

The background of the cover is a photograph of a modern indoor greenhouse. The structure is made of a metal frame with a translucent blue or grey covering. Numerous bright, circular artificial lights are suspended from the ceiling, illuminating the space. In the foreground and middle ground, there are long, parallel rows of lush green plants, likely seedlings, growing in a controlled environment. The overall atmosphere is clean, bright, and technologically advanced.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

**Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М.,
Лисиченко М. Л., Кунденко М. П., Федюшко Ю. М.**

**ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ
ТА ОПРОМІНЕННЯ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М., Лисиченко М. Л.,
Кунденко М. П., Федюшко Ю. М.

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ

Рекомендовано
використовувати в освітньому процесі аграрних навчальних закладів
для підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 141 –
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Харків
2016

УДК 631.3-83(073)

ББК 40.76

Е 45

Витяг з протоколу Науково-методичної ради Державної установи «Науково-методичний центр інформаційно-аналітичного забезпечення діяльності вищих навчальних закладів «Агроосвіта» від 25 травня 2016 р. № 5

Рецензенти:

Гриб О. Г., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації енергосистем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Харченко В. Ф., доктор технічних наук, професор кафедри електропостачання та електроспоживачів міст Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова

Е 45 Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р. В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко. – Х.: ТОВ «Планета-прінт», 2016. - 332 с.

Розглянуто фізичні основи оптичного випромінювання, їх сучасні джерела, пускорегулюючі апарати і схеми їх вмикання в мережу. Приведено технічні характеристики освітлювальних пристроїв, опромінювачів і опромінювальних установок. Приведено методи розрахунку освітлювальних і опромінювальних установок.

Для підготовки здобувачів вищої освіти спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

УДК 631.3-83(073)

ISBN 978-617-7229-52-9

© Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М., Лисиченко М. Л., Кунденко М. П., Федюшко Ю. М., 2016.

© Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків), 2016;

Таврійський державний агротехнологічний університет (м. Мелітополь), 2016;

Сумський національний аграрний університет (м. Суми), 2016.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ.....	8
1.1 Загальні відомості про оптичне випромінювання.....	8
1.1.1 Основні поняття і визначення.....	8
1.1.2 Спектр електромагнітних коливань, його властивості і застосування.....	9
1.1.3.1 Розподілення енергії оптичного випромінювання по спектру.....	10
1.1.3.2 Механізм виникнення оптичного випромінювання.....	12
1.1.4 Фотобіологічна дія оптичного випромінювання.....	12
1.1.4.1 Дія оптичного випромінювання на людину.....	14
1.1.4.2 Дія оптичного випромінювання на тварин і птицю... ..	14
1.1.4.3 Дія оптичного випромінювання на рослини.....	16
1.2 Основні величини і одиниці вимірювання оптичного випромінювання.....	20
1.2.1 Основні енергетичні величини і одиниці їх вимірювання.....	20
1.2.2 Загальні принципи побудови систем ефективних величин.....	22
1.2.3 Основні величини і одиниці вимірювання (видимого, ультрафіолетового, випромінювання, що використовується в рослинництві).....	26
1.2.3.1 Світлові величини і одиниці їх вимірювання.....	26
1.2.3.1.1 Світловий потік.....	26
1.2.3.1.2 Сила світла.....	27
1.2.3.1.3 Освітленість.....	28
1.2.3.1.4 Світність.....	29
1.2.3.1.5 Яскравість.....	30
1.2.3.2 Основні величини ультрафіолетового випромінювання і одиниці його вимірювання.....	30
1.2.3.2.1 Бактерицидний потік.....	31
1.2.3.2.2 Сила бактерицидного потоку.....	32
1.2.3.2.3 Кількість бактерицидного потоку.....	32
1.2.3.2.4 Еритемний потік.....	32
1.2.3.2.5 Еритемна опроміненість.....	33
1.2.3.2.6 Сила еритемного опромінення.....	33
1.2.3.2.7 Кількість еритемного опромінення.....	33
1.2.3.3 Основні величини оптичного випромінювання, яке використовується в рослинництві і одиниці його вимірювання.....	33

1.2.3.3.1 Фітопотік.....	34
1.2.3.3.2 Сила фітопотіку.....	34
1.2.3.3.3 Фітоопроміненість.....	34
1.2.3.3.4 Кількість фітоопромінення.....	34
1.3 Прилади для вимірювання оптичного випромінювання.....	36
1.3.1 Оптичні властивості тіл.....	36
1.3.2 Вимірювальні приймачі оптичного випромінювання...	39
1.3.3 Люксметри.....	48
1.3.4 Прилади для вимірювання випромінювання при вирощуванні рослин.....	52
1.3.5 Прилади для вимірювання ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювання.....	54
1.4 Електричні джерела оптичного випромінювання....	59
1.4.1 Історія створення електричних джерел випромінювання.....	59
1.4.2 Основні закони теплового випромінювання.....	60
1.4.3 Будова і робота ламп розжарювання, їх енергетичні і експлуатаційні характеристики.....	65
1.4.4 Галогенні лампи розжарювання.....	69
1.4.5 Інфрачервоні лампи.....	73
1.4.6 Основні закономірності електричного розряду в газах і парах металів.....	80
1.4.6.1 Загальні відомості.....	80
1.4.6.2 Електричний розряд у газах і парах металів.....	81
1.4.6.3 Стабілізація дугового розряду в газах і парах металів.....	83
1.4.6.4 Вплив виду баластного опору на роботу газорозрядної лампи.....	84
1.4.7 Будова і принцип дії люмінесцентних ламп, їх основні характеристики.....	87
1.4.7.1 Будова та принцип дії лінійних люмінесцентних ламп.....	88
1.4.7.2 Будова та принцип дії компактних люмінесцентних ламп.....	94
1.4.7.3 Основні характеристики люмінесцентних ламп.....	96
1.4.8 Пускорегулюючі апарати для люмінесцентних ламп, схеми їх вмикання.....	98
1.4.9 Газорозрядні лампи високого тиску, їх основні характеристики.....	101
1.4.9.1 Ртутні лампи високого тиску (ДРЛ).....	101

1.4.9.2 Дюгові металогалогенні лампи високого тиску (МГЛ).....	105
1.4.9.3 Натрієві лампи високого тиску.....	108
1.4.9.4 Дюгові ксенонові лампи.....	112
1.4.9.5 Основні характеристики газорозрядних джерел високого тиску.....	118
1.4.10 Газорозрядні джерела ультрафіолетового випромінювання низького і високого тиску.....	121
1.4.11 Газорозрядні джерела випромінювання, що використовуються в рослинництві.....	129
1.4.12 Світлодіодні лампи.....	135
1.5 Установки електричного освітлення.....	139
1.5.1 Класифікація і основні характеристики світильників..	139
1.5.2 Проектори.....	146
1.5.3 Основні вимоги до електричного освітлення сільськогосподарських приміщень.....	148
1.5.4 Види і системи освітлення.....	151
1.5.5 Вибір типу джерел світла та світильників.....	154
1.5.6 Вибір типу світильників.....	156
1.5.7 Вибір нормованої освітленості.....	167
1.5.8 Вибір коефіцієнту запасу.....	167
1.5.9 Розміщення світильників у приміщенні.....	169
1.5.10 Методи розрахунку освітлення.....	173
1.5.10.1 Метод коефіцієнта використання світлового потоку.....	175
1.5.10.2 Метод питомої потужності.....	180
1.5.10.3 Точковий метод лінійних ізолюкс.....	183
1.5.10.4 Точковий метод просторових ізолюкс.....	189
1.5.11 Типові схеми керування освітлювальними установками.....	192
2 ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПРОМІНЕННЯ	
2.1 Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту.....	205
2.1.1 Типи опромінювачів і установок для опромінення, їх характеристики.....	205
2.1.2 Основні положення розрахунку тепличних опромінювальних установок.....	216
2.1.3 Розрахунок установок для опромінення з точковими джерелами випромінювання.....	218
2.1.4 Розрахунок установок для опромінення з лінійними джерелами випромінювання.....	220

3.1 Установки ультрафіолетового опромінення.....	223
3.1.1 Біологічна дія ультрафіолетового випромінювання.....	223
3.1.2 Типи стаціонарних і рухомих установок для опромінення, їх характеристики і особливості безпечного обслуговування.....	224
3.1.3 Методика розрахунку стаціонарних і рухомих установок ультрафіолетового опромінення.....	233
3.1.4 Використання ультрафіолетового опромінення в різних технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.....	243
4.1 Установки інфрачервоного опромінення.....	249
4.1.1 Біологічна дія інфрачервоного опромінення.....	249
4.1.2 Опромінювачі та установки для опромінення тварин і птиці, їх основні характеристики.....	253
4.1.3 Методика розрахунку і вибору установок інфрачервоного випромінювання.....	258
4.1.4 Автоматизовані установки інфрачервоного обігріву і ультрафіолетового опромінення молодняка тварин і птиці.....	261
4.1.5 Використання інфрачервоного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.....	269
5.1 Електрична частина освітлювальних установок і установок для опромінення.....	271
5.1.1 Вибір системи живлячої та групової мереж, напруги і джерела живлення.....	271
5.1.2 Компоновка освітлювальної мережі.....	273
5.1.2.1 Розмітка на плані приміщень місць встановлення електроприймачів та комутаційних апаратів системи електричного освітлення.....	273
5.1.2.2 Вибір місця установки освітлювальних щитків, знижувальних трансформаторів і способу їх живлення.....	274
5.1.2.3 Розмітка на плані приміщень освітлювальних мереж.....	274
5.1.3 Вибір марки проводів і способів їх прокладки.....	276
5.1.4 Розрахунок перерізу проводів.....	278
5.1.5 Вибір типу щита, апаратури керування та захисту мереж від коротких замикань та перевантажень.....	282
5.1.6 Організація технічної експлуатації освітлювальних установок.....	286
Додатки	290
Список використаної літератури.....	330

ВСТУП

Одним із основних напрямків аграрної політики України на сучасному етапі є дальший комплексний розвиток електрифікації і автоматизації сільськогосподарського виробництва, що в більшій мірі базується на сучасних технологіях, які широко використовують електричну енергію. І в цьому сенсі, при науковій організації праці в сільському господарстві, як і в промисловості, якість освітлення займає одне із найважливіших місць.

