоколя типу E40). Опромінювач типу ОРИ (рис. 5, а, б) випускається з лампою типу ИКЗ 220-500 - ОРИ-2 - з лампою типу ПС-70/Е-11010-375. Опромінювач ветеринарний типу ОВИ-1 (рис. 6) випускається з лампою типу ИКЗ 220-500-1.

Він складається з двох основних частин - металевого корпусу і захисної сітки. Патрон лампи закритий пластмасовим ковпаком, між ним і металевим корпусом передбачено отвори для охолодження цоколя ламп. Опромінювач має герметичне виконання. В даний час серійно випускається опромінювач «Латвіко» з лампою типу КИ 220-1000. Корпус випромінювача коробкової форми, виготовлений з оцинкованої жерсті. Всередині корпусу розташована лампа з відбивачем, захищена знизу металевою сіткою. Опромінювач підвісний, кріпиться до натягнутого тросу за допомогою дроту за вушка корпусу.

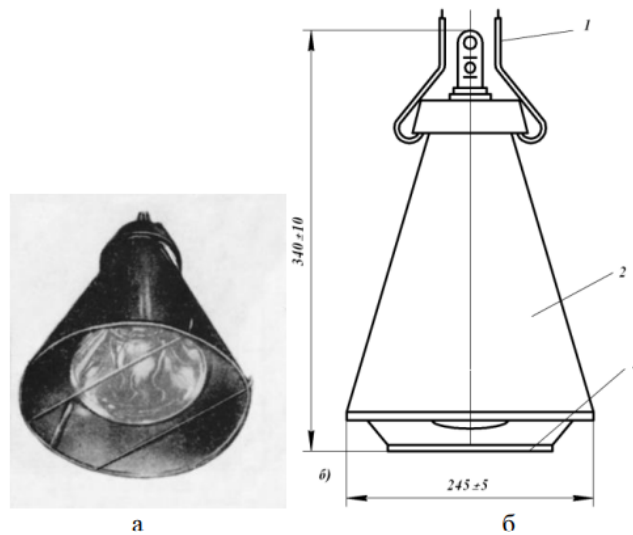


Рис. 5 – Інфрачервоний опромінювач типу ОРИ-1: а) загальний вигляд; б) схема конструкції: 1 – підвіска; 2 – корпус; 3 – сітка

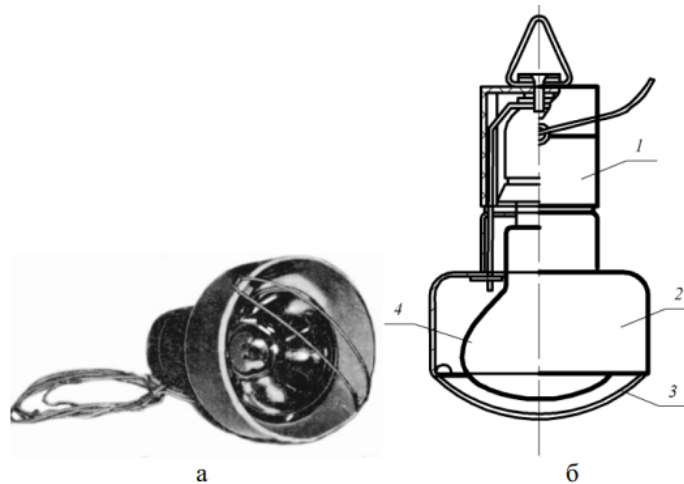


Рис. 6 – Опромінювач ветеринарний типу ОВИ-1: а) загальний вигляд; б) розріз: 1 – корпус; 2 – пластмасовий ковпак; 3 – захисна сітка; 4 – ІЧ-лампа

Розроблено опромінювач типу ОЭИ-500. Зовнішній вигляд аналогічний «Латвіко». В середині закріплені фарфорових патрона для ламп типу ИКЗК 220-250. Підвішується випромінювач до троса на ланцюгах, це дозволяє змінювати висоту підвісу.

Різні конструкції опромінювачів з ІЧ-лампами випускаються також за кордоном. Так, фірма «Прем'єр» (США) випускає брудер, що складається з шести дзеркальних ламп потужністю по 500 Вт. Він розрахований на вирощування 1000 курчат. Розроблено також брудер, який складається із парасольки та ІЧ-опромінювачів, закріплених на рухомому штативі. Зміна температурного режиму брудера досягається шляхом установки штатива на різні відстані від поверхні Науково-дослідним інститутом механізації сільського господарства (Угорщина) був розроблений брудер з ІЧ-лампами. Брудер складається з чотирьох ламп потужністю по 250 Вт, він виготовляється з парасолькою і без парасольки. Температурний режим регулюється зміною висоти підвісу брудера.

Для ІЧ-обігріву молодняку на базі ТЭН розроблено два типи опромінювачів: ОКБ-3296 і ОКБ-1376А.

Опромінювач ОКБ-3296 складається з трьох основних елементів: джерела ІЧ-випромінювання, відбивача і струмовідводів. В якості ІЧ- опромінювача застосовано трубчатий нагрівач потужністю 500 Вт. Параболічний відбивач виготовлений із сталі і покритий емаллю як з внутрішньої, так і з зовнішньої поверхні. Нагрівач (ТЕН) поміщений в площину відбивача і знизу закритий сіткою. На корпусі відбивача встановлено вимикач. Для підключення до мережі опромінювач забезпечений штепсельним роз'ємом. Опромінювач був випущений малою серією.

Опромінювач ОКБ-1376А (рис. 7) представляє собою сталевий кожух з закріпленими у верхній його частині трьома ТЕНами.



Рис. 7 – Інфрачервоний опромінювач типу ОКБ-1376А

Стінки кожуха подвійні, простір між ними заповнений теплоізоляційною масою. Кожен ТЕН потужністю 0,4 кВт має свій вимикач, який розміщений на захисному кожусі, що робить можливим ступеневе включення опромінювача - на 0,4; 0,8; 1,2 кВт. Напруга на ТЕН подається через клемник, який розміщений під захисним кожухом. Знизу на опромінювачі передбачена захисна сітка. Для місцевого обігріву молодяку птиці широко застосовуються підвісні електричні брудери БП-1, БП-1А. Електробрудер БП-1 призначений для обігріву 500-600 курчат при утриманні їх на підлозі.

Брудер (рис. 8, а) представляє собою конструкцію у вигляді порожнистої шестигранної усіченої металевої піраміди 7, забезпеченою упорами 8 змінної висоти для встановлення на підлозі і тросовою підвіскою 4 для кріплення брудера до стелі приміщення. Під зонтом брудера змонтовані чотири «темних» випромінювача - ТЕНа потужністю 250 Вт кожен. Електрична принципова схема брудера БП-1 показана на рис. 8, б). Опромінювачі R1-R4 зібрані в схему рівно плечового мосту, в діагональ якого включена сигнальна лампа HL2, яка запалюється при перегорянні одного з ТЕНів.

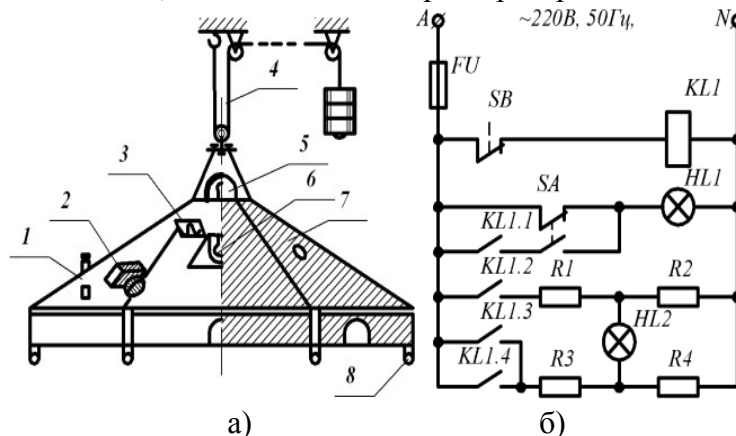


Рис. 8 - Брудер БП-1: а) Загальний вигляд; б) Принципова електрична схема брудера

БП-1: 1 – контрольний термометр; 2 – терморегулятор; 3 – ІЧ-опромінювач; 4 – тросова підвіска з противагами; 5 – сигнальна лампа перегорання ТЕНів; 6 – лампа освітлення; 7 – корпус; 8 – упори.

Температура під парасолькою брудера підтримується на заданому рівні з точністю до 2-3 °С температурним реле на базі сільфону з легко випарною рідиною. При підвищенні температури рідина в сільфоні випаровується, обсяг сільфону збільшується, і останній, впливаючи на мікровимикач, вимикає опромінювачі. При зниженні температури відбувається зворотній процес, в результаті якого включаються опромінювачі. Під парасолькою брудера встановлена лампа освітлення НЛ1, яка під час встановлення температурного режиму може включатися перемикачем SB паралельно ТЕНам і використовуватися як лампа сигналізації включення і відключення ІЧ-випромінювача. Огорожа брудера забезпечена вікнами для вентиляції під парасолькового простору. Потужність брудера БП-1 - 1кВт.

11.3 Методика розрахунку і вибору установок інфрачервоного випромінювання

В основу розрахунків установок локалізованого ІЧ-опромінення молодняка покладено точковий метод, використання якого обумовлено необхідністю врахування нерівномірності розподілу опромінення. Потрібну рівномірність опромінення встановлюють залежно від допустимих зоотехнічних вимог відхилень температури від номінальної.

Завдання розрахунку полягає у визначенні висоти підвісу опромінювачів і коригуванні напруги, що підводиться до них відповідно до заданих значень ІЧ опроміненості, а також у забезпеченні в зоні обігріву рівномірного опромінення.

Такий підхід до розрахунку ІЧ опромінювальних установок відповідає вимогам мінімізації енерговитрат в процесі локалізованого обігріву молодняка тварин і птиці. На рис. 9 наведена крива $E(r)$ розподілу опроміненості на горизонтальній поверхні під опромінювачем.

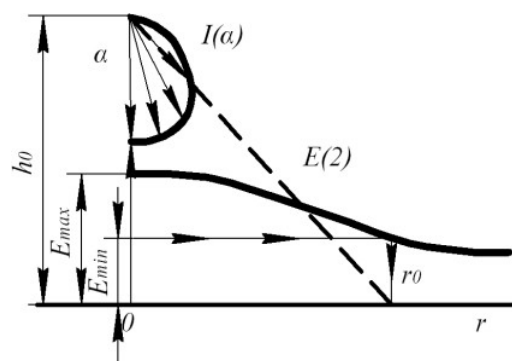


Рис. 9 - Розподіл ІЧ опроміненості на горизонтальній поверхні під опромінювачем

Нерівномірність ІЧ опромінення не повинно виходити за межі:

$$Z = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

Така зона обігріву являє собою в плані коло радіусом r . За його межами

опроміненість нижче допустимої - $E < E_{min}$. Щоб виключити непродуктивні витрати енергії, необхідно площу, зони опромінення прийняти рівною тій площі, яка потрібна виділеному числу тварин при локалізованому обігріві:

$$\pi r_p^2 = n_m S_m$$

де r_p – розрахунковий радіус зони обігріву з допустимою нерівномірністю опромінення, м; n_m – число тварин або птиці в зоні локалізованого опромінення; S_m – площа, займана однією твариною в зоні обігріву, m^2 .

Радіус зони опромінення з допустимою нерівномірністю прямо пропорційний висоті розташування опромінювача:

$$\frac{r_p}{h_p} = \frac{r_0}{h_0}$$

де h_p - розрахункова висота розташування опромінювача, м; h_0, r_0 - відповідно значення висоти розташування опромінювача і радіуса зони обігріву, м.

З урахуванням співвідношень попередніх виражень розрахункова висота розташування опромінювача:

$$h_p = \frac{h_0}{r_0} \sqrt{\frac{n_m S_m}{\pi}}$$

Опроміненість, що створюється в зоні обігріву, залежить від числа ламп в випромінювачі і підведеної до неї напруги. Вона повинна бути рівною необхідній опроміненості E_{mp} :

$$E_{mp} = n_l E_{l.p.}$$

де n_l - число ламп в опромінювачі; $E_{l.p.}$ - опроміненість, Bm/m^2 , що створюється в зоні обігріву однією лампою, при розрахунковій висоті h_p розташування опромінювача і розрахунковій напрузі U_p на установці.

Разом з тим при фіксованому положенні опромінювача опроміненість, Bm/m^2 , в зоні обігріву:

$$E_{l.p.} = E_{l.n.} \left(\frac{U_p}{U_n} \right)^2$$

де $E_{l.n.}$ - опроміненість, створювано однією лампою при розрахунковій висоті h_p і номінальній напрузі живлення, Bm/m^2 ; U_p - напруга, що підводиться, В.