Автоматизовані системи штучного освітлення та опромінення у сільськогосподарському виробництві підвищують продуктивність праці в середньому на 10 – 12 відсотків, дозволяють забезпечити значну економію електричної енергії.

Для збільшення потенційних можливостей продуктивності тварин і птиці, рослин, все більша увага звертається на ефективне впровадження установок оптичного випромінювання.

Ультрафіолетові опромінювальні установки повинні бути передбачені у всіх нових і реконструйованих тваринницьких приміщеннях в якості систем стаціонарних установок тривалої дії для опромінення тварин ультрафіолетовими променями невеликої інтенсивності на протязі всього періоду знаходження їх в приміщенні. Опромінення корів підвищує надої на 13%, середньодобові прирости телят складають 7 – 13%, свиней до 20%, курчат – 15%.

Для створення оптимальних параметрів мікроклімату в тваринницьких і птахівничих приміщення необхідно встановлювати джерела інфрачервоного опромінювання, які дають можливість безпосередньо ефективно впливати на організм тварин. Застосування в технологічних процесах установок для інфрачервоного обігріву молодняка дозволяє без додаткових матеріальних затрат отримати додаткову продукцію, значно підвищити зберігання потомства.

Автоматизовані системи штучного освітлення та опромінювання в сільському господарстві значно підвищують продуктивність праці, продуктивність тварин, птиці і рослин.

Раціональне використання джерел освітлювальних і опромінювальних установок передбачає знання їх будови, принципу дії, методів розрахунку. При вивченні даного курсу студент повинен опанувати вибір і розрахунок освітлювальних і опромінювальних установок, розрахунок внутрішніх електричних мереж.

Пропонований підручник повинен допомогти студентам оволодіти певними знаннями та навичками щодо засвоєння основних положень цієї дисципліни.

1. ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Загальні відомості про оптичне випромінювання

1.1.1 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:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad (1.1.1)$$

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 – к в а н т и. 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:

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1.1.2)$$

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 (1.1.2) можна записати наступним чином:

$$E = h\nu. \quad (1.1.3)$$

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.

1.1.2 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 1нм - 380 нм. Даний діапазон поділяється на чотири групи:

1нм – 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 (додаток 3) 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.

1.1.3.1 Розподілення енергії оптичного випромінювання по спектру

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 розрізняти 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. 1.1.1

Таблиця 1.1.1 - Умовні кольори і орієнтовні довжини хвиль

Довжина хвилі, нм	Колір	Довжина хвилі, нм	Колір
380 – 450	Фіолетовий	550 – 575	Жовто-зелений
450 – 480	Синій	575 – 585	Жовтий
480 – 510	Голубий	585 – 620	Оранжевий
510 -550	Зелений	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 в 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. 1.1.2 крива 1).

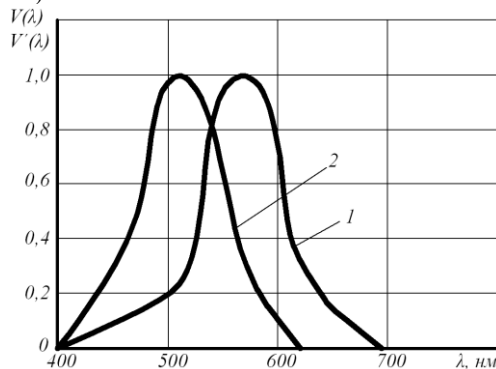


Рисунок 1.1.2 Середні значення спектральної чутливості ока
 1 - усереднена крива спектральної чутливості ока;
 2 - крива спектральної чутливості ока в умовах нічного зору

Максимум цієї кривої умовно прийнятий за одиницю і припадає на довжину хвилі $\lambda = 555$ 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 $\lambda = 507$ нм.

Зіставляючи криві 1 і 2, треба мати на увазі те, що максимуми 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 Пуркіньє. Суть цього ефекту в тому, що червона і синя поверхні об'єкту нагляду, які вдень здаються приблизно однаково світлими, вночі робляться цілком різними: синій предмет здається набагато світлішим ніж червоний. Останній бачиться вночі зовсім чорним.

1.1.3.2 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. Випускнення 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.

1.1.4 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.1.1.3 (крива 1).

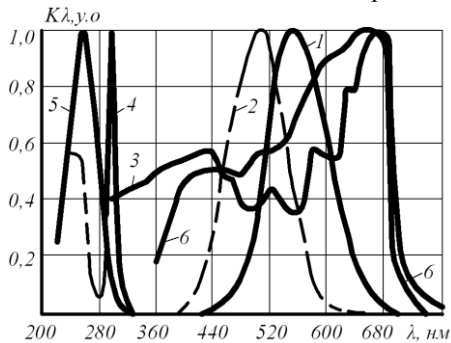


Рисунок 1.1.3 – Спектральні характеристики:

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. Срее (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.1. 1.3 (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 1.1.3 (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. 1.1.3 (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.

1.1.4.1 Дія оптичного випромінювання на людину

Дія на людину найбільш біологічно активного ультрафіолетового випромінювання залежить від величини квантів випромінювання, опромінення і часу дії. Відома благотворна дія на людину ультрафіолетового сонячного випромінювання. Кванти УФ випромінювання, які поглинаються білковими колоїдами протоплазми клітин шкіри, розчіплюють молекули білка. Це супроводжується створенням нових біологічно активних речовин (вітамін D, гістамін і ін.) Поширюючись по організму дифузійно або по шляху циркуляції рідин, ці речовини зумовлюють загально-фізіологічне зрушення терапевтичного та тонізуючого характеру. В результаті фотохімічних процесів у шкірі виникає ультрафіолетова еритема і пігментація. На відміну від теплової еритеми, що виникає відразу після нагрівання, ультрафіолетова еритема (почервоніння шкіри) з'являється через кілька годин після опромінення (від 2 до 6 год.). Мінімальна кількість опромінення, при якій вперше виникає еритема, називають пороговою дозою (біодозою). При не достатку природного ультрафіолетового випромінювання взимку в середній смузі і особливо в північних районах використовують штучні джерела УФ випромінювання для опромінення людей.

Інфрачервоне випромінювання, маючи невелику енергію квантів, надає в основному теплову дію на людину. Завдяки хорошій проникаючій здатності інфрачервоне випромінювання здатне нагрівати глибинні шари тканин.

Енергія квантів видимого випромінювання менша, ніж енергія квантів ультрафіолетового, тому позитивні фотохімічні реакції, не можуть відбуватися під дією видимого випромінювання. Це обмежує застосування видимого випромінювання для терапевтичних цілей.

1.1.4.2 Дія оптичного випромінювання на тварин і птицю

Прояви впливу оптичного випромінювання на тварин і птицю дуже різні і залежать від спектрального складу випромінювань.

Ультрафіолетове випромінювання має сильну тонізуючу

терапевтичну дію на організм тварин. Встановлено вплив УФ опромінення на обмін речовин, процеси дихання, активізацію кровообігу, збільшення вмісту гемоглобіну в крові, активізацію діяльності залоз внутрішньої секреції та інші функції організму тварини.

Випромінювання області УФ-А найменш активна, хоча і надає певний позитивний вплив на організм тварин і птиці. Випромінювання області УФ-В викликає почервоніння опромінених ділянок шкіри (еритему), володіє антирахітною дією, здатне перетворювати провітамін D у вітамін D, який сприяє підвищенню засвоюваності кормів, загальному оздоровленню організму, збереженню молодняка. У зв'язку з переводом тваринництва і птахівництва на промислову основу, при якій широко використовують безвигульне утримання великої рогатої худоби, свиней і птиці, проявляється сезонне сонячне голодування. Значно зменшити негативні наслідки цього можна правильною організацією ультрафіолетового опромінення та світлового режиму. Спектр еритемних дії наведено на рис. 1.1.

Максимум кривої приходить на довжину хвилі 297 нм. При розрахунках опромінюваних установок враховується лише частина кривої, яка знаходиться в діапазоні довжин хвиль 280 ... 320 нм. Ультрафіолетове випромінювання області УФ-С, також може надавати позитивний ефект на тварин і в основному використовується як фактор бактерицидної дії на мікроорганізми.

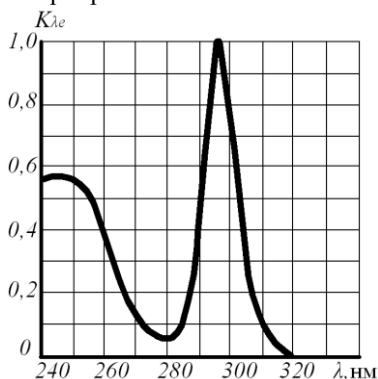


Рисунок 1.1.4 - Спектр еритемної дії ультрафіолетового випромінювання

Ультрафіолетове опромінення позитивно впливає на тварин і птицю при дотриманні правильного режиму годування повноцінними, збалансованими по необхідності компонентів кормами і дотриманні необхідного дозування опромінення. Необхідно зазначити, що механізм дії ультрафіолетового випромінювання на живі організми вивчений не

повною мірою.

Світлова дія випромінювання на тварин і птахів вивчено теж ще дуже мало. Вплив видимого випромінювання на тварин може виявлятися не тільки через органи зору, але і шляхом сприйняття його іншими органами. Фізіологічні ритми (спаровування, розмноження, зміна волосяного і пір'яного покриву та ін.) у більшості тварин і птахів визначаються світловими умовами. Від умов освітлення в значній мірі залежить продуктивність тварин і птахів.

В даний час вважають, що на тварин і птахів найбільш сильний вплив робить поступова зміна тривалості світлового періоду доби, а не величина освітленості і тривалість (незмінна) світлового дня, як це припускали раніше. Встановлено, що поступове збільшення тривалості світлового дня стимулює діє на розвиток і функцію тварин і птахів які знаходяться у стадії спокою статевих залоз. Подібну ж дію на деяких птахів і тварин вказує короткочасне освітлення їх вночі.

Інфрачервоне випромінювання в порівнянні з короткохвильовим ультрафіолетовим та видимим випромінюваннями має велику проникаючу здатність у тканини тварин. Проникнення інфрачервоного випромінювання в тканини організму залежить від відбивної і поглинальної здатності верхнього покриву - шкіри. Будова і функції шкіри людини і тварин однакова, тому біологічна дія інфрачервоного випромінювання, який чиниться на людину, спостерігається і при дії на тварин.

Інфрачервоне опромінювання тварин сприяє кращому розвитку їх і зменшує чутливість до захворювань. Воно збуджує кровообіг, спонукає кращому обміну речовин і харчування клітин. Деякі автори вважають також, що опромінювання підсилює фагоцитоз (здатність певних клітин захоплювати і знищувати збудників хвороби) і збільшує створення антитоксину, що знищує зародок інфекційних захворювань в організмі. Оздоровчу дію інфрачервоного опромінювання пояснюють також тим, що деякі хвороботворні бактерії гинуть при температурі 41 °С протягом 5 годин.

1.1.4.3 Дія оптичного випромінювання на рослини

Із всього спектру оптичного випромінювання на ріст і розвиток надає випромінювання з довжиною хвилі від 300 до 1000 нм. Залежно від ролі окремих ділянок спектра в процесах життєдіяльності рослин із зазначеного діапазону можна виділити три умовні області: 1000 ... 700 нм - ефект витягування стебла; 700 ... 400 нм - основну для життєдіяльності; 400 ... 300 нм - відповідальну за форматний ефект. Випромінювання в спектральному діапазоні 400 ... 700 нм, що грає найважливішу роль в

реакціях фотосинтезу, отримало назву фотосинтезної активної радіації (ФАР). Інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі більше 1000 нм надає рослинам тільки теплову дію, а ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі менше 300 нм шкідливо і згубно для рослин.

Вплив оптичного випромінювання на рослини багатосторонній. Не тільки фотосинтез, а й багато інших фізіологічних процесів рослин залежать від умов опромінення. Ріст і розвиток рослин, створення листків та інших органів в значній мірі залежить від опромінення. Проте основним, найбільш характерним процесом зелених рослин є фотосинтез. Цим процесом визначається врожай рослин.

У впливі випромінювання на рослини можна визначити дві сторони. У першу чергу, випромінювання є основним і незамінним джерелом енергії для розвитку рослин. Спільна енергетична дія випромінювання на рослини складається з фотосинтезного та теплового. Поглинена рослинами енергія випромінювання частково використовується на здійснення фотосинтезу, а частина її йде на нагрів і випар води (транспірація). Фотосинтезною дією володіють тільки випромінювання з довжинами хвиль від 300 до 750 нм. Теплову дію рослинам можуть надавати не тільки видимі і ультрафіолетові, а й інфрачервоні випромінювання.

Випромінювання діє на рослини не тільки як джерело енергії, але і як своєрідний регулятор або подразник. Характерним прикладом такої дії випромінювання є фотоперіодична реакція рослин. Щоб викликати її, потрібно у багато разів менша кількість енергії, ніж для здійснення фотосинтезу.

Ультрафіолетове випромінювання з довжинами хвиль коротше 295 нм при поглинанні протоплазмою клітин викликає руйнування білкових речовин. Це випромінювання при більших дозах надає шкідливу (руйнівну) дію на рослини.

Листя - основний орган рослин, що сприймає випромінювання. Поглинання листям випромінювання залежить від його спектрального складу, товщини листа, внутрішньої будови і стану його поверхні, а також від складу і концентрації в листі пігментів. У листі рослин здійснюється фотосинтез, а також утворюються різні фізіологічно активні речовини.

Зелений лист рослини поглинає 80-90 % падаючого на нього сумарного фотосинтезного активного випромінювання, відбиває 5-10 % і приблизно стільки ж пропускає. Спектри поглинання оптичного випромінювання у всіх зелених рослин носять однаковий характер. У природних умовах з усієї енергії, що падає на рослини, приблизно 2% використовується на фотосинтез, решта поглинена енергія випромінювання перетворюється на рослині в тепло.

Сумарне рівняння фотосинтезу зазвичай записується у вигляді реакції перетворення вуглекислого газу і води в гексозу: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + nh\nu + \text{хлорофіл} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + \text{хлорофіл}$. Це рівняння відповідає зверненого сумарному процесу дихання, що свідчить про протилежності цих процесів. На противагу фотосинтезу при диханні проходить окислення органічної речовини і виділення вуглекислого газу і води.

Сумарне рівняння не виражає особливостей процесу фотосинтезу, що є складною багатоступеневою реакцією. Частина елементарних реакцій фотосинтезу може протікати тільки на світлі, а частина в темноті. У зв'язку з цим розрізняють світлову і темну стадії фотосинтезу. Кінцевими продуктами фотосинтезу можуть бути найрізноманітніші органічні речовини (вуглеводи, білки, жири і т. д.).

Загальний шлях перетворення енергії випромінювання в процесі фотосинтезу в хімічну енергію у всіх видів рослин однаковий. За сучасними уявленнями енергія окремих квантів випромінювання, поглинена любим фотосинтетичним пігментом, передається потім молекулам хлорофілу «а». При цьому молекули хлорофілу «а» переходять в збуджений стан. Внутрішня енергія кожної з цих молекул підвищується на величину, рівну енергії кванта випромінювання з довжиною хвилі 680 нм. Тому незалежно від довжини хвилі випромінювання тільки ця частина енергії квантів може перетворюватися в хімічну енергію, інша ж частина енергії квантів перетворюється в тепло. Іншими словами, при фотосинтезі найбільш повно використовується випромінювання з довжиною хвиль 680 нм.

По мірі зменшення довжини хвилі частка енергії кожного кванта, використовувана на фотосинтез, зменшується. Однак під джерелами з однорідним монохроматичним випромінюванням не вдається отримати повноцінні рослини. В установках, що застосовуються на практиці для штучного опромінення рослин, використовують лампи з неоднорідним випромінюванням. Для отримання добре розвинених рослин і високої продуктивності фотосинтезу лампи опромінювальних установок повинні містити в своєму спектрі всі випромінювання області 300 - 750 нм. При цьому бажано, щоб більша частина знаходилась в області оранжево-червоних і синьо-фіолетових випромінювань.

Для розробки ламп і установок штучного опромінення рослин дуже важливо знати деякий середній спектр дії фотосинтезу. На рис. 1.1.5 наведено спектр дії так званого середнього листа рослини, отриманий розрахунковим шляхом за спектрами поглинання фотосинтетичних пігментів та його усередненої концентрації в листі.

У рослин одночасно з процесом фотосинтезу відбувається і процес дихання. Розкладаючи органічні речовини, рослини витрачають на

дихання енергію. При цьому вони виділяють вуглекислий газ і поглинають кисень. При малих значеннях опроміненості інтенсивність фотосинтезу буває настільки мала, що засвоєння при цьому енергії буває недостатньо для покриття витрат на дихання.

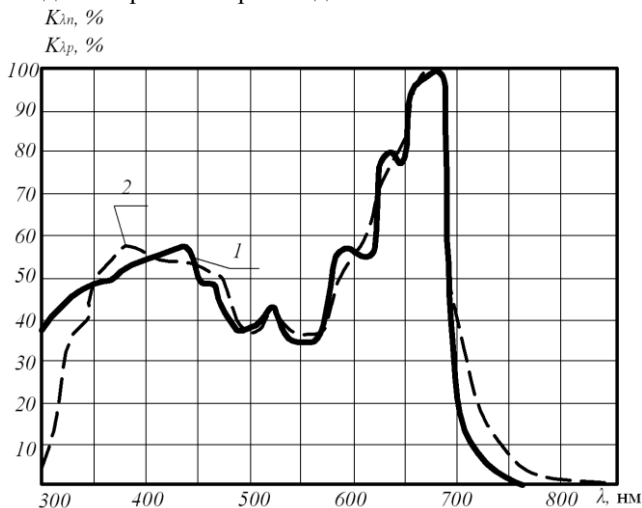


Рисунок 1.1.5 – Спектральна чутливість:
1 – середнього листа рослини; 2 – фітометра

При низькій опроміненості процес дихання може переважати над фотосинтезом. У міру підвищення опроміненості настає таке її значення, при якому кількість енергії, накопичується шляхом фотосинтезу, так само енергії, що витрачається на дихання. Це значення опроміненості називають компенсаційним. При підвищенні ефективності опромінення, починаючи від компенсаційного значення, інтенсивність фотосинтезу зростає пропорційно опроміненню.

Як видно з рис.1.1.6 прямолінійна ділянка світлової кривої фотосинтезу закінчується за певного значення опроміненості і починається плавний вигин, який потім переходить в плато насичення. Значення опроміненості, починаючи з якого подальше збільшення її не призводить до підвищення інтенсивності фотосинтезу, називають насичуюче.

Компенсаційне і насичуюче значення опроміненості для різних видів рослин можуть бути різними. Ці значення опромінення залежать від зовнішніх умов зростання рослин та їх фізіологічного стану.

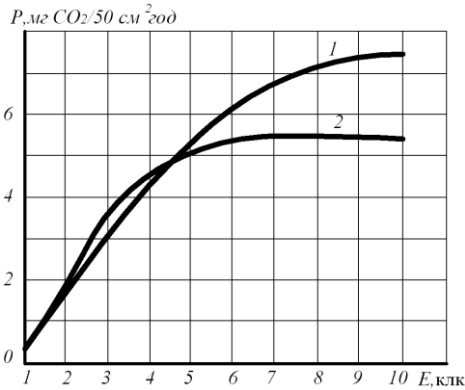


Рисунок 1.1.6 – Світлова крива фотосинтезу:
1 – при температурі 20⁰С; 2 – при температурі 10⁰С

1.2 Основні величини і одиниці вимірювання оптичного випромінювання

1.2.1 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

$$\Phi = \frac{dW}{dt}, \quad (1.2.1)$$

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. 1.2.1, 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

$$\varphi_\lambda = \frac{\Delta\Phi_\lambda}{\Delta\lambda}. \quad (1.2.2)$$

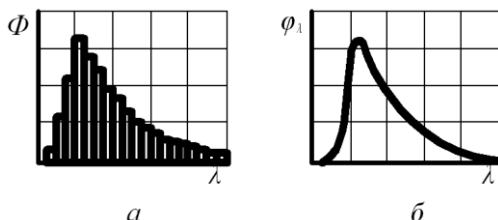


Рисунок 1.2.1 – Спектральний розподіл потоків випромінювання із загальним спектром (а) та спектральна щільність потоку випромінювання (б)

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

$$\varphi\lambda = \lim_{\Delta\lambda \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi_\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{d\Phi_\lambda}{d\lambda}. \quad (1.2.3)$$

Функція спектральної щільності потоку випромінювання зазвичай будується в прямокутній системі координат (рис. 1.2.1, б). Інтегруючи задану функцію спектральної щільності в межах оптичної частини спектру, отримуємо значення потоку випромінювання (Вт) даного джерела

$$\Phi = \int_{\lambda=1,0\text{мм}}^{\lambda=1,0\text{мм}} \varphi(\lambda)d\lambda. \quad (1.2.4)$$

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

$$I = \frac{d\Phi}{dw}. \quad (1.2.5)$$

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

$$R = \frac{d\Phi}{dS_g}. \quad (1.2.6)$$

де dS_g - 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 ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$)

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (1.2.7)$$

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 ($\frac{\text{Вт}\cdot\text{с}}{\text{м}^2}$) представляє собою значення енергії

випромінювання, яка впала на одиницю опромінюваної поверхні протягом часу опромінення. У загальному випадку

$$H = \int_{t_1}^{t_2} \varepsilon_i dt, \quad (1.2.8)$$

де ε_i - миттєве значення опромінення;

t_1 t_2 - відповідно час початку і кінця опромінення.