Визначення необхідної кількості ламп і розрахункову напругу на установці. Розрахункове число $n_{l.p.}$ ламп знаходять при номінальній напрузі на установці $U_p = U_n$:

$$n_{l.p.} = \frac{E_{m.p.}}{E_{l.n.}}$$

Фактично прийняте число ламп в опромінювачі повинно бути цілим і більше розрахункового ($n_l \geq n_{l.p.}$).

Розрахункову напругу на опромінювачі визначають за формулою при прийнятому числі n_l ламп в опромінювачі:

$$U_p = U_n \sqrt{\frac{E_{m.p.}}{E_{л.р.} \cdot n_{л}}} = U_n \sqrt{\frac{n_{л.р.}}{n_{л}}}$$

В якості необхідної опроміненості може бути прийняте будь-яке її значення в межах зони обігріву $E_{max} \geq E_{тр} \geq E_{min}$. Однак зручніше скористатися E_{min} або E_{max} , значення яких вже відомі. Приймаючи максимальні значення, отримаємо:

$$E_{mp} = K_m (t_{n\max} - t_n)$$

де $t_{n\max}$ - максимальна рекомендована температура в зоні локалізованого обігріву, $^{\circ}C$.

Опроміненість $E_{л.н}$ при номінальній напрузі можна визначити, використовуючи відоме співвідношення висоти розташування опромінювача і опроміненості під ним:

$$E_{л.н} = E_{л.\max} = E_{0\max} \frac{h_0^2}{h_p^2}$$

де $E_{0\max}$ - реперне значення максимальної опроміненості в зоні обігріву, яке відповідає реперній висоті h_0 розташування опромінювача, Bm/m^2 .

Правильна експлуатація інфрачервоних опромінювальних установок, що забезпечує максимальне збереження і продуктивності молодняка тварин і птиці, передбачає систематичний контроль теплового режиму в зоні обігріву.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису установок для інфрачервоного опромінення.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Використання інфрачервоного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.

ТЕМА №12. АВТОМАТИЗОВАНІ УСТАНОВКИ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОБІГРІВУ І УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ МОЛОДНЯКА ТВАРИН І ПТИЦІ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з автоматизованими установками інфрачервоного обігріву і ультрафіолетового опромінення молодняка тварин і птиці.

План лекції

1. Технічні характеристики установок ІЧ- і УФ- опромінення.
2. Опромінювальні установки ИКУФ-1 і ИКУФ-1М.
3. Конструкція опромінювача установки «Луч».

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;

- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

12.1 Технічні характеристики установок ІЧ- і УФ- опромінення

В установках забезпечення оптимального температурного режиму утримання молодняка тварин і птиці широко використовується інфрачервоний обігрів. Однак він найбільш ефективний у поєднанні зодночасним ультрафіолетовим опроміненням.

Спільна дія інфрачервоних і ультрафіолетових променів надає найбільш сумарний біологічний вплив на тварин і птицю, недосяжне при роздільному ультрафіолетовому опроміненні або інфрачервоному обігріві. Наприклад, при використанні одночасного інфрачервоного нагріву і ультрафіолетового опромінення в телятниках і свинарниках на 15-20 % збільшується приріст маси молодняку і на 10-15 % - збереження.

Для одночасного інфрачервоного і ультрафіолетового опромінення молодняка сільськогосподарських тварин і птиці розроблені і серійно випускаються промисловістю стаціонарні автоматизовані установки ИКУФ-1, ИКУФ-1М, «Луч» і «СОЖ»-1 (табл. 1.).

Таблиця №1.

«Технічні характеристики установок ІЧ- і УФ- опромінення»

Тип установки	Тип джерела	Габарити, мм	Маса, кг
ИКУФ-1	ИКЗК-220-230-250×2, ЛЭ-15×1 (ЛЭО-15)	880×210×270	7,0
ИКУФ-1М	ИКЗК-220-230-250×2, ЛЭ-15×1 (ЛЭО-15)	800×200×300	6,5
«Луч»	ИКЗК-220-230-250×2, ЛЭ-15×1 (ЛЭО-15)	520×400×250	5,9
«СОЖ»	ИКЗК-220-230-250×2, ДРТ-100, ДРТ-2-100	800×210×240	5,6

Вказані установки призначені для місцевого обігрівання поросят- сосунів до 45-60 - денного віку, телят до 45-120-денного, ягнят до 60- денного, молодняка птиці (курчат, індичат, каченят, гусенят) - до 20-30 - денного віку та їх ультрафіолетового опромінення протягом усього часу утримання. Установки складаються з блоку програмного управління і 20, 40, 60 або 80 опромінювачів. Кожен опромінювач містить дві інфрачервоні лампи ИКЗК 220-250 і одну ультрафіолетову (вітальну ЛЭ15 або вітально-освітлювальну ЛЭО15).

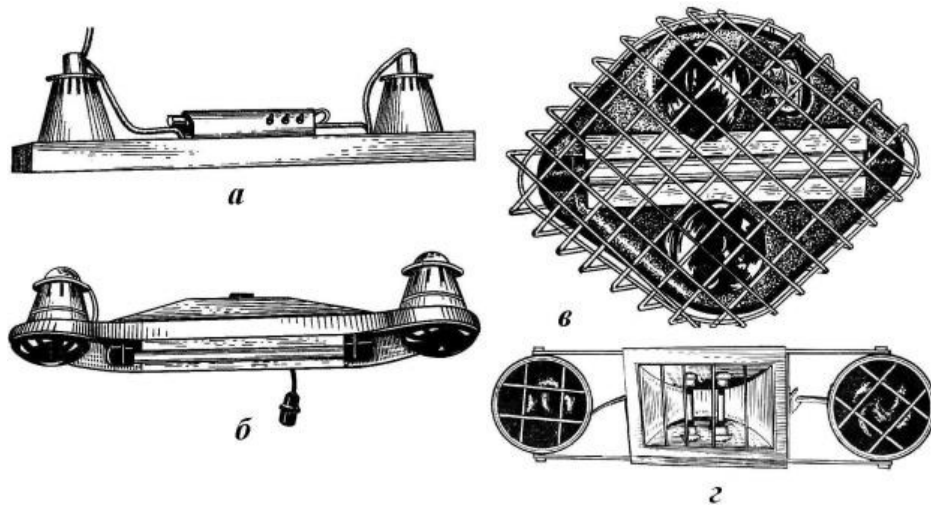


Рис. 1 – Загальний вигляд опромінювачів автоматизованих установок інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення молодняка тварин та птиці:
а) ИКУФ-1; б) ИКУФ-1М; в) «Луч»; г) СОЖ-1

12.2 Опромінювальні установки ИКУФ-1 і ИКУФ-1М

Опромінювальні установки ИКУФ-1 і ИКУФ-1М (рис. 1 а, б) незначно відрізняються по конструктивному виконанню. Вони складаються із жорсткої металевої коробки, на обох кінцях якої розміщені інфрачервоні лампи ИКЗК220-250, а між ними - ультрафіолетова лампа ЛЭ15 (ЛЭ015) з відбивачем. Пускорегулюючий пристрій ультрафіолетової лампи встановлено зверху на опромінювачі та закрито кожухом (рис. 2.). Знизу опромінювач закритий решіткою. За допомогою трипровідного шнура і штепсельного роз'єму він підключається до мережі. Підвішують опромінювачі над зоною відпочинку молодняка на тросі або підвісках із сталевого дроту за спеціальні дужки.

Відмінність опромінювачів установок ИКУФ-1 і ИКУФ-1М в основному в тому, що використання герметичних патронів і тримачів стартера, а також застосування резинових сальникових ущільнень робить конструкцію опромінювачів установки ИКУФ-1М пилевологозахищеною, на них відсутні перемикачі, які призначені для індивідуального управління інфрачервоним обігрівом і ультрафіолетовим опроміненням молодняка.

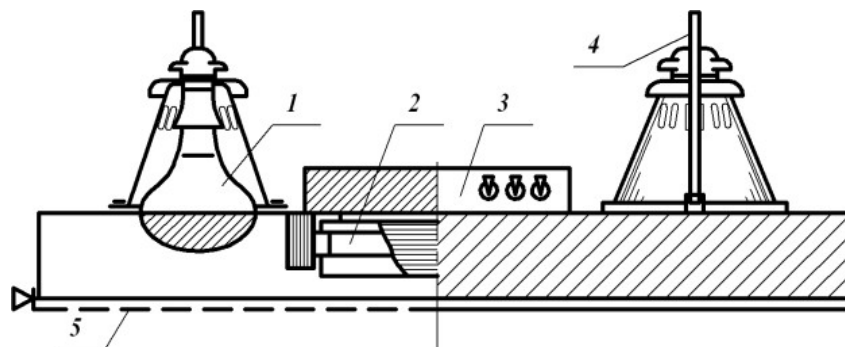


Рис. 2. – Конструкція опромінювальної установки ИКУФ-1: 1 – ІЧ-лампа; 2 – вітальна лампа; 3 – кожух ПРА з перемикачами; 4 – підвіска; 5 – захисні решітки

Схема управління роботою установки ИКУФ-1 передбачає два режими роботи:

автоматичний і ручний. (рис. 3).

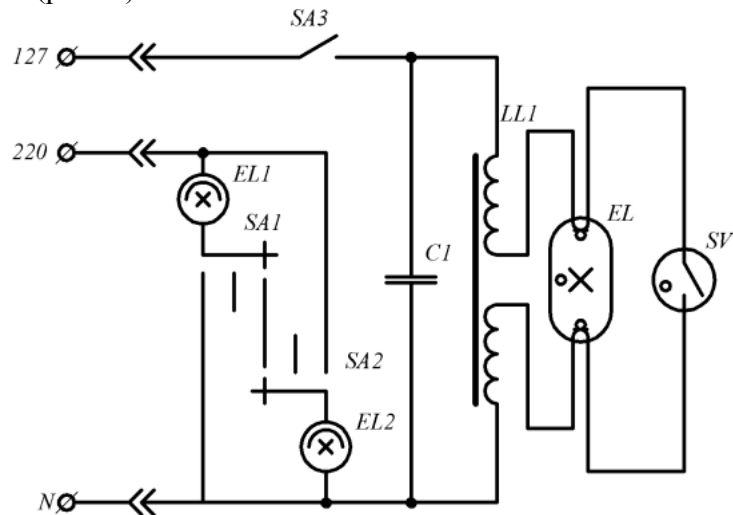


Рис. 3 – Електрична принципова схема випромінювача ИКУФ-1

Один з режимів роботи ІЧ ламп кожного випромінювача може бути заданий за допомогою перемикачів SA1, SA2: включена тільки EL1, включена тільки EL2, включені EL1 і EL2 на повну напругу мережі, EL1 і EL2 включені послідовно і кожна з ламп включена на половину напруги мережі. Перемикач SA1 служить для управління роботою вітальною лампою, включеної за стартерною схемою імпульсного запалювання з попереднім підігрівом електродів.

В універсальній автоматизованій установці «Луч» опромінювач представляє собою жорстку сталеву конструкцію овальної форми. У опромінювачі на кронштейнах змонтовані дві інфрачервоні лампи ИКЗК220-250 і одна вітальна лампа ЛЭ15 (ЛЭ015) з відбивачем (рис. 1, в).

На опромінювачі під захисним кожухом розташована пускорегулююча апаратура ультрафіолетової лампи. Знизу опромінювач закритий металеву решіткою. Патрони інфрачервоних ламп ущільнені спеціальними гумовими манжетами, лампотримачі ультрафіолетової лампи виконані у брызкозахисному виконанні. У арматурі опромінювача є пристосування для його підвіски і ввідний пристрій для живильного кабелю. До мережі опромінювач підключається через відгалужувальні коробки брызкозахисного виконання.

12.3 Конструкція опромінювача установки «Луч»

Конструкція кріплення інфрачервоних ламп дозволяє встановлювати їх під кутом 45, 68 і 90 ° до обігрівальної поверхні, що дає можливість більш ефективно використовувати інфрачервоний потік і більш рівномірно його розподіляти по опромінювальній поверхні (рис. 4.). Для зміни температурного режиму по мірі зростання молодняка тварин або птиці в установці «Луч» використані регулятори напруги живлення інфрачервоних ламп. Для цієї мети може бути використаний найпростіший тиристорний регулятор напруги (рис. 5). Для живлення вітальних ламп передбачається спеціальний понижуючий трансформатор 220/127 В, аналогічний, який використовується в установці ИКУФ-1.

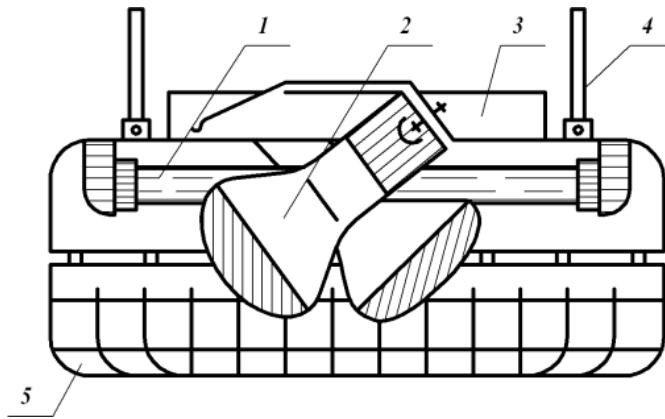


Рис. 4 – Конструкція опромінювача установки «Луч»: 1 – вітальна лампа; 2 – ІЧ-лампа; 3 – кожух ПРА; 4 – підвіска; 5 – захисна металева решітка

Подальше вдосконалення установок ИКУФ-1, ИКУФ-1М і «Луч», яке інтенсивно проводиться останнім часом, спрямоване на поліпшення їх експлуатаційних якостей, відпрацювання найбільш доцільних робочих режимів і доопрацювання конструкції опромінювачів - доповнення опромінювачів високовольтними іонізаторами повітря, у тому числі з малопотужними вентиляторами, заміну ламп ЛЭ15 (ЛЭ015) на більш потужні, наприклад ЛЭ30 (ЛЭ030), або лампи типу ДВТ невеликої потужності, наприклад, ДРТ100, ДРТ2-100, ДРТ250 та ін, які живляться від мережі змінного струму напругою 220 В і випромінюють ультрафіолетові промені всього діапазону (від 200 до 380 нм).

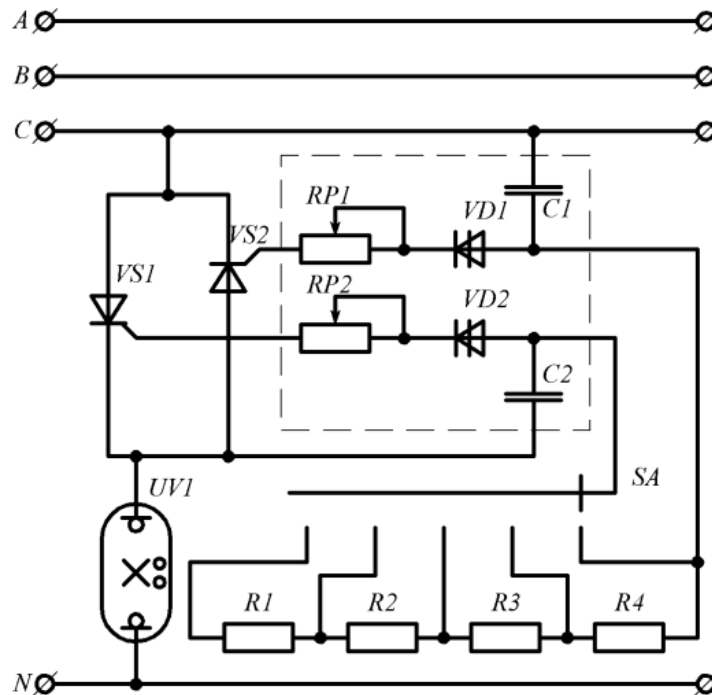


Рис. 5 – Тиристорний регулятор установок «Луч» і «СОЖ»(інші дві фази виконані аналогічно)

Установки інфрачервоного обігріву замість ламп комплектуються більш ефективними термовипромінювачами типу ЭИС-0 ,25-И1 «Ирис». На основі нових ультрафіолетових ламп ДРТ100 і ДРТ2-100 в даний час розроблена і освоюється

промисловістю установка типу СОЖ-1 (рис 2.47, г), яка призначена, як і установки ИКУФ і «Луч», для локального інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення молодняку сільськогосподарських тварин і птиці. Опромінювач установки СОЖ-1 має дві інфрачервоні лампи типу ИКЗК220-250, розміщені в конічному корпусі, бактерицидну лампу типу ДРТ100 для знезаражування повітря та місць утримання молодняку і вітальну лампу типу ДРТ2-100 (рис. 1). Корпуса з лампами ИКЗК220-250 можуть відхилятися від вертикального положення на кут до 30 °.

Заданий режим роботи установки СОЖ-1 автоматично підтримується програмним пристроєм, який разом з електромагнітними пускачами і комутуючою апаратурою розташовані в пульті управління. У схемах управління передбачено одночасне використання ламп ИКЗК220- 250 в якості баластних опорів ламп ДРТ100 і ДРТ2-100. Таке рішення дозволило відмовитися від баластних дроселів, знижувальних трансформаторів та деякої кількості компенсуючих конденсаторів, що в 2 рази знизило енергоємність і в 3 рази матеріаломісткість у порівнянні з установкою ИКУФ-1.

Для інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення до 4000 підсосних кролят, які перебувають з самками, 120 свиноматок з поросятами або 120 телят, а також одночасного освітлення приміщення РІЕСГ (Росія) розробив комбіновану установку ЭРИКО-1, яка складається з 125 інфрачервоних опромінювачів, 70пилевологозахисних вітально-освітлювальних опромінювачів з лампами ЛЭ30-1 і ЛБ30, 10 світильників чергового освітлення і шафи управління. Для ультрафіолетового опромінення 200 корів, 12 тис. курей-несучок або 25 тис. курчат при утриманні на підлозі і одноярусному клітковому утриманні, штучного освітлення 1600-1800 м² площі приміщення та одночасної дезінфекції повітря у пташниках і корівниках, також розроблено комбіновану установку ОЭРБА, що складається з 100 вітально-освітлювальних бактерицидних опромінювачів типу ОЭРБА 3×30 з лампами ЛЭ30-1, ЛБ30 і ДБ30-1, 10 світильників чергового освітлення і шафи керування. В установках ЭРИКО-1 і ОЭРБА лампи ЛЭ30-1 і ЛБ30 можна замінити вітально-освітлювальними лампами змішаного випромінювання типу ЛЭО30.

При експлуатації установок ультрафіолетового опромінення та інфрачервоного обігріву висота підвісу випромінювачів залежить від виду та віку тварин і птиці, а також температури повітря в приміщенні. Наприклад, при обігріві поросят установками ИКУФ-1 і ИКУФ-1М в приміщеннях за наявності системи загального обігріву один опромінювач, як правило, розміщують над двома суміжними станками, а за відсутності системи - по одному опромінювачу на кожен станок. Висота підвісу опромінювачів над підлогою при обігріві поросят у віці 1-20 діб і температурі повітря в приміщенні 12-14°С становить 0,5-0,6 м, при 16- 18°С - 0,6-0,7 м, а при 20°С - 0,7-0,8 м; у віці 20-25 діб і температурі повітря в приміщенні 8-10°С - 0,7 м, 12-14° С - 0,8 м; 16-18°С - 0,9 м, 20°С - 1,0 м. При цьому режим інфрачервоного обігріву рекомендується наступний: у перші 3 дні інфрачервоні лампи включені постійно; з 3-го до 10-го дня - 45 хв. обігріву і 15 хв. паузи; з 10-го до 45-го дня - по 30 хв. обігріву і паузи.

При розміщенні телят в клітках один випромінювач установки використовують для обігріву двох суміжних кліток, а при груповому утриманні обладнують обігрівальним майданчиком з розрахунку один опромінювач на 4 м² площі. Рекомендований режим обігріву телят - переривистий з вимиканням на 30 хв. після кожних 1-1,5 год. роботи. Допускається також безперервний обігрів телят з тригодинними перервами під час

годування - вранці, вдень і ввечері.

Висота підвісу опромінювачів над підлогою при обігріві телят у віці 1-45 діб і температурі повітря в приміщенні 5-6°C становить 1,2 м, 7- 8°C - 1, 3 м, 9-10°C - 1,4 м, 11...13°C - 1,5 м, а у віці 45-120 діб і температурі повітря в приміщенні 5-6°C - 1,4 м, 7-8°C - 1,5 м, 9-10°C - 1,6 м, 11-13°C - 1,7 м. У перші два-три дні життя, коли телята більше лежать, висота підвісу випромінювачів повинна бути зменшена на 0,4-0,5 м.

У кошарах приміщення для проведення ягніння обладнують опромінювачами з розрахунку 25 Вт встановленої потужності на одну матку з приплодом, а при штучному вирощуванні ягнят - з розрахунку 250 Вт на 10 ягнят. Ягнят обігрівають до 15-20 - денного віку, а при температурі в кошарі нижче + 10°C - до 45-60 - денного віку. Перші три- чотири дні ягнят обігрівають в режимі 3 год. обігрів, 45 хв. пауза. Паузи доцільно поєднувати з часом годування. У наступні дні - 1 год. обігріву і 30 хв. пауза. Висота підвісу опромінювачів над підлогою при обігріві ягнят у віці 1-20 діб і температурі повітря в приміщенні - 5°C становить 0,8 м, 0°C - 0,9 м, 5°C - 1, 0 м, 10°C - 1,1 м, а у віці 21-60 діб і температурі повітря в приміщенні -5°C - 1,1 м, 0°C - 1,2 м, 5°C - 1,3 м. При використанні установки ИКУФ-1 висота підвісу опромінювачів може залишатися незмінною, а зі збільшенням віку ягнят інфрачервоні лампи вимикачами опромінювачів перемикаються з паралельного з'єднання на послідовне.

При обігріві молодняка птиці найбільш доцільно використовувати низькотемпературні керамічні плоскі інфрачервоні опромінювачі з параболоїдним відбивачем ЭИС-0,25-И1 «Ирис», а при їх відсутності, тільки лампи ИКЗС і ИКЗК. Інфрачервоний обігрів молодняка птиці у віці 1-30 діб застосовують при утриманні птиці на підлозі, в одноярусних клітинних батареях і в багатоярусних зі «стартовим» ярусом. Одним джерелом інфрачервоного випромінювання потужністю 250 Вт можна обігріти 100-120 курчат, 60-80 індичат, гусенят або каченят першого віку. Режим обігріву, як правило, безперервний, хоча до 20-30 - денного віку доцільно влаштовувати 15-хвилинні паузи після 45-105 хв. спостерігати за поведінкою і фізіологічним станом птиці. При появі симптомів перегріву слід опромінювачі підняти вище або зменшити напругу.

При експлуатації установки «Луч» кут нахилу інфрачервоних ламп висота підвісу опромінювачів залишається незмінними. Залежно від температури повітря в приміщенні, віку та виду тварин та птиці змінюють потужність інфрачервоних ламп за допомогою тиристорного регулятора напруги. У випромінювачів доцільно встановити кути нахилу ламп інфрачервоного обігріву 45 ° або 68 °, так як в цьому випадку розподіл інфрачервоного опромінення по поверхні обігрівання більш рівномірний, ніж при нахилі під кутом 90°, збільшується зона корисної дії опромінювача і зростає ККД установки.

Тривалість ультрафіолетового опромінення молодняка тварин і птиці протягом доби залежить від висоти підвісу опромінювачів установок ИКУФ-1, ИКУФ-1М і «Луч» і визначається розрахунком за формулами:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{cp}}$$

де H_{Σ} – рекомендована добова вітальна експозиція опромінення, $мвит \cdot год \cdot м^{-2}$; E_{cp} – середня віта опроміненість об'єкту, $мвит \cdot м^{-2}$.

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{\sigma} K_a}$$

де $K_a = 1,2 \dots 1,4$ – коефіцієнт, який враховує вплив арматури на перерозподіл променевого потоку в необхідному напрямі.

При використанні ламп ЛЭО15 значення максимальної вітальної опроміненості слід зменшити в 3 рази. Для поросят-сосунів добовий тривалість опромінення при висоті підвісу опромінювачів 0,6 м складає 80 хв., 0,7 м - 100 хв., 0,8 м - 120 хв., для поросят, відповідно, 120, 150 і 180 хв. При ультрафіолетовому опроміненні телят і висоті підвісу опромінювачів установок ИКУФ-1, ИКУФ-1М і «Луч» 1,2 м над підлогою тривалість опромінення становить 2 год., 1,2 м - 4 год., 1,4 м - 5 год. і 1,5 м - 6 год. на добу. При лампах ЛЭО15 вказану добову тривалість ультрафіолетового опромінення необхідно збільшити в 3 рази.

Слід пам'ятати, що тварин та птицю до ультрафіолетового опромінення треба привчати поступово. Наприклад, при опроміненні поросят лампи ЛЭ15 в перший день включають на 20 хв., в другий - на 40 хв., в третій - на 60 хв., а з 3-го до 45-го дня - поступово доводять до норми (3 рази по 40 хв. щодня у денний час).

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису автоматизованих установок інфрачервоного обігріву і ультрафіолетового опромінення молодняка тварин і птиці.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Використання інфрачервоного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.

ТЕМА №13. ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з основними вимогами при проектуванні освітлювальної мережі освітлювальних установок.