1.2.2 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

$$g = C \frac{W_e}{W}, \quad (1.2.9)$$

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

$$g_\lambda = C \frac{dF_\lambda}{d\Phi_\lambda} \quad (1.2.10)$$

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 фотоелемент, то dF_λ може бути виражений в одиницях, що характеризують фотоелемент - амперах. При фотохімічних приймачах dF_λ може виражатися кількістю речовини, яка вступила в реакцію за одиницю часу. Отже, значення спектральної чутливості виражається іменним числом: $\text{лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$, $\text{А} \cdot \text{Вт}^{-1}$ 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

$$K(\lambda) = \frac{g(\lambda)}{(g_\lambda)_{\max}} \quad (1.2.11)$$

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. 1.2.2 (а) зображена функція спектральної щільності випромінювання джерела.

Для спрощення висновку прийнято, що $\phi(\lambda) = \text{const}$ в межах деякої частини спектру. Площа фігури *abvc*, як відомо, являє собою в певному масштабі значення потоку випромінювання джерела. Відносна спектральна чутливість приймача енергії випромінювання приведена на рис.1.2.2 (б). Виділимо на графіку $\phi(\lambda)$ рівні за значенням потоки випромінювання $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3$. Чи приведе їх енергетично

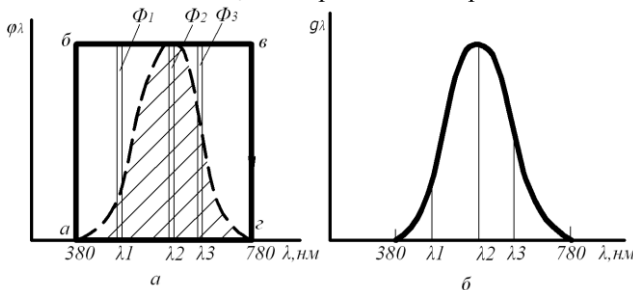


Рисунок 1.2.2 - До пояснення «ефективний потік випромінювання»

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

$$F_1 = \Phi_1 g_{\lambda 1}; \quad F_2 = \Phi_2 g_{\lambda 2}; \quad F_3 = \Phi_3 g_{\lambda 3}. \quad (1.2.12)$$

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. 1.2.2, 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

$$F = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \varphi(\lambda) g(\lambda) d(\lambda). \quad (1.2.13)$$

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

$$F = (g_{\lambda})_{\max} \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \varphi(\lambda) K(\lambda) d(\lambda). \quad (1.2.14)$$

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.

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

1.2.3.1 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. 1.2.1).

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 кандела.

1.2.3.1.1 Світловий потік

Енергія випромінювання визначається кількістю квантів, які випромінюються випромінювачем у простір. Енергію випромінювання (променеву енергію) вимірюють у джоулях. Кількість енергії, яка

випромінюється в одиницю часу називається **поток**ом випромінювання або **променевим потоком**. Вимірюється потік випромінювання у ватах. Позначається Φ_e .

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}, \quad (1.2.15)$$

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

$$\Phi_e = \Phi_{\lambda_1} + \Phi_{\lambda_2} + \dots + \Phi_{\lambda_n}, \quad (1.2.16)$$

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.

1.2.3.1.2 Сила світла

Розподіл випромінювання реального джерела в навколишньому просторі не рівномірний. 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**.

$$I = \frac{d\Phi}{dw}, \quad (1.2.17)$$

Φ - світловий потік;
 w - 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.

1.2.3.1.3 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

$$E = \frac{\Phi}{S}. \quad (1.2.18)$$

В таблиці 1.2.1 приведено декілька прикладів освітленості.

Таблиця 1.2.1 – Освітленість

Літо, день під безхмарним небом	100 000 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 A (рис.1.2.3) освітлює елементарний майданчик dS на поверхні q . Сила світла джерела в напрямку освітлюваної площі I_d . Кут між нормалью 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

$$d\omega = \frac{dS \cos \beta}{l^2}. \quad (1.2.19)$$

Тоді світловий потік, падаючий на майданчик dS ,

$$dF = I_d d\omega = \frac{I_d dS \cos \beta}{l^2}. \quad (1.2.20)$$

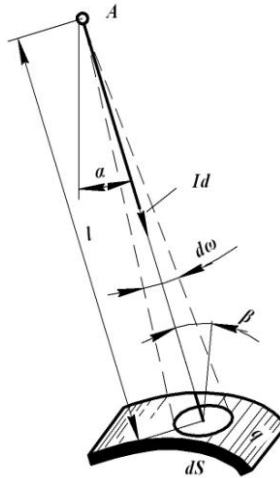


Рисунок 1.2.3 - До висновку відношення між силою світла і освітленістю

Освітленість майданчика dS отримаємо за висловом

$$E = \frac{dF}{dS} = \frac{I_d \cos \beta}{l^2}. \quad (1.2.21)$$

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.

1.2.3.1.4 Світність

Для характеристики поверхонь, які світяться за рахунок світлового потоку, який проходить через них або відображається від них, служить відношенню випромінюючого елементу поверхні світлового потоку до площі цього елемента. Ця величина називається **світністю**.

$$M = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (1.2.22)$$

Світність - це щільність світлового потоку, що випускається світловою поверхнею. Одиницею світності служить люмен на метр квадратний світлової поверхні, що відповідає поверхні площею 1m^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 $M_{e\lambda}(\lambda)$

$$M = 683 \int_0^{\infty} M_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda. \quad (1.2.23)$$

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

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

1.2.3.1.5 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 1.2.2 приведено яскравість деяких джерел

Таблиця 1.2.2 – Яскравість джерел

Назва	Яскравість
Поверхня сонця	2 000 000 000 кд/м^2
Люмінесцентні лампи	5 000 до 15 000 кд/м^2
Поверхня повного місяця	2500 кд/м^2
Штучне освітлення дороги (30 люкс)	2 кд/м^2

1.2.3.2 Основні величини ультрафіолетового випромінювання і одиниці його вимірювання

Для характеристики енергії випромінювання в ультрафіолетовій частині спектра користуються системами ефективних величин: бактеріцидної 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. 1.2.4.

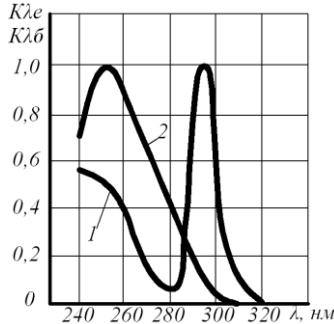


Рисунок 1.2.4 – Спектр дії ультрафіолетового випромінювання:
 1 - спектр еритемної дії УФ випромінювання;
 2 - спектр бактерицидної дії УФ випромінювання

Максимальну чутливість бактерії знаходять до однорідних випромінювань з довжиною хвилі $\lambda = 254$ нм, тобто максимальна ефективність знищення бактерій має монохроматичне випромінювання при $\lambda = 254$ нм.

1.2.3.2.1 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

$$\Phi_B = \int_{\lambda=200 \text{ нм}}^{\lambda=300 \text{ нм}} \varphi(\lambda) K(\lambda)_B d\lambda. \quad (1.2.24)$$

Одиницю бактерицидного потоку прийнято вважати бакт, числово рівний випромінювання потужністю в 1 Вт при $\lambda=254$ 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 $\text{мкб} \cdot \text{м}^{-2}$)

$$E_B = \frac{d\Phi_B}{dS}. \quad (1.2.25)$$

1.2.3.2.2 Сила бактерицидного потоку

Силою бактерицидного випромінювання ($\text{б}\cdot\text{ср}^{-1}$) називається просторова щільність бактерицидного потоку, що дорівнює відношенню бактерицидного потоку до значення тілесного кута, в якому рівномірно розподілено випромінювання

$$I_B = \frac{d\Phi_B}{d\omega}. \quad (1.2.26)$$

1.2.3.2.3 Кількість бактерицидного потоку

Дуже важливою розрахунковою величиною є *кількість бактерицидного опромінення* ($\text{б}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}$), що визначається кількістю енергії бактерицидного випромінювання, яка впала на одиницю поверхні опромінюючого тіла

$$H_B = \int_{t_1}^{t_2} E_{\text{бі}} dt. \quad (1.2.27)$$

Еталонним приймачем енергії випромінювання для побудови системи еритемних величин є шкіра людини, реакція якої виражається в почервонінні частки, що піддалася опроміненню. Спектральна чутливість шкіри до однорідних випромінювань неоднакова. Отже, еритемна ефективність випромінювань різних довжин хвиль також неоднакова.

1.2.3.2.4 Еритемний потік

Вихідною величиною в системі еритемних величин є *еритемний потік* (ер), який визначається як потік випромінювання, оцінений за його еритемною дією

$$\Phi_E = \int_{\lambda=280\text{ нм}}^{\lambda=320\text{ нм}} \varphi(\lambda) K(\lambda)_E d\lambda, \quad (1.2.28)$$

де $K(\lambda)_e$ - відносна еритемна ефективність випромінювання.