План лекції

1. Вибір напруги і джерел живлення;
2. Основні елементи та характеристика схеми живлення освітлювальних установок;
3. Розрахунок електричної освітлювальної мережі;
4. Вимоги до освітлювальних мереж;
5. Вибір схеми живлення;
6. Вибір марки проводу та способу прокладання;
7. Вибір групових щитків;
8. Вибір апаратів захисту.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.

IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

13.1 Вибір напруги і джерел живлення

Для освітлювальних установок, як правило, має застосовуватися напруга змінного струму при заземленій нейтралі не вище 380/220 В, для постійного струму і змінного з ізолюваною нейтраллю - не вище 220 В. Напруга 12 і 36 В застосовується переважно для місцевого і переносного освітлення. Для забезпечення надійної роботи газорозрядних ламп напруга на них не повинно бути нижче 90% номінальної. Напруга у всіх ламп не повинно бути більше 105% номінального.

При напрузі силових приймачів 380 В живлення освітлення, як правило, повинно здійснюватися від трансформаторів 380/220 В, спільних для силової та освітлювальної мережі.

Установка самостійних освітлювальних трансформаторів необхідна коли напруга 380 В не може бути допущено за умовами електробезпеки (спеціальні електроустановки) або коли силове навантаження викликає неприпустимі коливання напруги.

13.2 Основні елементи та характеристика схеми живлення освітлювальних установок

До основних елементів схеми живлення освітлювальних установок можна віднести:

Ввідний пристрій (ВП) - сукупність конструкцій, апаратів і приладів, встановлених на вводі лінії живлення в будинок або його відокремлену частину.

Ввідний розподільчий пристрій (ВРП) - ВУ включає в себе апарати й прилади ліній, що відходять.

Головний розподільний щит (ГРЩ) - розподільний щит, через який забезпечується електроенергією всю будівлю або його відособлена частина.

Розподільний пункт (РП) - пристрій, в якому встановлені апарати захисту і комутаційні апарати для окремих електроприймачів або їх груп.

Груповий щиток - пристрій, в якому встановлені апарати захисту і комутаційні апарати для окремих груп світильників, штепсельних розеток і стаціонарних електроприймачів.

Квартирний щиток - груповий щиток, установлений у квартирі і призначений для приєднання мережі, яка живить світильники, розетки та стаціонарні електроприймачі.

Поверховий розподільний щиток - щиток, установлений на поверхах житлових будинків для живлення квартир або квартирних щитків.

Електрощитове приміщення - приміщення, доступне тільки для обслуговуючого персоналу в якому встановлюються ВП, ВРП, ГРЩ, та інші распреустройства.

Живильна освітлювальна мережа - мережа від розподільного пристрою підстанції або відгалуження від повітряних ліній електропередачі до ВП, ВРП, ГРЩ.

Розподільна мережа - мережа від ВП, ВРП, ГРЩ до розподільних пунктів, щитків і пунктів живлення зовнішнього освітлення.

Групова мережа - мережа від щитків до світильників, штепсельних розеток та інших електроприймачів.

Пункт живлення зовнішнього освітлення - електричне розподільчий пристрій

для приєднання групової мережі зовнішнього освітлення до джерела живлення.

Фаза нічного режиму - фаза живильної або розподільної мережі зовнішнього освітлення, не відключається в нічні години.

Провід зарядки світильників - провиди, які прокладаються всередині світильника.

Освітлювальні мережі внутрішнього освітлення поділяють на лінії: живильну, що прокладається від трансформаторної підстанції до групових щитків, та групову – від групових щитків до світильників.

По надійності електропостачання освітлювальна навантаження, як і силова, ділиться на три категорії.

Живлення навантажень III категорії може проводитися від однієї однотрансформаторної підстанції. Аварійне і робоче освітлення повинні при цьому мати самостійне живлення, починаючи від розподільного щита підстанції або від вводу в будинок (рис.1).

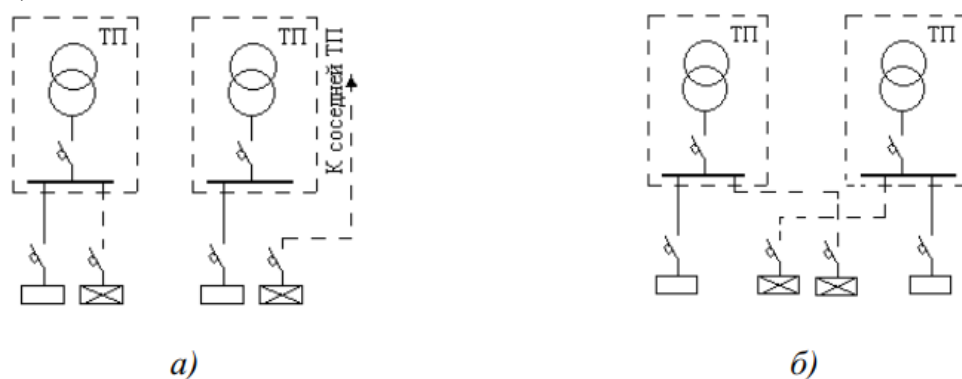


Рис. 1 - Схеми живлення освітлення: а) від однієї трансформаторної підстанції; б) від двох трансформаторної підстанції.

В живлять мережах освітлення застосовуються як магістральні, так і радіальні схеми в залежності від потужності і розташування освітлювальних щитків (рис. 2, а, б).



Рис. 2 - Схеми живлення освітлення: а) -радіальна.; б) -магістральна

Живлення навантажень II категорії при дотриманні ряду умов (наявність централізованого резерву трансформаторів, живлення трансформатора не менше, ніж двома кабелями і т.д.) формально допустимо від однієї одно-трансформаторної підстанції, але насправді для даної категорії бажано мати більш надійну схему живлення. Так, при двох трансформаторних підстанції живлення здійснюється за схемою (рис. 1, б), при

однотрансформаторної підстанції живлення аварійного освітлення здійснюється від іншої підстанції (рис. 1, а).

Живлення навантажень I категорії повинно здійснюватися не менше ніж від двох незалежних джерел. Якщо в двох трансформаторних підстанції (див. Рис. 1, б) живлення трансформаторів здійснюється від двох незалежних джерел, то така схема вже забезпечує живлення освітлювальних навантажень I категорії.

Поєднання силових і освітлювальних ліній живлення можливо для громадських і житлових будівель, а також для виробничих будівель допоміжного характеру. У цих випадках живлення освітлювальних ліній треба здійснювати таким чином, щоб ймовірність збереження в них напруги була максимальною при відключенні силових навантажень.

13.3 Розрахунок електричної освітлювальної мережі

Розрахункове навантаження P_p - це навантаження по якій проводиться розрахунок електричної мережі, вибір перерізу провідників, визначаються рівні напруги у джерел світла.

Якщо для силових споживачів розрахункове навантаження різко відрізняється від встановленої P_y (сума номінальних потужностей всіх споживачів), то для освітлювальних установок розрахункове навантаження приблизно дорівнює встановленої потужності:

$$P_p = P_y k_c,$$

де - k_c коефіцієнт спросу. При відсутності даних по k_c його значення слід приймати рівним:

- 1-для дрібних виробничих будівель і торгових приміщень, зовнішнього освітлення;
- 0,95-для виробничих будівель, що складаються з окремих великих прольотів;
- 0,9- для бібліотек, адміністративних будівель;
- 0,8- для виробничих будівель, що складаються з великого числа окремих приміщень;
- 0,6- для складських приміщень і електростанцій, що складаються з великого числа окремих приміщень.

При розрахунку групової мережі і всіх ланок аварійного освітлення k_c приймається рівним 1. Розрахункове навантаження застосовується в основному для вибору комутуючого апарату і проводів або кабелю, що живлять магістральний освітлювальний щиток.

13.4 Вимоги до освітлювальних мереж

До розрахунку освітлювальних мереж ставляться такі вимоги:

1. Вибір перерізу проводів повинні забезпечувати необхідні напруги джерел світла. Зниження напруги по відношенню до номінального не повинно у найбільш віддалених ламп перевищувати наступних значень:

2,5% - у ламп робочого освітлення промислових і громадських будівель, прожекторного освітлення зовнішніх установок;

5% - у ламп робочого освітлення житлових будівель, зовнішнього освітлення, виконаного світильниками, і аварійного освітлення;

10% - у ламп 12-36 В.

2. Струмові навантаження на окремі дроти не повинні перевищувати допустимі значення, для вибраного перерізу і матеріалу.

3. Вибрані перерізу проводів повинні забезпечити механічну міцність при їх монтажі та експлуатації.

У будинках слід застосовувати кабелі та проводи з мідними жилами. До 2001 р допускалися алюмінієві дроти. У житлових будинках перетин мідних провідників повинні відповідати розрахунковим значенням але не менше:

-лінії групових мереж 1,5 мм²;

-лінії від поверхових до квартирних щитків 2,5 мм²;

-лінії розподільної мережі (стояки) 4 мм².

Забороняється прокладання від поверхового щитка в загальній трубі, коробі або каналі проводів та кабелів, що живлять різні квартири. Не допускається об'єднання нульових робочих і захисних провідників різних груп.

У всіх будівлях лінії групової мережі, що прокладаються від поверхових і квартирних щитків до світильників загального освітлення, штепсельних розеток і стаціонарних електороприймачів, повинні виконуватися трипровідними (фазний -L, нульовий робочий -N, і нульовий захисний РЕ).

Живильні і розподільні мережі, як правило, виконуються проводами і кабелями з алюмінієвими жилами, якщо їх переріз дорівнює 16 мм² і більше.

Лінії групової мережі внутрішнього освітлення повинні бути захищені запобіжниками чи автоматичними вимикачами. Кожна групова лінія, як правило, повинна містити на фазу не більше 20 ламп розжарювання, ДРЛ, ДРІ і т. Д., В це число включаються і розетки. У виробничих, громадських будівлях на однофазні групи освітлення сходів, горищ, коридорів допускається приєднувати до 60 ламп розжарювання потужністю до 60 Вт. У групових лініях, які живлять лампи потужністю 10 кВт і більше, кожна лампа повинна мати самостійний апарат захисту.

На початку кожної групової лінії, в тому числі живиться про шинопроводів, повинні бути встановлені апарати захисту на всіх фазних проводах. Установка апаратів захисту в нульових захисних провідниках забороняється.

Робочі нульові провідники групових ліній повинні прокладатися при застосуванні металевих труб спільно з фазними провідниками в одній трубі, а при прокладанні кабелями або багатожильними проводами повинні бути укладені в загальну оболонку з фазними проводами.

Спільне прокладання проводів і кабелів групових ліній робочого освітлення з груповими лініями освітлення безпеки і евакуаційного освітлення не рекомендується.

13.5 Вибір схеми живлення

Схеми живлення освітлювальних установок повинні забезпечувати:

- необхідний рівень надійності живлення;
- регламентовані рівні напруги і постійність напруги джерела живлення;
- простоту і зручність експлуатації;
- економічність установки.

У більшості випадків освітлювальні навантаження живляться від силових цехових

трансформаторів напругою 6(10)/0,38 кВ із заземленою нейтраллю вторинної обмотки.

Використання самостійних освітлювальних трансформаторів обмежується випадками, коли характер силового навантаження не дає можливість забезпечити необхідну якість напруги, коли використовується для силових навантажень напруга вище 380 В та коли система напруг 380/220 або 220/127 В неприпустима для освітлювальної установки за умовами безпеки.

В освітлювальних мережах розрізняють живильні і групові лінії. Живильна лінія з'єднує джерело живлення з груповими щитками освітлення. Групові лінії служать для приєднання світильників до групових щитків.

Групові щитки мають як ввідний апарат захисту, так і апарати захисту на кожен групову лінію, що відходить. Згідно ПУЕ струм захисних апаратів на групових лініях не повинний перевищувати 25 А за винятком ліній, що живлять лампи розжарювання одиничною потужністю 500 Вт і більше і газорозрядні лампи потужністю 125 Вт і більше, у цьому випадку струм захисного апарата не повинний перевищувати 63 А.

Кількість світильників, що підключається на одну фазу групової мережі не повинна перевищувати:

- для ламп розжарювання, ДРЛ, ДРИ і натрієвих – до 20;
- для люмінесцентних ламп – до 50;
- для ксенонових ламп потужністю 10 кВт і вище – не більше однієї.

У конструктивному виконанні живильні лінії виконуються чотирипровідними при мережі з заземленою нейтраллю і трифазними в мережах з ізолюваною нейтраллю. Групові лінії можуть бути однофазними (1ф + N), двофазними (2ф), двофазними з нульовим проводом (2ф + N), трифазними (3ф) і трифазними чотирипровідними (3ф + N). Останній вид лінії використовується найбільш часто, тому що дозволяє зменшити переріз провідникового матеріалу, забезпечити рівномірне навантаження фаз, знизити коефіцієнт пульсації при живленні світильників від різних фаз.