Одиницею еритемних потоку служить ер, чисельно рівний випромінюванню потужністю 1 Вт при $\lambda = 297$ нм.

1.2.3.2.5 Еритемна опроміненість

Щільність еритемного потоку на поверхні опромінюючого тіла називається *еритемною опроміненістю* ($\text{ер} \cdot \text{м}^{-2}$)

$$E_E = \frac{d\Phi_E}{dS}. \quad (1.2.29)$$

1.2.3.2.6 Сила еритемного опромінення

Силою еритемного опромінення ($\text{ер} \cdot \text{ср}^{-1}$) називається просторова щільність еритемного потоку, що дорівнює відношенню еритемного потоку до значення тілесного кута, в якому рівномірно розподілено випромінювання

$$I_E = \frac{d\Phi_E}{dw}. \quad (1.2.30)$$

1.2.3.2.7 Кількість еритемного опромінення

Кількістю еритемного опромінення ($\text{ер} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{г}$) називається кількість енергії еритемного випромінювання, яка впала на одиницю опроміненої поверхні

$$H_E = \int_{t_1}^{t_2} E_{et} dt. \quad (1.2.31)$$

1.2.3.3 Основні величини оптичного випромінювання, яке використовується в рослинництві і одиниці його вимірювання

Фітобіологічна дія оптичного випромінювання на рослини в даний час оцінюється в ефективній (фотосинтетичній) чи енергетичній системах величин і одиниць їх вимірювань. У фотосинтетичній системі величин оптичне випромінювання оцінюється за допомогою певного розрахунку шляхом селективної функції - спектральної чутливості «середнього листа» рослин. В основі побудови зазначеної системи лежить поняття фітопотoku - ефективного потоку, що визначає вільну, з точки зору фотосинтезу, енергію, що міститься в оптичному випромінюванні джерела або на поверхні рослини. Фіто потік кількісно визначає зміст в інтегральному променистому потоці енергії, потенційно доступної рослинам для здійснення реакції фотосинтезу. За одиницю фітопотoku

прийнятий фіт, чисельно рівний монохроматичному потоку оптичного випромінювання потужністю в 1 Вт з довжиною хвилі 680 нм.

1.2.3.3.1 Фітопотік

Ефективний потік випромінювання в рослинництві – *фітопотік* - обчислюється за виразом

$$\Phi_{\phi} = (g_{\lambda})_{\max} \int_{\lambda=300}^{\lambda=750} \varphi(\lambda) K(\lambda)_{\phi} d\lambda, \quad (1.2.32)$$

де $(g_{\lambda})_{\max}$ - максимальна спектральна фотосинтезна ефективність оптичного випромінювання, що дорівнює 0,95.

У якості похідних величин в розглянутій ефективній системі використовуються: просторова щільність фіто потоку, фітоопроміненість, кількість фітоопромінення.

1.2.3.3.2 Сила фітопотіку

Просторова щільність фіто потоку (фіт·ср⁻¹), під якою розуміється відношення фіто потоку до тілесного кута, в межах якого він укладений і рівномірно розподілений

$$I_{\phi} = \frac{d\Phi_{\phi}}{d\omega}. \quad (1.2.33)$$

1.2.3.3.3 Фітоопроміненість

Фітоопроміненість (фіт·м⁻²), під якою розуміється відношення фіто потоку до опроміненої площі

$$E_{\phi} = \frac{d\Phi_{\phi}}{dS}. \quad (1.2.34)$$

1.2.3.3.4 Кількість фітоопромінення

Кількість фітоопромінення (фіт·м⁻¹·с) - значення фотосинтетичної активної енергії випромінювання, що досягла опроміненої поверхні протягом часу опромінення

$$H_{\phi} = \int_{t_1}^{t_2} E_{\phi t} dt. \quad (1.2.35)$$

Енергетична система величин оцінки оптичного випромінювання приписує рівнозначні дії випромінювання будь-якого діапазону в межах 400 ... 700 нм – спектральної області фотосинтетично-активної радіації (ФАР). В енергетичній системі стосовно до спектральної області ФАР використовують наступні основні та похідні величини та одиниці їх вимірювання: потік випромінювання ФАР, Вт; сила випромінювання ФАР, Вт·ср⁻¹; опромінення ФАР, Вт·м⁻²; кількість опромінення ФАР, Вт·м⁻²·с. Енергетична і фотосинтезна система величин не пов'язані одна з іншою якими-небудь загальними математичними залежностями, що дозволяють проводити перерахунок окремих величин і одиниць їх виміру з однієї системи в іншу без обліку функцій спектральної інтенсивності випромінювання джерел.

При розрахунку і проектуванні установок для штучного опромінення рослин одним з основних є питання про вибір з ряду принципово придатних для вирішення даної задачі джерел випромінювання найбільш доцільного.

Основними властивостями і показниками роботи джерел випромінювання, порівняльний аналіз яких дає підстави для вибору джерела оптичного випромінювання, є наступні:

- *спектральний склад випромінювання джерела*, що дозволяє судити про потенційні можливості використання останнього для вирішення даної задачі. Характеристикою, що дозволяє оцінити спектральний склад випромінювання, є крива спектральної щільності випромінювання $\phi(\lambda)$;

- *фітотвідача потоку випромінювання*, під яким розуміється відношення фіто потоку до повного потоку випромінювання джерела (фіт·Вт⁻¹)

$$\eta_{\phi} = \frac{\Phi_{\phi}}{\Phi}. \quad (1.2.36)$$

Для переходу від величин світлової системи до ефективних величин можна користуватись коефіцієнтом

$$K_{\phi} = \frac{\Phi_{\phi}}{\Phi}, \quad (1.2.37)$$

де Φ_{ϕ} – фіто потік, який виражений в відповідних одиницях, наприклад у фітах;

Φ – світловий потік в люменах

- *фітотвідача джерела випромінювання* (фіт·Вт⁻¹)

$$H_{\Phi} = \frac{\Phi_{\Phi}}{P_{Д}}, \quad (1.2.38)$$

де $P_{Д}$ - приєднана потужність джерела випромінювання, включаючи потужність пускорегулюючих пристроїв (при наявності їх), Вт.

1.3 Прилади для вимірювання оптичного випромінювання

1.3.1 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

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi}. \quad (1.3.1)$$

Коефіцієнт поглинання α дорівнює відношенню потоку випромінювання Φ_{α} , поглиненого тілом, до потоку випромінювання, що падає на нього

$$\alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi}. \quad (1.3.2)$$

Коефіцієнт пропускання τ дорівнює відношенню потоку випромінювання Φ_{τ} , що пройшов крізь тіло, до потоку випромінювання, що падає на нього

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi}. \quad (1.3.3)$$

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

$$\Phi = \Phi_{\rho} + \Phi_{\alpha} + \Phi_{\tau}. \quad (1.3.4)$$

Отже, для одного і того ж падаючого на тіло потоку

$$\rho + \alpha + \tau = 1. \quad (1.3.5)$$

Більшість матеріалів відбиває і поглинає вимірювання 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

$$\rho_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda\rho}}{\Phi_{\lambda}}; \quad \alpha_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda\alpha}}{\Phi_{\lambda}}; \quad \tau_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda\tau}}{\Phi_{\lambda}}, \quad (1.3.6)$$

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

Якщо відомий спектральний склад падаючого випромінювання і залежності спектральних коефіцієнтів від довжини хвилі λ , то інтегральні коефіцієнти відбивання, поглинання і пропускання можна обчислити, користуючись формулами

$$\rho = \frac{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda}, \quad \alpha = \frac{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \alpha(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda}, \quad \tau = \frac{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \tau(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda}. \quad (1.3.7)$$

При визначенні сумарних коефіцієнтів для ефективних потоків у підінтегральних виразах кількість чисельників і знаменників виразів (1.47) повинна входити в якості множника величина $K(\lambda)$ - відносна спектральна чутливість, за якою визначається ефективний потік випромінювання. Наприклад, при визначенні сумарного коефіцієнта відбиття світлового потоку розрахункова формула буде мати такий вигляд

$$\rho_{\bar{n}} = \frac{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \hat{E}(\lambda)_{\bar{n}} \rho(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \hat{E}(\lambda)_{\bar{n}} d\lambda}, \quad (1.3.8)$$

де ρ_c - сумарний коефіцієнт відбиття світлового потоку;
 $K(\lambda)_c$ - відносна спектральна чутливість ока людини.

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. 1.3.1).

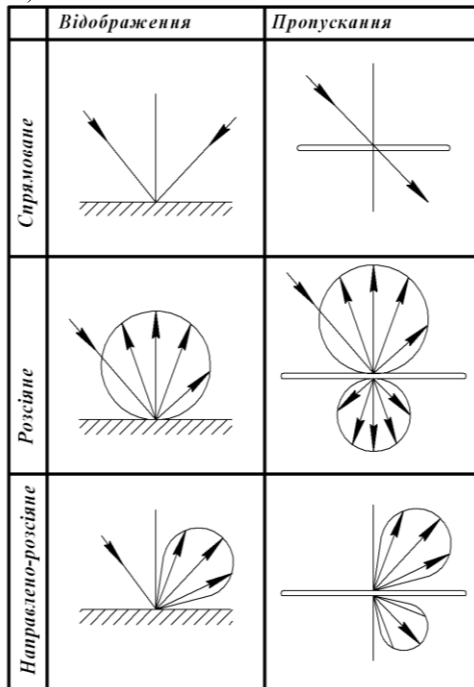


Рисунок 1.3.1 – Різновидності відбивання і пропускання потоку оптичного випромінювання

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 перпендикулярно 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.

1.3.2 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. 1.3.2, а.