Середня довжина трифазних чотирипровідних групових ліній для системи напругою 380/220 В складає 80 м, для системи напруг 220/127 В – 60 м, довжина двопровідних групових ліній - відповідно 35 і 25 м.

Розрізняють радіальні, магістральні і змішані схеми живлення освітлювальних установок (рисунки 23). Радіальні схеми використовуються при високих навантаженнях групових щитків (порядку 100-200 А) і забезпечують більш високу надійність живлення. Магістральні схеми дозволяють заощаджувати провідниковий матеріал і апаратуру на розподільних пунктах, однак мають меншу надійність живлення. Змішані схеми одержали найбільше поширення через їхню гнучкість.

13.6 Вибір марки проводу та способу прокладання

Проводом називається провідник електроенергії, призначений для її передачі. Провід може бути голим, голим захищеним, ізолюваним незахищеним і ізолюваним захищеним. Голий провід не має ні ізолюючих, ні захисних оболонок. Голий захищений провід має оболонку (обмотка, обплетення, шар емалі і т.п.), що оберігає провідник від корозії. Провідник ізолюваного незахищеного проводу укладений в ізолюючу оболонку (гумову, пластмасову і т.п.), але не має оболонки, що захищає від пошкоджень механічними діями. Ізолювані захищені проводи мають зовнішню оболонку (металеву,

гумову і т.п.), що захищає від механічних дій, а також від дії вологи, світла, різних хімічних речовин. Ізольовані проводи на відміну від неізольованих можуть бути не тільки одножильними, але і багатожильними, тобто можуть складатися з декількох ізольованих один від одного провідників, укладених в загальну захисну оболонку.

Шнуром називається провідник, що складається з двох і більше скручених між собою ізольованих дротів, що мають значну гнучкістю, або з декількох ізольованих гнучких проводів, укладених в загальну оболонку.

Кабелем називається провідник, що складається з однієї або декількох скручених разом ізольованих жил, укладених у герметичну оболонку (алюмінієву, свинцеву і т.д.), поверх якої можуть бути нанесені захисні покриття.

Основними конструктивними елементами проводів, шнурів і кабелів є: струмопровідна жила, ізоляція, оболонка і зовнішні захисні покриття.

Струмопровідні жили виконують переважно з міді, алюмінію або алюмоміді і нормують за їх перерізом.

Жили з алюмінію перерізом від 2,5 до 16 мм² включно виготовляються однодротовими, а великих перерізів – одно- або багатодотовими (скрученими з окремих дротів).

Мідні струмопровідні жили залежно від експлуатаційних вимог до провідників виготовляють нормальними, гнучкими або особливо гнучкими. Гнучкі і особливо гнучкі жили будь-яких перерізів виготовляють багатодотовими.

Залежно від призначення для ізоляції жил кабелів, проводів і шнурів можуть застосовуватися різні сорти кабельного паперу, гуми і пластмаси.

Кабельний папір застосовується для ізоляції жил силових і контрольних кабелів. Паперова стрічка накладається методом обмотки на струмопровідну жилу і просочується у вакуумі нафтовим або синтетичним маслом.

Ізоляційні гуми виготовляють на основі натурального і синтетичного каучуків. Характерною особливістю такої ізоляції є гнучкість та еластичність.

Вулканізована гума накладається суцільним шаром на струмопровідні жили дротів, кабелів і шнурів.

Значного поширення набула ізоляція з поліхлорвінілового пластикату, що являє собою суміш поліхлорвінілової смоли з різними пластифікаторами, стабілізаторами і фарбниками. До переваг пластикату належить його негорючість, волого- і маслостійкість, достатня гнучкість і еластичність. Суцільна пластмасова ізоляція застосовується в силових кабелях, проводах і шнурах.

Для захисту ізоляції від дії світла, вологи, хімічних речовин, а також для оберігання від механічних дій більшість дротів, кабелів і шнурів забезпечуються оболонками.

Металеві оболонки є найбільш герметичними. Найчастіше їх виготовляють зі свинцю і алюмінію. Порівняно із свинцевими оболонками алюмінієві механічно більш міцні, мають меншу вагу і краще протистоять вібраціям. Свинцеві оболонки мають більшу механічну стійкість.

Електропроводкою називають сукупність проводів і кабелів із кріпленнями, підтримуючими і захисними конструкціями, що до них належать.

За способом виконання проводки усередині приміщень діляться на відкриті й приховані. До відкритих належать проводки, виконані по поверхнях стін, стель, по фермах та інших конструкціях. Проводки, виконані проводами, наглухо закладеними в тілі

будівельних конструкцій (під шаром штукатурки, по перекриттях у конструкції підлог), називаються незмінними.

Способи виконання проводок визначаються з урахуванням таких чинників: умов середовища в приміщенні, призначення приміщення, особливостей будівельних конструкцій і технології, зручності експлуатації, економіки. Слід враховувати, що терміни виконання електромонтажних робіт багато в чому залежать від прийнятого способу проводки.

В усіх випадках повинні дотримуватися вимоги пожежної і електробезпеки.

Дроти і кабелі з гумовою і пластмасовою ізоляцією забезпечуються оболонками з гуми або пластмаси. Для захисту оболонок від механічних пошкоджень і корозії застосовуються захисні покриття: броня і зовнішній покрив.

Мережі виробничих та допоміжних будівель слід переважно виконувати відкрито: тросовими проводами; кабелями і захищеними проводами; незахищеними ізольованими проводами на ізоляторах, в лотках, в коробах, в трубах; шинопроводами.

Проводки шнурами й проводами на роликах рекомендується використовувати тільки для будівель та споруд в сільській місцевості та тимчасових.

Електропроводки незахищеними ізольованими проводами на ізоляторах можуть використовуватися в усіх невибухонебезпечних установках, в тому числі й зовнішніх. В останній час цей вид проводки витісняється тросовими електропроводами.

В окремих випадках на ізоляторах краще прокладати голі проводи, що дозволені в усіх пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях. Цей же вид проводки являється переважачим в установках зовнішнього освітлення – для повітряних ліній.

Тросові електропроводки можуть виконуватися кабелями та проводами, що прокладаються по тросу або дроті, а також спеціальними проводами.

Прокладання проводів в трубах слід обмежувати, допускаючи її лише в тих випадках, коли безтрубні проводки не можуть бути використані.

Широко, де це можливо за умовами середовища, повинні використовуватися шинопроводи, в тому числі й освітлювальні – ШОС–67, ШОС–73, що забезпечують високу індустріалізацію електромонтажних робіт.

Перспективними для житлових та громадських будівель являються електропроводки, що виконуються проводами в електротехнічних плінтусах та накладних і забезпечують комплексну прокладку сильнотимових та слаботимових мереж. В деяких конструкціях будівель вони можуть бути одним з найреальніших видів змінної проводки.

Прокладання плоских проводів дозволяється в сухих, вологих та сирих приміщеннях. Допускається прокладання плоских проводів на окремих ділянках в пластмасових та металевих трубах.

Для закритого прокладання в основному повинні використовуватися проводи без з'єднувальної плівки – ППВС, ПППС; для відкритого прокладання призначені проводи ППВ, ППП, а при прокладанні по дерев'яних та інших горючих основах – ППР.

Допускається заміна при закритому прокладанні плоских проводів проводами ПВ.

Для прокладання в землі окрім броньованих кабелів можуть бути використані кабелі в полівінілхлоридному шланзі– ААШ_В, ААШ_П.

Кабелі в пластиковому шланзі повинні використовуватися для прокладання в агресивних ґрунтах та в зонах з високим рівнем блукаючих струмів.

В тунелях, а також на кабельних конструкціях і скобах всередині будівлі рекомендується прокладання броньованих кабелів без зовнішнього покриття (ААБГ) та неброньованих кабелів (ААГ, АВВГ, ВВГ, АВРГ, ВРГ, ААШВ).

13.7 Вибір групових щитків

Розподільні і групові шафи, пристрої, пункти і щитки призначені для розподілу електричної енергії, захисту електричних установок при перевантаженнях і коротких замиканнях, а також для нечастих (до 6 за годину) оперативних включень і відключень електричних кіл.

За призначенням групові щитки діляться на дві групи:

- для промислових, адміністративних і громадських будівель і споруд;
- для житлових будівель.

За родом захисту від дії навколишнього середовища щитки можуть мати такі конструктивні виконання: захищене, закрите, бризконепроникне, пилонепроникне, вибухозахищене і хімічностійке.

Захищеними називаються групові щитки, конструкція яких виключає можливість випадкового дотику до струмопровідних частин і потрапляння всередину щитка сторонніх предметів.

Закритими називаються захищені групові щитки, в яких внутрішній простір відокремлений від зовнішнього середовища оболонкою, що перешкоджає проникненню в нього пилу. Якщо ж ущільнення оболонки виконано таким чином, що всередину щитка не проникає дрібний пил, то таке виконання групового щитка називається пиленепроникним.

Бризконепроникні групові щитки мають пристрої, що перешкоджають проникненню в них водяних бризок, що падають під кутом до 45 градусів по вертикалі з будь-яким кутом.

Вибухонепроникними називаються групові щитки, що мають одне з виконань вибухозахищеного устаткування.

Груповими щитками, стійкими в умовах дії на них того чи іншого хімічно агресивного середовища (хімічностійкі), називаються щитки, в яких вибрані конструкційні матеріали і види покриттів надійно протистоять агресії середовища.

За способом установки групові щитки поділяються так:

- для відкритої установки на стінах, колонах, конструкціях;
- для заглибленої установки.

Для відкритої установки застосовуються щитки будь-якого з вищеперелічених виконань за родом захисту від дії навколишнього середовища. Для заглибленої установки щитки виготовляються лише в захищеному виконанні.

Щитки в захищеному виконанні можуть встановлюватися в усіх приміщеннях, окрім сирих, пильних, вибухо- і пожегобезпечних, а також приміщеннях з хімічно активним середовищем. У такому вигляді виготовляють щитки для житлових будинків і більшості приміщень адміністративних і громадських будівель.

При виборі щитків для конкретних приміщень у першу чергу необхідно орієнтуватися на допустиме для даного середовища конструктивно найпростіше і дешевше їх виконання.

Розміщуючи щитки, слід по можливості вибирати для їх установки приміщення з кращими умовами середовища.

Конструкція щитка повинна допускати заміну захисних комутаційних апаратів без демонтажу щитків.

Контактні затискачі для приєднання живильних ліній і відхідних ліній повинні допускати приєднання як мідних, так і алюмінієвих дротів або кабелів. Повинна бути забезпечена можливість введення і виведення ліній як зверху, так і знизу щитка. Дверцята щитка повинні вільно відкриватися на кут не менше 120 градусів для забезпечення зручності експлуатації.

При вирішенні питань розміщення групових щитків враховують такі рекомендації:

а) щитки повинні розміщуватися по можливості в центрі зосередження навантаження, оскільки тим самим скорочується протяжність групової мережі і зменшується переріз дротів; допускається зсув групових щитків у бік джерел живлення;

б) щитки повинні встановлюватися в місцях, вільних від устаткування і зручних для обслуговування. Рекомендується, особливо в будівлях без цілодобової роботи, розміщувати щитки поблизу основних входів. У цехах з хімічно активним, пильним і несприятливим середовищем рекомендується встановлювати щитки у цехових електроприміщеннях;

в) щитки повинні, як правило, забезпечувати живленням ті поверхи будівель, на яких вони встановлені; виняток допускається для щитків аварійного освітлення;

г) щитки з вимикачами треба розміщувати так, щоб були видні керовані ними світильники;

д) у будівлях з технічними поверхами для живлення світильників, обслуговуваних з технічного поверху, допускається установка щитків на тому самому технічному поверсі.

У даний час для виробничих і громадських будівель найбільш широко застосовують такі типи групових щитків:

- розподільні пункти серій ПР8501, ПР8503 і ПР8703 з одно- і триполюсними автоматами;
- розподільні шафи серії ШК85 з чотирма триполюсними автоматами і чотирма трифазними конденсаторами потужністю по 33,3 кВАр для підвищення $\cos\phi$ РЛВД (замість розподільних пунктів ПР 41);
- групові щитки типу ЯОУ-8501 – ЯОУ-8508 з однополюсними автоматами;
- щитки заводів «Електромонтаж» типів ОП, ОЦ, ОЦВ, УОЦВ з однополюсними автоматами;
- щитки розподілу енергії групових силових і освітлювальних мереж ЩРО 8505 з однополюсними автоматами;
- щитки освітлювальні групові ЩО 8505 з одно-, дво-, три- і чотириполюсними автоматами;
- щитки освітлювальні вибухонепроникні типу ЩОВ-А з однополюсними автоматами.