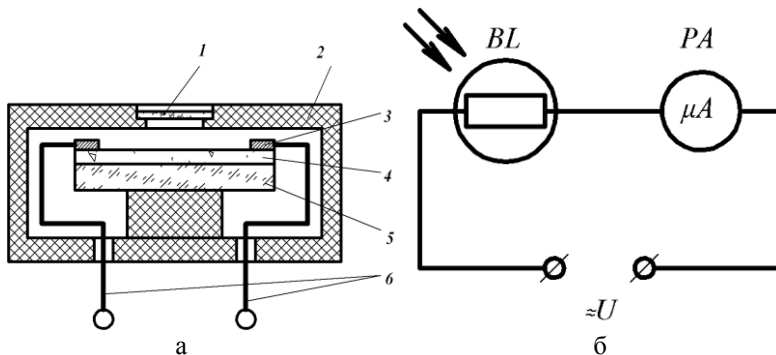


Рисунок 1.3.2 – Конструкція (а) і схема включення фото резистора (б):
 1 - захисний прозорий шар; 2 - корпус; 3 – електрод; 4 - шар напівпровідника; 5 - підкладка (ізолятор); 6 - виводи

Фоторезистор можна включати в коло постійного або змінного струму. Під дією оптичного випромінювання провідність фоторезистора збільшується, і струм в колі зростає. Характеристика деяких фоторезисторів приведено в табл. 1.3.1, а спектральні характеристики – на рис. 1.3.3.

Таблиця 1.3.1 – Характеристики фоторезисторів

Марка	Тип спектральної характеристики	Робоча напруга, В	Інтегральна чутливість, мкА/лм	Розміри, мм
ФС-А1	1	40	500	24
ФС-К1	2	220	1200	28
ФС-К2	3	220	6000	28
ФС-КМ1	4	150	30000	28
ФС-КМ2	5	150	20000	20
СФ2-1	6	15	10	12
СФ3-1	7	15	20	20

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.

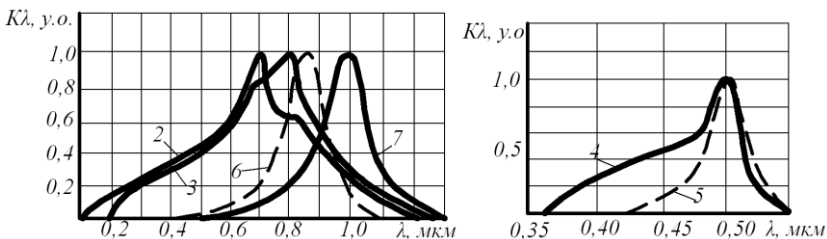


Рисунок 1.3.3 – Спектри чутливості фоторезисторів

На рис. 1.3.4 показана схема вимірювача опроміненості з фотодіодом.

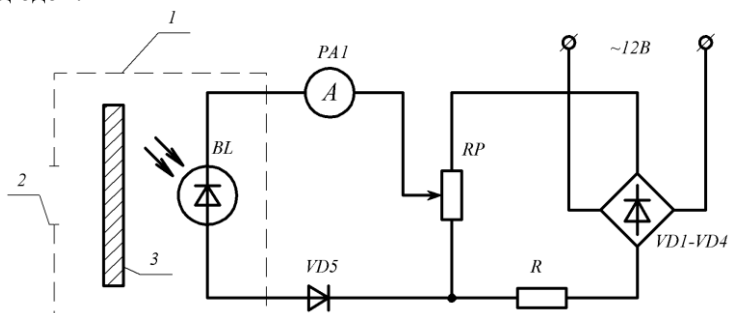


Рисунок 1.3.4 – Схема вимірювача опроміненості з фотодіодом:
 BL - фотодіод ФД-6Г; RP - потенціометр; PA1 - мікроамперметр;
 R – обмежувачий опір; VD1...VD4 - випрямний міст; VD5 - блокуючий діод; 1 - корпус вимірювача; 2 – вікно; 3 - світлофільтр.

Зворотна провідність фотодіода в режимі, який показано на рис. 1.3.4 пропорційний опроміненості і не залежить від величини зовнішнього опору.

Характеристика деяких фотодіодів приведено в таблиці 1.3.2, а спектральні характеристики – на рис. 1.3.5

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.

Таблиця 1.3.2 – Характеристика фотодіодів

Марка фотодіода	Матеріал фотошару	K_{ϕ} , мА/лм	Напруга живлення, В	Площа фото шару, мм ²	Допустима температура °С
ФД-1	Германій	20	15	5,0	- 60...+40
ФД-2	Германій	10...20	30	1,1	- 40...+45
ФД-3	Германій	20	10	2,5	- 60...+60
ФД-К1	Кремній	3	20	1,0	- 50...+80
ФД-СК	Кремній	20	20	1,0	100...+100
КФДМ	Кремній	15	20	10	- 60...+75

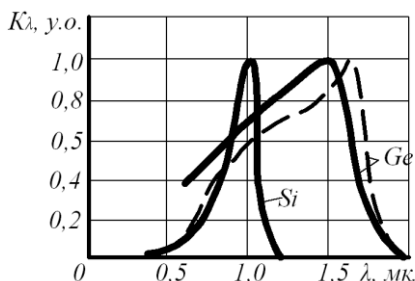


Рисунок 1.3.5 - Спектри чутливості фотодіодів на основі германія (Ge) і кремнія (Si)

Дія фотоелементів із запираючим шаром заснована на явищі виникнення електрорушійної сили на електродах приладу при впливі на нього оптичного випромінювання. Вентильний фотоелемент (рис. 1.3.6) 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.

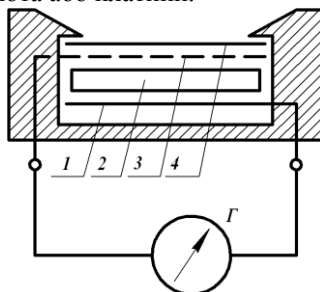


Рисунок 1.3.6 – Вентильний фотоелемент

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 фотоелементі*.

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

Католи 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. 1.3.7 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 енергії. Католи

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_{ϕ} 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 (табл.1.3.3, фотоелемент ЦГ-4). 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.

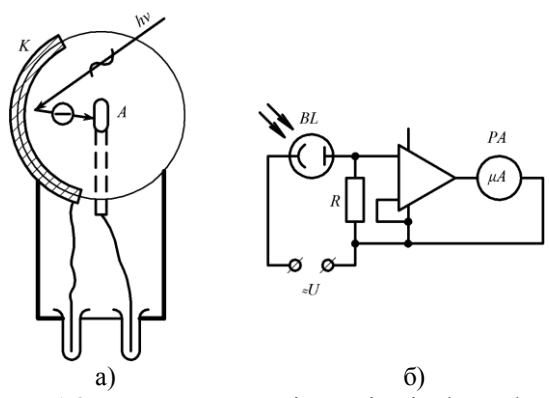


Рисунок 1.3.7 – Фотоелемент із зовнішнім фотоэффектом:
а) конструкція; б) принципова електрична схема

На рис.1.3.8 показано принципову схему вмикання фотоумножувача.

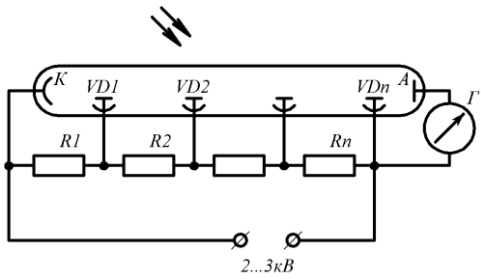


Рисунок 1.3.8 – Принципова схема вмикання фотоумножувача:
К – катод; $VD_1 \dots VD_n$ – діоди; А – анод; $R_1 \dots R_n$ – резистори дільника;
Г - вимірювальний прилад, гальванометр

Крім катода K і анода A , в колбі фотоумножувача розміщені додаткові електроди-діоди VD . Оптичне випромінювання поглинається катодом, що випускає під його дією електрони у вакуум колби. У електростатичному полі, створеному 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 діода вторинні електрони, число яких у кілька разів перевищує число первинних. Потік електронів знову прискорюється і фокусується на наступному діоді. З останнього діода 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} ... 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. 1.3.9 приведено спектри чутливості фотоелементів із зовнішнім фотоелементом, а у таблиці 1.3.3 приведено характеристики деяких фотоелементів

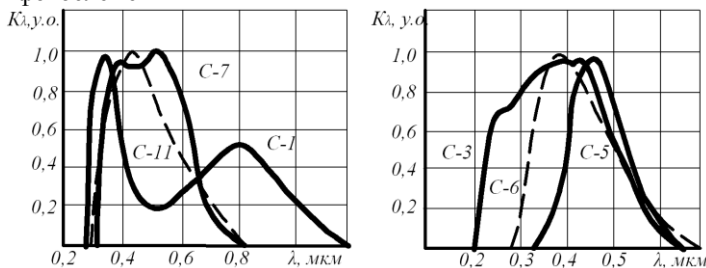


Рисунок 1.3.9 – Спектри чутливості фотоелементів із зовнішнім фотоелементом

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.

Таблиця 1.3.3 – Характеристики фотоелементів з зовнішнім фотоефектом

Марка	Тип спектральної характеристики	Робоча напруга, В	Інтегральна чутливість, мкА/лм	Розміри, мм
Вакуумні фотоелементи				
СЦВ-4	С-2	240	100	35
СЦУ-51	С-2	240	100	25
Ф-1	С-3	100	100	20
Ф-2	С-6	100	30	20
Ф-3	С-7	100	70	20
Ф-9	С-11	150	100	20
Газополий фотоелемент				
ЦГ-4	С-2	240	200	35
Фотоелектронні помножувачі				
ФЭУ-27	С-7	1100	1 мА/лм	25
ФЭУ-31	С-6	1400	20 мА/лм	18
ФЭУ-51	С-11	2300	100 мА/лм	25
ФЭУ-64	С-6	1500	1000 мА/лм	5
			мкА/лм·В	мм ²

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. 1.3.10).

У мостовій схемі один із елементів R_B служить приймачем випромінювання, а другий R_K компенсує зміни температури навколишнього середовища. Живлення схеми здійснюється від джерел постійного або змінного струму. Зміна опору в цьому колі внаслідок поглинання чутливим елементом падаючого випромінювання

реєструється як зміна напруги на виході схеми, що виникає при розбалансі мосту. Як правило, ці зміни невеликі ($10^{-7} - 10^{-9}$ В), тому необхідно застосовувати різні способи посилення сигналу. Найчастіше для цих цілей використовують резонансні підсилювачі, налаштовані на частоту модуляції.

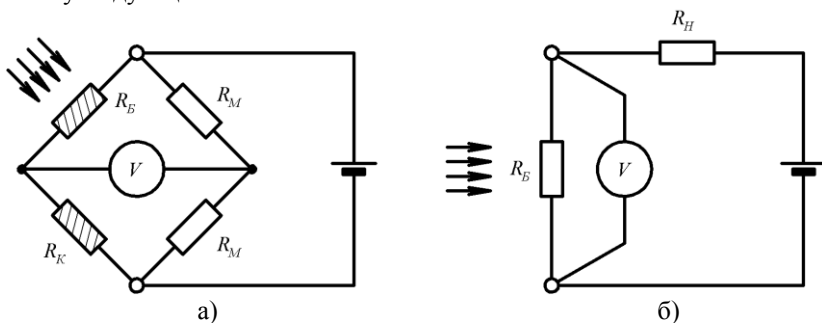


Рисунок 1.3.10 – Схеми включення болометрів:
а) мостова; б) схема з навантажувальним опором

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 виникла достатньо висока термо-ЕРС. При цьому температура холодних кінців термопари підтримується постійною. Схема включення термоелектричного термометра показана на рис. 1.3.11

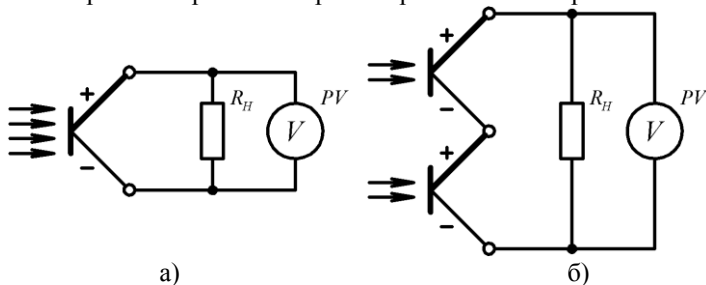


Рисунок 1.3.11 – Схема включення термоелектричних приймачів:
а) термопара; б) термоелемент

Неселективні радіаційні термоелементи представляють собою одну або декілька термопар, гарячі спаї яких з'єднані з зачерненими площадками. Випромінювання змінює температуру приймальної площадки і знаходяться з нею в тепловому контакті термоспаїв.

Виникаюча при цьому ЕРС реєструється чутливим гальванометром.

Принцип роботи оптико-акустичних приймачів заснований на тому, що випромінювання змінює температуру розміщеного в спеціальній камері газу. Зміна об'єму газу викликає деформацію мембрани, яка реєструється оптичним або електричним способом. Оптико-акустичні приймачі - високочутливі, але дуже крихкі прилади.

1.3.3 Люксметри

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. 1.3.12 показано 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.

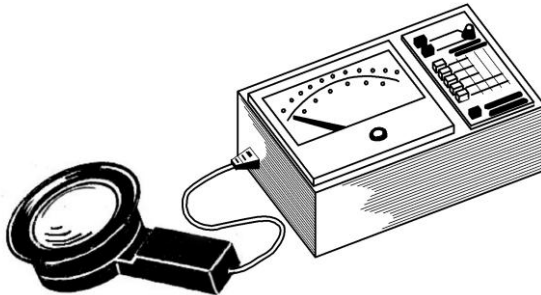


Рисунок 1.3.12 – Загальний вигляд люксметра Ю-117

Селеновий фотоелемент має криву спектральної чутливості, яка наближається до кривої чутливості ока. На рис. 1.3.13 показано спектри чутливості селенових фотоелементів.

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.

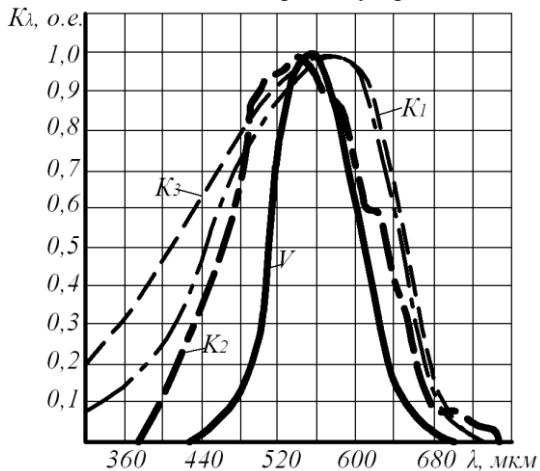


Рисунок 1.3.13 – Спектри чутливості селенових фотоелементів:
K1 – фотоелемента люксметра Ю-117; K2 – теж з насадками КС;
K3 – не корегованого фотоелемента; V – крива світності

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. Люксметри всіх типів містять селенові фотоелементи, вмонтовані в оправу з ручкою, і мікроамперметр, шкала якого проградуєвана в люксах.

Люксметр Ю116 має два основних діапазону вимірювань - від 5 до 30 і від 20 до 100 лк. Шість додаткових діапазонів отримують з основних за рахунок застосування трьох нейтральних світлофільтрів КМ, КР і КТ з коефіцієнтами послаблення потоку відповідно 10, 100 і 1000.

Принципова електрична схема люксметра наведена на рис. 1.3.14

Стрілочний прилад магнітоелектричної системи М2027 змонтований в одному корпусі з перемикачем діапазонів вимірювань і з вилкою для підключення селенового фотоелемента, Площа світлочутливої поверхні фотоелемента близько 30 см^2 . Його підключають до вимірювального приладу за допомогою шнура довжиною 1,5 м з розеткою.

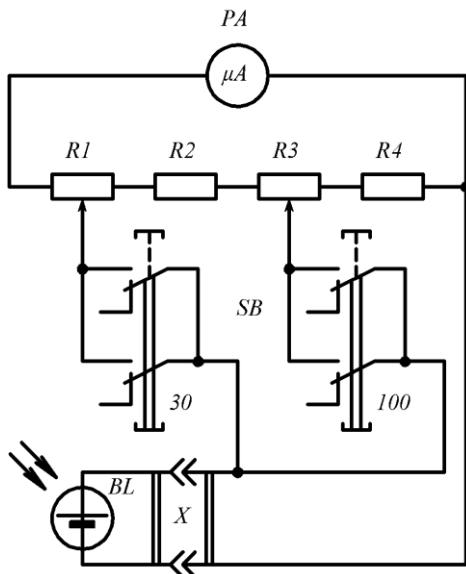


Рисунок 1.3.14 – Принципова електрична схема люксметра Ю-116

Люксметр проградуваний по лампі розжарювання в основних діапазонах без світлофільтрів і дає похибку вимірювань $\pm 10\%$. При переході на додаткові діапазони вимірювань похибка зростає не більше ніж на $\pm 5\%$. Час зупинки стрілки показу приладу менше 4 с.

Для зниження косинусної похибки вимірювань для фотоелемента застосовують спеціальну напівсферичну насадку з білої світлорозсіючої пластмаси. Насадку використовують тільки з нейтральними світлофільтрами.

Селеновий фотоелемент необхідно оберегати від надлишкової освітленості, що не відповідає обраним насадкам. В іншому випадку прилад перевантажується, зростає похибка вимірювань і сам фотоелемент швидко старіє.

При проведенні точних вимірювань треба враховувати, що приймальна світлочувлива поверхня фотоелемента і з насадками, і без насадок розташована на відстані 15 мм від основи його корпусу.

Люксметр Ю117 за конструктивним виконанням аналогічний люксметру Ю116, відрізняється тільки тим, що має один основний (від 2 до 10 лк) і три неосновних (0,1...0,2; 0,2... 1; 0,5...3,9 лк) діапазону вимірювання. Тому в корпус люксметра вмонтований підсилювач на одній мікросхемі, а двох клавішний перемикач замінений на восьми клавішний.

Похибка вимірювання люксметра в основних діапазонах становить $\pm 10\%$ від значення вимірювальної освітленості, крім діапазонів 0,1...0,2 лк, в якому похибка становить $\pm 30\%$.

Люксметром можна вимірювати любу ефективну опроміненість в відсутності сторонніх джерел, якщо спектральні характеристики джерела і його світлотехнічні дані відомі і достовірні.

$$E_{IK} = m_{IK} n, \quad (1.3.9)$$

де - $m_{IK} = (1000 \cdot 1,51 / 680) S'_{IK} / S'_{IF}$ і $m_{IK} = (1000 \cdot 1,75 / 680) S'_{IK} / S'_{IF}$ для фотоелемента з насадкою і без насадки.

В таблиці 1.3.4 приведено перевідні коефіцієнти до люксметра Ю-117

В даній таблиці цифри в дужках - із літератури, без дужок - розрахунки та експерименти автора. Їх точність $\pm 20\%$. Проте розбіжність з раніше опублікованими даними виходить за межі точності вимірювань. За опублікованими графіками для лампи ЛЕ-15 можна встановити $S'_{IV} / S'_{IK} = 0,41$, але це відношення повинно бути приблизно рівнем відношенню еритемного і світлового потоку в Вт: $40 / (680 \cdot 0,3) = 0,196$. Отже, деякі літературні дані неправильні.

Вимірювання люксметром ефективних потоків можливо, якщо спектр випромінювання й спектр чутливості фотоелемента мають загальні області.

Таблиця 1.3.4 - Перевідні коефіцієнти до люксметра Ю-117

Джерело	Φ_V , лм	Φ_{ef}	m_{IK}	m_{IV} , лк/діл.	Насадка
Любі ЛР	-	-	-	1,0	КМ
ЛДЦ	-	-	-	0,93 (0,95)	КМ
ЛЭ-15 (нова)	96 (40)	341 мвіт	$2,54 \frac{мвіт}{м^2 діл}$	0,72	-
ДБ-15 (нова)	90 (60)	2,8 бк	$33,7 \frac{мбк}{м^2 діл}$	1,176	-
ДРТ-400	$12,8(8) \cdot 10^3$	4,96 (4,75) віт	$198 \frac{мвіт}{м^2 діл}$	1,28	КМ
		10,4 (10,5) бк	$1,04 \frac{мбк}{м^2 діл}$	1,28	КМ

1.3.4 Прилади для вимірювання випромінювання при вирощуванні рослин

Оптичне випромінювання при вирощуванні рослин оцінюють або за потужністю фотосинтетично активного, потенційно доступного рослині випромінювання, яке виражається в енергетичних величинах, або за його здатністю забезпечити процес фотосинтезу. У цьому випадку оцінка базується на спектральній чутливості еталонного приймача випромінювання - середнього листа рослини, а ефективне випромінювання вимірюється в одиницях системи фітовеличин.