Застосовують також щитки місцевого виробництва.

Дверцята щитка повинні вільно відчинятися на кут не менше 120⁰ для забезпечення зручності експлуатації. Дверцята повинні мати вбудований замок, що виключає їх мимовільне відкривання в незамкненому стані і що замикається по бажанню ключем. Відповідно до ПУЕ в щитках для промислових будинків затискачі для приєднання нульових приводів електрично з'єднуються з металевим корпусом.

13.8 Вибір апаратів захисту

Усі освітлювальні мережі повинні мати захист від струмів короткого замикання (КЗ), а в деяких випадках також від перевантаження.

Захист від перевантаження повинні мати:

- мережі внутрішнього освітлення, виконані відкрито прокладеними проводами з горючою зовнішньою оболонкою або ізоляцією;
- освітлювальні мережі в житлових і громадських будівлях, у торгових приміщеннях, службово-побутових приміщеннях промислових підприємств, включаючи мережі для побутових і переносних електроприймачів (праски, чайники, плитки, кімнатні холодильники, пирососи, пральні і швейні машини і т. п.), при будь-яких видах проводок;
- мережі у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зонах при будь-яких видах проводів, кабелів і способах проводки.

Захист освітлювальних мереж здійснюється апаратами захисту. Апаратом захисту називається апарат, що автоматично відключає електричне коло, яке захищається, при аномальних режимах. До апаратів захисту належать запобіжники й автоматичні вимикачі (автомати).

Для захисту освітлювальних мереж найбільш поширені автоматичні вимикачі. Однією з переваг автоматів перед запобіжниками є можливість використання їх не лише як захисних, але і як вимикальних апаратів (апаратів управління).

Для захисту освітлювальних мереж слід застосовувати автомати з розчіплювачами, що мають обернено залежну від струму часову характеристику (із зростанням струму час відключення зменшується). Автомати, що мають лише електромагнітний миттєводіючий розчіплювач, для освітлювальних мереж застосовувати не рекомендується.

Автоматичні вимикачі, застосовувані для захисту освітлювальних мереж, мають такі, обернено залежні від струму часові характеристики розчіплювачів:

- теплові нерегульовані;
- комбіновані (теплові й електромагнітні) нерегульовані;
- комбіновані (теплові й електромагнітні) регульовані.

Захист електричних мереж від струмів КЗ повинен забезпечувати відключення аварійної ділянки з найменшим часом і по можливості вимоги селективності.

Для забезпечення селективності захисту, якщо це не призводить до завищення перерізу провідників, струм кожного апарата захисту рекомендується брати не менш ніж на два ступені більше наступного апарата, відлічуючи від електроприймача, найвіддаленішого від джерела живлення. Різниця не менше ніж на один ступінь обов'язкова в усіх випадках.

Номінальні струми уставок автоматів і плавких уставок запобіжників слід вибирати по можливості найменшими за розрахунковими струмами ділянок мережі, що захищаються.

Апарати захисту повинні встановлюватися в таких пунктах освітлювальної мережі:

- у місцях приєднання мережі до джерел живлення (розподільні щити ТП, розподільні пункти, магістральні шинопроводи та ін.);
- на введеннях у будівлі;
- у групових щитках на початку кожної групової лінії;
- у місцях зменшення перерізу проводів у напрямку до електроприймачів;

- з боку вищої напруги знижувальних трансформаторів. У цих випадках номінальні струми плавких елементів запобіжників і струми уставок автоматів повинні бути як можна ближче до номінального струму трансформаторів. При живленні однією групою не більше трьох трансформаторів захист може здійснюватися загальним захисним апаратом на початку лінії;

- з боку нижчої напруги знижувальних трансформаторів.

Апарати захисту в освітлювальних мережах допускається не встановлювати в таких місцях:

- при зниженні перерізу – по довжині лінії і на відгалуженнях від неї, якщо захисний апарат лінії захищає також ділянку зі зниженим перерізом;

- при зменшенні перерізу – по довжині лінії і на відгалуженнях від неї, якщо зменшений переріз не менше 50 % перерізу початкової ділянки лінії;

- у місцях відгалужень від лінії до електроприймачів малої потужності (світильники, побутові електроприлади і т.п.), якщо живильна лінія захищається апаратом з уставкою не більше 25 А без обмеження довжини і перерізів;

- у місцях відгалужень від лінії до електроприймачів малої потужності (світильники, побутові електроприлади і т.п.), якщо лінія захищена апаратом з уставкою вище 25 А, але не більше 63 А при довжині до 3 метрів при будь-якому способі прокладки і при прокладці у сталевій трубі без обмеження довжини.

Апарати захисту повинні встановлюватися безпосередньо в місцях приєднання проводів, що захищаються, до живильної лінії.

Апарати захисту повинні встановлюватися в колі таких проводів:

- при захисті мереж запобіжниками останні повинні встановлюватися в усіх нормально незаземлених полюсах і фазах. Установка запобіжників у нульових робочих проводах забороняється;

- при захисті мереж із глухозаземленою нейтраллю автоматами їх розчіплювачі повинні встановлюватися в усіх нормально незаземлених проводах. В однофазних двопровідних лініях у вибухонебезпечних зонах класу В-1 розчіплювачі автоматів повинні встановлюватися в ланцюзі фазного і нульового робочого проводів, при цьому для одночасного відключення повинні застосовуватися двополюсні автомати; при захисті мереж з ізольованою нейтраллю у трипровідних мережах трифазного струму і у двопровідних мережах однофазного і постійного струму допускається встановлювати розчіплювачі автоматів у двох фазах при трипровідній мережі і в одній фазі (полюсі) при двопровідній мережі. При цьому в межах однієї й тієї самої електроустановки захист слід здійснювати в одних і тих самих фазах (полюсах).

Для захисту електричних перетинів від струмів короткого замикання і перевантажень застосовуємо автоматичні вимикачі. На прикладі першої групи для керування світлом здійснюємо розрахунок і вибір автоматичного вимикача згідно умов:

По номінальній напрузі автомата

$$U_{н.а.} \geq U_{н.м.},$$

де $U_{н.а.}$ – номінальна напруга автомата, В; $U_{н.м.}$ – номінальна напруга мережі, В;

По номінальному струму автомата

$$I_{н.а.} \geq I_{розр.1},$$

де $I_{н.а.}$ – номінальний струм автомата, А; $I_{розр.1}$ – номінальний розрахунковий струм групи.

За струмом теплового розчіплювача

$$I_{н.розч.} \geq I_{розр.л.} \cdot K_{н.т.}$$

де $K_{н.т.}$ – коефіцієнт надійності, який враховує розкидання за струмами спрацювання теплового розчіплювача.

Аналогічно, з урахуванням навантажень, здійснюємо вибір автоматичних вимикачів для інших освітлювальних груп.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з вимог при проектуванні освітлювальної мережі освітлювальних установок.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Розрахунок освітлювальної мережі по втраті напруги.

ТЕМА №14. УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ТА ЗАХИСТ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКО ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з можливим варіантом управління освітленням в приміщенні та його захист.

План лекції

1. Управління освітленням;
2. Електробезпека та захист в освітлювальних установках;
3. Заземлення в освітлювальних установках.

Хід проведення лекційного заняття

- I. Організація групи;
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми й мети;
- III. Викладення та обговорення нового матеріалу.
- IV. Оголошення завдання на самостійне опрацювання та підготовку.

14.1 Управління освітленням

Управління електричним освітленням забезпечує бажану освітленість в будь-який час при мінімальному споживанні енергії. Досвід застосування систем управління показав, що можна зменшити повний витрата енергії на освітлення більш ніж на 70%. Управління освітленням невеликих приміщень проводиться вимикачами розташовуваними біля входу, як правило, з боку дверної ручки; для епізодично відвідуваних приміщень (вент.камер, комори і т.д.)-поза приміщень, в інших випадках в приміщеннях. При числі світильників у приміщення більше одного рекомендується установка не менше двох вимикачів. Для протяжних приміщень з кількома входами, що не використовуються як постійні проходи (кабельні галереї, тунелі тощо), управління освітленням рекомендується здійснювати з усіх можливих входів по так званій «коридорній» схемою, зображеної на рис. 1.

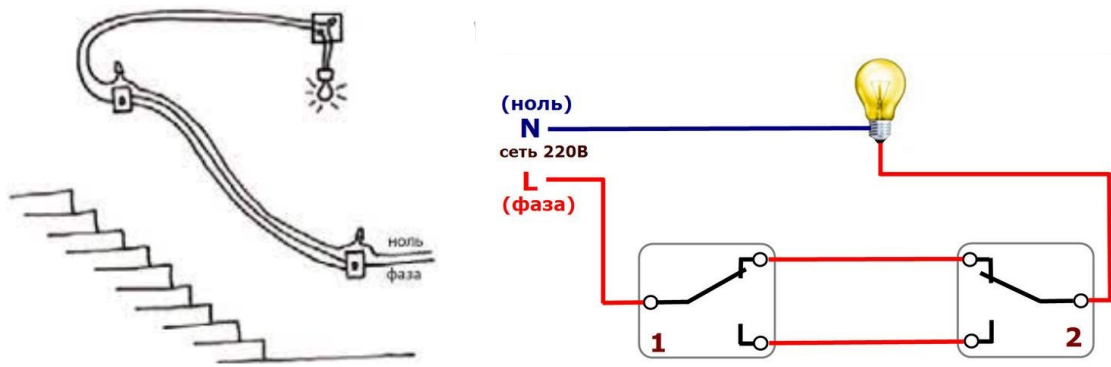


Рис. 1 – Коридорна схема освітлення

Апарати управління зазвичай встановлюються на всіх фазних проводах і на обох проводах мережі постійного струму. Захисні і відключають апарати не встановлюються в нульових проводах, крім нульових провідників двопровідних ліній у вибухонебезпечних приміщеннях. Апарати управління повинні встановлюватися на вводах:

- у всі будівлі і споруди - при харчуванні навантажень на ток більше 20 А від окремо розташованих підстанцій;
- в торгові, комунальні приміщення та інші відокремлені в адміністративногосподарському відношенні споживачі;
- в пожежонебезпечні склади.

14.2 Електробезпека та захист в освітлювальних установках

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від небезпечного впливу електричного струму.

Для захисту людей від ураження електричним струмом при ненавмисному контакті з знаходяться під напругою провідними частинами електроустановки і для запобігання загорянь, що виникають внаслідок протікання струмів витоку і замикань на землю, або розвиваються з них струмів короткого замикання в даний час застосовують пристрої захисного відключення (ПЗВ).

В Україні обов'язкове застосування ПЗВ регламентується цілим рядом нормативних документів у тому числі і для установки їх в адміністративних, житлових і побутових будинках. Так як вибір засобів захисту в значній мірі залежить від системи заземлення мережі то разом з впровадженням ПЗВ широкого поширення набули нові схеми з'єднання електроустановок із землею.

Схема з'єднання з землею це стандартний термін, що характеризує метод заземлення струмоведучих проводів низьковольтної електроустановки, а також корпусів споживачів. Спосіб з'єднання з землею струмоведучих проводів називається режимом нейтралі. В електроустановці будинку він може бути реалізований трьома різними шляхами. Навпаки корпусу в кінцевому рахунку завжди приєднані до землі будівлі, де вони встановлені, або безпосередньо, або через нульовий провід.

До теперішнього часу переважна більшість електричних схем в Україні це схема з глухозаземленою нейтраллю але за кордоном від цієї схеми поступово відмовляються.

За міжнародною класифікацією система позначається двома буквами перша з яких вказує режим роботи нейтралі джерела живлення, друга - металевих корпусів

електрообладнання. У позначеннях використовуються початкові літери французьких слів: Т (terre - земля) - заземлено; N (neuter - нейтраль) - приєднання до нейтралі джерела (занулити); I (isole) - ізолювано.

Передбачено три системи заземлення мереж (див. Рис. 2).

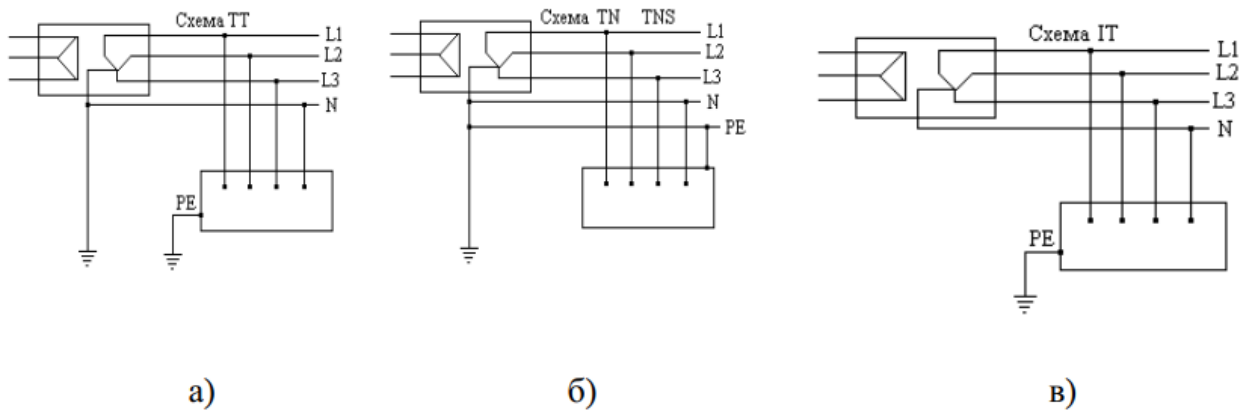


Рис. 2 – Системи заземлення: а) ТТ - нейтраль джерела і корпусу електроприймачів заземлені; б) TN - нейтраль джерела заземлена а корпуси електроприймачів занулені; в) ІТ - нейтраль джерела ізолюваний а корпуси електроприймачів заземлені.

Застосовуються й додаткові літери: S - функція захисту PE (нульового робочого проводу), окрема від нульового захисного проводу (N); С – функція захисту загальна для робочого і захисного проводу (PEN) тобто провід один. Наприклад, TN-S - нульовий робочий та нульовий захисний розділені; TN-C - нульовий робочий і нульовий захисний суміщені; TN-CS - нульові провідники на головних ділянках мережі об'єднані, а починаючи з якого то ділянки нульовий провідник розділяється на два на робочий і нульовий захисний.

14.3 Заземлення в освітлювальних установках

Заземлення має на меті забезпечити безпеку людини при дотику його до металевих корпусів електрообладнання, які опинилися під напругою. У мережах із заземленою нейтраллю до 1000 В заземлення здійснюється з'єднанням металевих частин електроустановки з нульовим проводом, що при замиканні на ці частини фазного проводу створює коротке замикання і веде до відключення аварійної ділянки апаратами захисту. У мережах з ізолюваною нейтраллю і в мережах з постійним струмом заземлення здійснюється з'єднанням металевих частин з заземлювачами за допомогою заземлюючих провідників, що веде до зниження до безпечних значень величини струму, що проходить через тіло людини при дотику його до цих частин, що опинилися під напругою. Заземлення необхідно в усіх приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках при номінальних напругах мережі понад 42 В змінного і вище 110 В постійного струму. У вибухонебезпечних установках заземлення виконується при будь-якій напрузі в тому числі і при напрузі 12 - 36 В. Не підлягають заземленню металеві корпуси і конструкції електроустановки в приміщеннях без підвищеної небезпеки, наприклад в приміщеннях житлових і громадських будівель з ізолюючими підлогами і нормальним середовищем. Заземлення корпусу світильника

відгалуженням від нульового робочого проводу всередині світильника забороняється. Схема такого заземлення представлена на рис. 3.

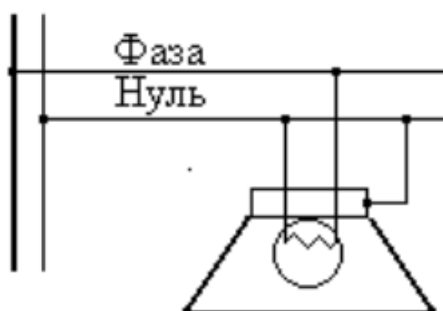


Рис.3 – Схема заземлення корпусу світильника

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з опису варіантів управління освітленням в приміщенні та його захист.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Розрахунок електричної мережі за умовами мінімуму витрати провідникового матеріалу.

ТЕМА №15. МОНТАЖ УСТАНОВОК ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ТА ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Мета: ознайомити здобувачів початкового рівня вищої освіти з процесом монтажу установок для освітлення та опромінення.

План лекції

1. Класифікація та основні характеристики світильників.
2. Загальні характеристики опромінювачей.
3. Стробоскопічний ефект та способи його усунення.
4. Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами.
5. Складання плану освітлювальної мережі приміщень сільськогосподарських споруд.
6. Приклад монтажу проводок освітлення з врахуванням вимог чинних нормативів надійності зручності та безпечності.
7. Організація монтажу систем освітлення.

Хід проведення

- I. Організація групи
- II. Мотивація навчальної діяльності. Оголошення теми лекції.
- III. Викладення нового матеріалу.
- IV. Підведення підсумків.

15.1 Класифікація та основні характеристики світильників

Конструкція електричних джерел світла, така, що потік випромінювання розподіляється майже по всіх напрямках. В практиці випромінювання необхідно направляти на робочу поверхню, об'єкт. Самі лампи можуть бути уражені руйнівному впливу несприятливих факторів навколишнього середовища. Ось чому електричні джерела випромінювання використовують в сукупності з пристроєм, призначеним для їх кріплення, включення в мережу, перерозподілу потоку випромінювання, захисту від механічних пошкоджень та несприятливих факторів навколишнього середовища. Такий прилад називається світловим (світильник).

Світильник – світловий прилад, перерозподіляючий світло лампи всередині значних тілесних кутів (до 2π).

Прожектор – прилад перерозподіляючий світло лампи всередині малих кутів.

По характеру світлорозподілу світильники підрозділяються на п'ять класів, а в кожному класі на сім типів. Класи світильників визначається відносним значенням потоку Φ , випромінюючого в нижню на півсферу, по відношенню до світлового потоку $\Phi_{св}$ всього світильника.

У світильників прямого світіння (П) відносне значення потоку в нижню напівсферу $\Phi_{\cup} > 80\%$, у світильників переважно прямого світіння (Н) – $\Phi_{\cup} = 60 \dots 80\%$, світильників розсіяного світіння (Р) $\Phi_{\cup} = 60 \dots 40\%$, у світильників переважно відбитого світіння (В) $\Phi_{\cup} = 20 \dots 40\%$ та у світильників відбитого світіння (О) $\Phi_{\cup} < 20\%$.

За призначенням світильники розподіляють на виробничі, транспортні, для суспільних споруд, для освітлення приміщень, відкритих просторах та ін.

За умовами експлуатації світильники класифікують в залежності від способу встановлення (підвісні, потолочні, настільні, настінні та інш.) та виконання.

Світильники характеризуються наступними основними світлотехнічними показниками: світло розподілення, ККД, захисним кутом).

ККД світильника – відношення світлового потоку $\Phi_{св}$ світильника до світового потоку $\sum \Phi_{л}$ всіх ламп в цьому світильнику:

$$\eta_{св} = \Phi_{св} / \sum \Phi_{л}.$$

Захисний кут світильника характеризує зону, в межах якої око спостерігача захищене від прямого випромінювання лампи. Його значення визначається кутом, що лежить в межах горизонталі та лініїю, що з'єднує крайню точку випромінюючого тіла з протилежним краєм відбивача або розсіювача, що послаблює яскравість.

15.2 Загальні характеристики опромінювачей

Опромінювальні прилади відрізняються від світильників лише функціональним призначенням при однотипних джерелах. Елементи конструкцій та основні характеристики опромінювачей ті ж, що й у світильників.

Опромінювачі, що застосовують в сільському господарстві, підрозділяються на три групи в залежності від складу випромінювання; для УФ, видимого та ІЧ випромінювання. Існують також комбіновані опромінювачі для комплексної дії на біологічні об'єкти випромінювання.

В опромінювачах для УФ опромінювання використовують ртутно-розрядні лампи низького (ДБ, ЛЕ, ЛЕР) та високого (ДРТ, ДРТЕД) тиску.

Прилади видимого випромінювання призначені для опромінювання рослин. В цих

опромінювачах застосовують практично всі освітлювальні розрядні лампи та розрядні спеціального призначення типу ЛФ (люмінесцентна фотосинтезна), ДРФ (дугова ртутна фотосинтезна високого тиску з гологенними добавками), ДМУ (дугова металогологенна трифазна).

В інфрачервоних опромінювачах використовують лампи розжарювання спеціальної конструкції та темні випромінювачі типу ТЕН (трубчасті електронагрівачі), які не створюють видимого випромінення.

15.3 Стробоскопічний ефект та способи його усунення

Стробоскопічний ефект в люмінесцентних лампах визивається частими (100 раз в секунду) неловимими для бачення миганнями в такт з коливанням змінного струму в освітлювальній мережі, що може призвести до викривлення дійсної картини руху освітлювального приладу.

Стробоскопічний ефект може бути майже повністю ліквідувати парним включенням ламп, при якому одна з них вмикається крізь додатковий конденсатор великої потужності (до 2.5мкФ). За допомогою цього конденсатора між токами в лампах притухає, інша горить максимально яскраво та освітленість вирівнюється.

15.4 Монтаж групових ліній освітлення з люмінесцентними лампами

Групові щітки, від яких починається групові освітлювальні мережі, повинні розміщатися в приміщеннях, зручних для обслуговування.

Щітки керування освітленням необхідно розмістити в зоні бачення ламп, що управляються цим щитом.

ПУЕ обмежує граничний струм апаратів, що захищає групові лінії, значенням 25А, а кількість світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, що обслуговується групою - 20 на фазу.

При живленні групою газорозрядних ламп потужністю 125 Вт і більше або ламп розжарювання потужністю 500 Вт та більше струм апаратів захисту може бути збільшений до 63А. Лампи потужністю 10 кВт та більше повинні живитися окремими лініями кожна та захищатися відповідно їх струму.

Для ліній живлення люмінесцентних ламп, допускається до 50 ламп на фазу.

Групові лінії можуть бути одно, двох, або трьохфазними. Останні обов'язкові, коли чередування фаз в лінії використовується для зменшення пульсації освітленості. Трифазні групи можуть прийняти втричі більше навантаження, та обслужити в три рази більше світильників ніж однофазні.

Частіше лампи вмикаються в мережу трифазного струму по схемі зірка, чи наприклад коли від мережі 380/220 В живляться лампи 380 В, – по схемі трикутник.

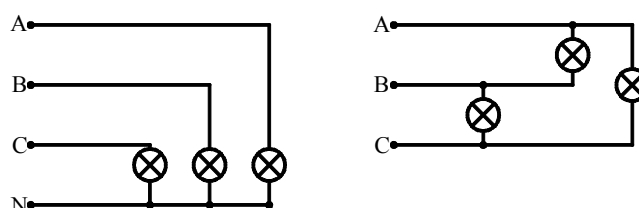


Рис. 1 – Схема вмикання ламп (а) зірка, (б) трикутник

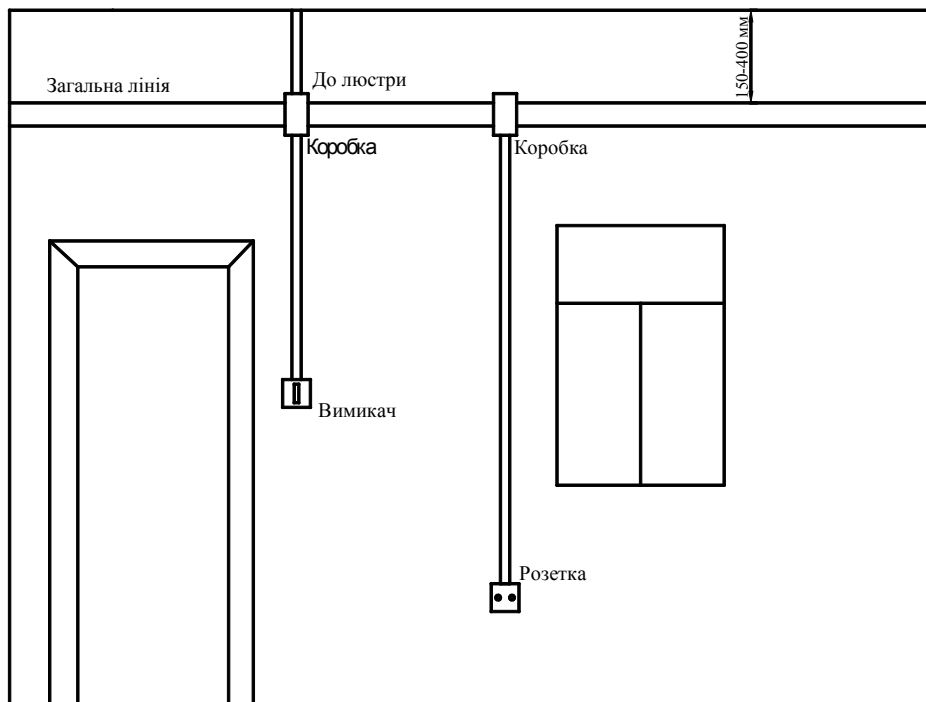
15.5 Складання плану освітлювальної мережі приміщень сільськогосподарських споруд

Електричні мережі взагалі, та особливо освітлювальні мережі, є найбільш розповсюдженим видом інженерних комунікацій, так як вони прокладаються в усіх приміщеннях. За характером та призначенню вони повинні відповідати цілому ряду вимог:

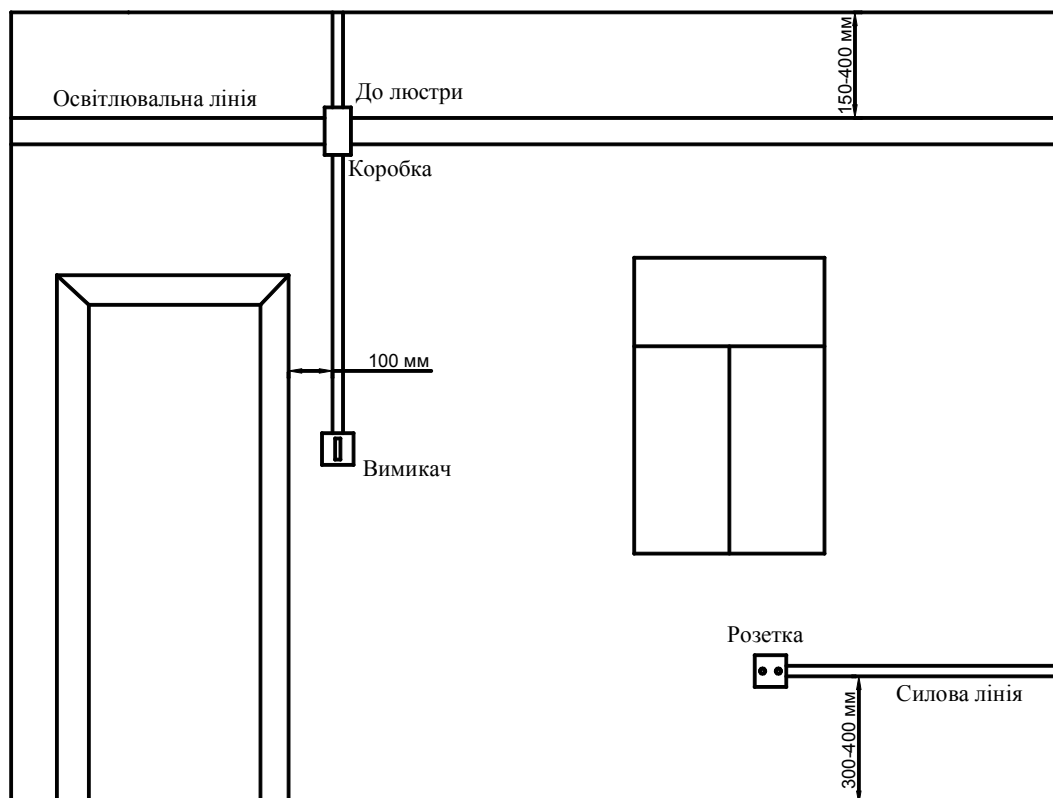
- 1) забезпечувати безперебійність та надійність живлення освітлювальних установок;
- 2) вимагати для свого виконання найменших затрат засобів та дефіцитних матеріалів (мідь та сталевих труб);
- 3) забезпечувати безпечність у відношенні пожежі, вибуху та ураженням електричним струмом;
- 4) по можливості допускати заміну пошкоджених або зношених проводів в процесі експлуатації;
- 5) по можливості бути наглядними, доступними для обслуговування та не погіршувати зовнішнього виду приміщення;
- 6) мати достатньою міцністю та стійкістю до можливим механічним впливом.

15.6 Приклад монтажу проводок освітлення з врахуванням вимог чинних нормативів надійності зручності та безпечності

При класичній прикладці в утробу підстелю штроба ведеться горизонтально на відстані 150..400мм від стелі з відгалуженнями вертикально вниз від коробок до розеток та вимикачем.



Як варіант існує спосіб прокладання проводів в якому, освітлювальну гілку прокладають під стелею, а силову прокладають над підлогою на висоті (300...400мм).



Прокладання скритої проводки на стінах повинна бути мінімізована та мати зрозумілу геометрію. Орієнтиром поворотів та відгалужень служать щітки, коробки, розетки, вимикачі, світильники. Проводка між ними повинні лежати прямими лініями, паралельними або перпендикулярними підлозі.

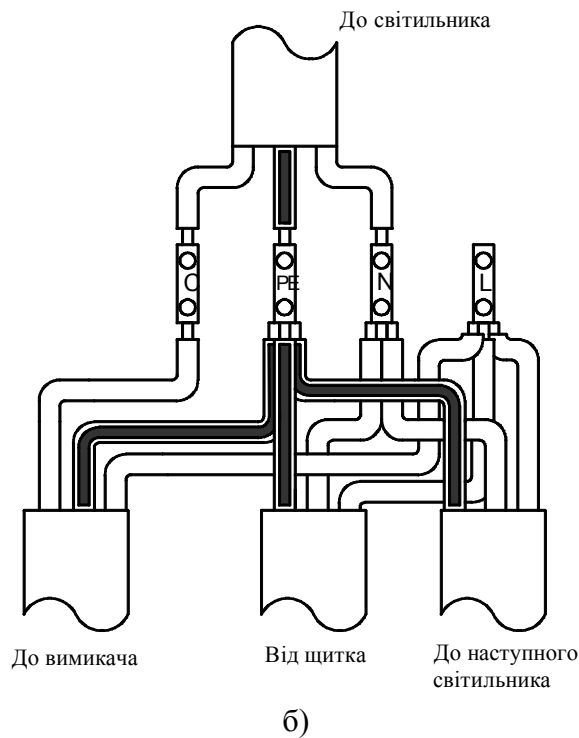
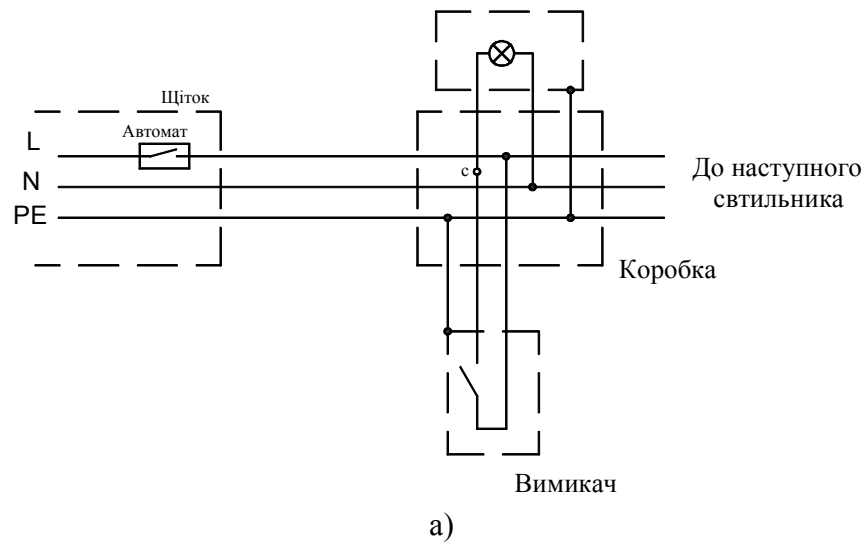


Рис. 2 – Най простіша принципова схема підключення світильника: а) схематичний вид; б) вид на практиці.

15.7 Організація монтажу систем освітлення

Значна частка електромонтажних робіт пов'язана з електровстановлювальними виробами:

- з установкою вимикачів, перемикачів, штепсельних розеток, вилок, запобіжників тощо;

- з установкою освітлювальних щитків світильників, апаратів управління, приладів обліку витрати електроенергії.

Монтаж внутрішньої проводки умовно ділять на дві стадії:

- **підготовчу**, під час якої виконують розмічувальні та заготівельні роботи;
- **основну**, під час якої прокладають проводи й роблять всі необхідні з'єднання.

До підготовчих робіт належать:

- ознайомлення з робочими кресленнями проекту електроустановки та монтажними схемами;
- розмітка місць установки електроустаткування, світильників, арматури, комутаційних апаратів, електричних щитків і ліній прокладання проводів;
- виконання в будівельних основах отворів і гнізд;
- свердління проходів через стіни та інші елементи будівельних конструкцій, виготовлення борозд (штроб) для прихованої проводки;
- встановлення та закріплення електрообладнання щитків, комутуючих апаратів, освітлювальних приладів.

Розмітка є відповідальним видом підготовчих електромонтажних робіт.

Етапи розмітки:

- визначення точок закріплення світильників, вимикачів;
- розмітка траси електропроводки, починаючи від групового щитка.

Одиночні світильники розміщують в центрі стелі. Якщо світильників декілька, їх розташовують на перетині діагоналей однакових прямокутників, на які розбивають площу стелі. У деяких випадках розмітку проводять на підлозі, переносючи потім точки підвісу світильників з підлоги на стелю за допомогою схилів (нитка на кінця якої знаходиться не великий вантаж, схил застосовується для визначення перпендикулярності).

Незахищену відкриту проводку, розраховану на напругу вище 42 В, розташовують на висоті не менше 2 м в приміщеннях без підвищеної небезпеки і не менше 2,5 м у приміщеннях з підвищеною небезпекою і в особливо небезпечних. Висота прокладки захищених проводів, кабелів і проводів в трубах, металорукавах не нормується.

Вимикачі, встановлювані біля входу в приміщення (всередині або поза ним), розміщують зазвичай так, щоб їх не закривала двері що відкриваються. Ставлять вимикачі на висоті 1,5 м від підлоги.

При виконанні підготовчих робіт кріплять установчі вироби: вимикачі та перемикачі; штепсельні розетки; стельові та настінні патрони для ламп; відгалужувальні коробки для з'єднання і відгалуження проводів при прихованій електропроводці.

В освітлювальних мережах відкриту проводку найчастіше здійснюють за допомогою плоских проводів, що мають роздільну оснву. Їх кріплять до поверхонь за допомогою цвяхів. Проте у ряді випадків така проводка виявляється неприйнятною.

Завдання на самостійне опрацювання та підготовку

1. Самостійно відновити матеріал з процесу монтаж установок для освітлення та опромінення.
2. Самостійно опрацювати додатковий матеріал на тему: Зовнішнє освітлення будівель, вулиць.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КОНСПЕКТУ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Основи електричного освітлення та опромінення» для підготовки до лекційних занять здобувачами початкового рівня (короткий цикл) вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Конспекти лекцій повинні бути написані в одному лекційному зошиті з дисципліни «Основи електричного освітлення та опромінення».
2. Обсяг сторінок для лекційного зошиту слід обирати в діапазоні 60-90 сторінок. Лекційний зошит повинний бути підписаний на титульному аркуші чи на початку – Назва дисципліни, П.І.П., курс, група студента.
3. Кількість лекцій та їх зміст повинні відповідати тематичному плану.
4. Кількість рукописних сторінок – 10-15, в залежності від стилю писання студента.
5. Конспект пишеться кожним студентом власноруч (одним коляром пасти) та вміщує: назву теми, план, текстове викладання теми, теми на самостійне опрацювання.
6. Після ознайомлення з текстовим змістом лекції, необхідно додатково опрацювати теми на самосійну підготовку.
7. У разі пропуску лекційного заняття, текстовий матеріал пропущеної теми необхідно записати або вклеїти в зошит.
8. Для перевірки конспекти надаються на кафедру відповідальним представником від групи, або в електронному вигляді (папка з фото сторінок конспекту у випадку дистанційного навчання) викладачу, який проводив практичні заняття у групі.
9. Конспекти перевіряються на проміжних атестаціях та заліковому тижні.
10. Всі конспекти лекцій повинні бути надані до підписання допуску до сесії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок освітлення методом коефіцієнту використання світлового потоку» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. Р. В. Кушлик, Р. Р. Кушлик. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 17 с.
2. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розподілення навантаження групових ліній по фазам. Вибір марок проводів і способу їх прокладки. Розробка специфікації на матеріали та обладнання» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. Р. В. Кушлик, Р. Р. Кушлик. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 14 с.
3. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. / Р. В. Кушлик та ін. Харків : ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
4. Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О. І. Енергозбереження засобами промислового електропривода : навч. посіб. Київ : Кондор, 2005. 408 с.
5. Садовий О. С. Електричне освітлення та електротехнології : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2015. 91с.
6. Технологія електромонтажних робіт : методичні рекомендації до вивчення курсу лекції для здобувачів вищої освіти освітнього ступення «Бакалавр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання. Миколаїв : МНАУ, 2021. 112 с.

Навчальне видання

**ОСНОВИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ТА
ОПРОМІНЕННЯ**

Методичні рекомендації

Укладачі: **Садовий** Олексій Степанович
Мардзявко Віталій Анатолійович
Руденко Андрій Юрійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 7,0.
Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідотство субекта видавничої справи ДК № 4490 від 09.06.2013 р.