Фотосинтетично активне випромінювання вимірюють приладами з неселективними приймачами теплової дії.

Піранометр Янішевського - найбільш розповсюджений прилад з практично невибірковою спектральною чутливістю в діапазоні довжин хвиль від 300 до 2400 нм. Приймачем випромінювання піранометра служить термоелемент, захищений скляною півсферою. Струм термоелемента вимірюється гальванометром типу ДСА-1 без попереднього підсилення. Інерційність приладу не перевищує 40 с.

На рис. 1.3.15 показано зовнішній вигляд приймача піранометра Янішевського

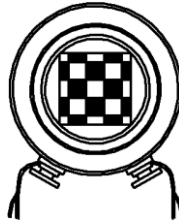


Рисунок 1.3.15 - Зовнішній вигляд приймача піранометра Янішевського

Фотосинтетично активну опромінення отримують як різницю двох вимірів: без світлофільтру і з світлофільтром, що затримує випромінювання, що підлягає вимірюванню. Такі, наприклад, світлофільтр типу КС-19, непрозорий для випромінювань з довжиною хвилі менше 680 нм, або світлофільтр ЖС-11, що затримує видиме, але пропускає ультрафіолетове випромінювання.

Фітоопроміненість в одиницях системи фітовеличин вимірюють фітофотометрами - приладами, спектральна чутливість яких наближена до спектральної чутливості листа рослини.

На рис. 1.3.16 показано спектр пропускання фільтра КС-19

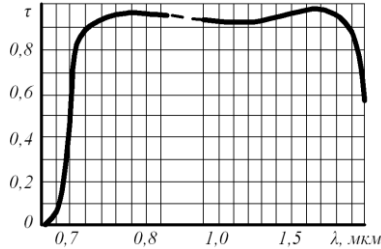


Рисунок 1.3.16 - Спектр пропускання фільтра КС-19

В фітофотометрі ФИТОМ-70 в якості приймача випромінювання використаний фотоумножувач, спектральна чутливість якого відкоригована методом спектральної діафрагми (рис. 1.3.17).

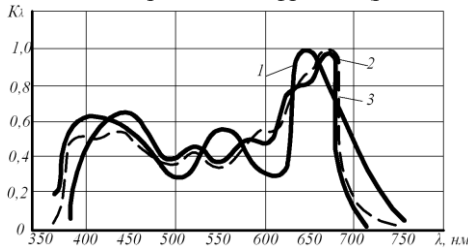


Рисунок 1.3.17 – Відносна спектральна чутливість фітофотометрів: 1 – ФМ-71; 2 - ФИТОМ-70; 3 – еталонного приймача – середнього листа рослини

Фітофотометр дозволяє вимірювати фітоопроміненість, створювану джерелами випромінювання будь-якого спектрального складу.

Межа вимірювання приладу $20000 \text{ мфт} \cdot \text{м}^{-2}$ з трьома піддіапазонами. Приведена похибка вимірювання опромінення не перевищує $\pm 5\%$. Живлення приладу автономне.

Недоліком приладу є громіздкість, обусловлена складністю оптичної частини, але при наявності набору спектральних діафрагм прилад може бути універсальним засобом виміру випромінювань у діапазоні від 380 до 700 нм.

Фітофотометр ФФМ-71 призначений для вимірювання фітоопроміненості, створюваної на площині штучними джерелами випромінювання.

Спектральна чутливість приладу (рис. 1.3.17) наближена до спектральній характеристиці листа рослин шляхом використання в якості приймача випромінювального блоку з трьох фоторезисторів, кожен з яких має свій оптичний фільтр, а всі разом вони при прикриті матовою

напівсферою з метою приближення кутової характеристики приймача до закону косинуса.

Межі вимірювання приладу 300 фіт·м⁻². Приведена похибка не перевершує ± 15%.

Радіометр РОИ-82 застосовують для вимірювання енергетичної освітленості в діапазоні від 0,01 до 500 Вт/м², створюваної штучними джерелами випромінювання. Спектральний діапазон вимірювань: 220 ... 270 нм, 280 ... 320, 320 ... 400, 280 ... 400, 380 ... 710 нм. Відносна похибка вимірювання менше 15%.

Автоматичний дозиметр ДАУ-81 використовують для вимірювання енергетичної освітленості в діапазоні 0,1 ... 500 Вт/м² і дози опромінення від 10 до 1,5·10⁷ Дж/м² в точно таких самих спектральних діапазонах, що і прилад РОИ-82. Дозиметр може контролювати процес опромінення і відключати джерело оптичного випромінювання при отриманні об'єктом заданої дози.

Смуговий спектрорадіометр УРП-86 забезпечує вимірювання опромінення в діапазоні від 0,01 до 2000 Вт/м², створюваної різними джерелами оптичного випромінювання в спектральних піддіапазонах 220 .. 280 нм, 280 ... 320, 320 ... 400, 400 ... 720, 720., .2700, 1700 ... 3300, 3300 ... 6300, 6000... 10 000, 1100... 10 000 нм. Похибка вимірювання менше 10%.

1.3.5 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. 1.3.18).

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 мер·м⁻². Наведена похибка вимірювання не перевищує ± 15%. Живлення приладу автономне.

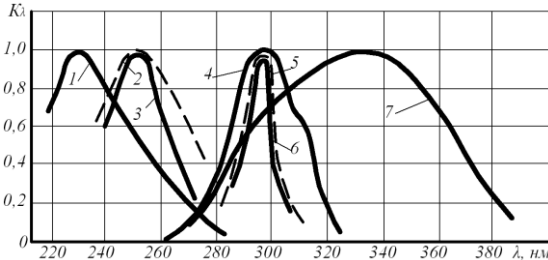


Рисунок 1.3.18 – Спектри дії випромінювання: (2 – бактерицидного, 5 - еритемного) і відносна спектральна чутливість приладів для вимірювання УФ випромінювання: 1 – уфіметра УФИ -73 і уфідозиметра УФД - 73 з фотоелементом Ф-7; 3 – бактометра УФБ-1А; 4 – ерметра УФМ -71 і ер дозиметра УФД-1А; 6 – ерметра УБФ; 7 – уфіметра УФИ-73 і уфідозиметра УФД-73 з фотоелементом Ф-26

Спектральна чутливість приладу близька до спектральної еритемних ефективності випромінювання (рис. 1.3.18), 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 мер·м⁻²; в області УФ-В до 6000 мер·м⁻². Відносна похибка вимірювання опромінення не перевершує ± 30%.

Бактметр УФБ-1А призначений для вимірювання бактерицидної опромінення на площині в одиницях системи ефективних величин під штучними джерелами випромінювання. Спектральна чутливість приладу

(рис. 1.3.18) 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 фотоелементом.

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. 1.3.18).

Приймачі забезпечені насадкою з двох кварцових концентричних матованих півсфер, що наближають їх кутову характеристику до закону косинуса.

Прилад проградуирований на еталонній лампі типу ДРТ. Межа вимірювання 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 ери-темної опроміненості від штучних джерел випромінювання.

Приймачем випромінювання служить сферичний фотоелемент Ф-27, що визначає спектральну чутливість приладу (рис. 1.3.18). Спрощена функціональна схема приладу показана на рис. 1.3.19.

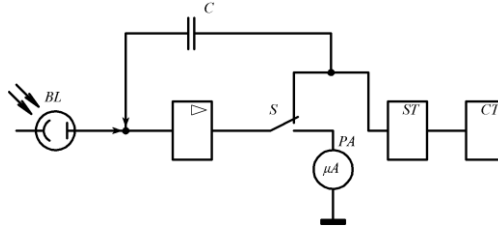


Рисунок 1.3.19 – Спрощена функційна схема ердозиметра УФД-1А

У режимі вимірювання опромінення сигнал фотоелемента Ф-27 після підсилення вимірюється мікроамперметром, який проградуйований в $\text{мер}\cdot\text{м}^{-2}$.

При вимірюванні кількості опромінення (перемикач S у верхньому положенні) підсилювач, у зворотний зв'язок якого включається конденсатор C, 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 C. 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.

Фотоцуп ІВФ-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 проградуирований у Вт/м^2 , межі вимірювання 0-250; 0-500; 0-1000 Вт/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. 1.3.20) складається з десяти хромель-копелевих термопар, з'єднаних послідовно.

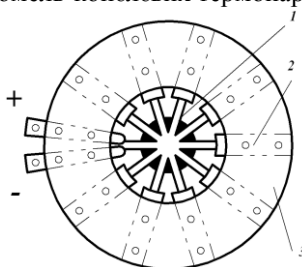


Рисунок 1.3.20 – Термоелектричний приймач приладу ИКМ-71 (термобатарей РК-15): 1 – термопара хромель - копель; 2 – електропровідна пластина; 3 – ізолюючий диск

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

Габаритні розміри приладу 215×110×100 мм, вага 2,5 кг. Прилад призначений для вимірювання ІЧ-опромінення в процесі експлуатації установок для ІЧ - обігріву молодняка 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. 1.3.17, 1.3.18), 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.

1.4 Електричні джерела оптичного випромінювання

1.4.1 Історія створення електричних джерел випромінювання

Основним елементом освітлювальної установки є джерело оптичного випромінювання. В історії створення та вдосконалення джерел оптичного випромінювання зіграли величезну роль такі вчені як А.Н. Ладигін, П.Н. Яблочков, Томас Алва Едісон.

Кожна формація людського суспільства характеризується рівнем продуктивності праці і новим штучним джерелом світла.

Смолоскип - дерев'яна палиця, на кінці якої горить клоччя, просочене жиром, був першим штучним джерелом світла, світловий ККД якого складав в середньому 0,05 %. (див.табл. 1.4.1). Смолоскип - джерело світла періоду рабовласницького ладу.

Таблиця 1.4.1 – Технічні характеристики джерел світла

Джерело світла	Світловий ККД, %	Термін служби, год.	Приблизний період застосування
Палаюча скіпа «світець»	0,03	до 1	Від доісторичного періоду до ХХ століття
Смолоскип	0,05	До 1	Середні століття
Свічі воскові, стеаринові	0,15	10	Від середнього століття до нашого часу
Керосинова лампа	0,4	10 (до заправки)	XI – XX сторіччя
ЛР А.Н. Ладигіна	0,7	300...1000	1874 р. (заявка)
ЛЛ П.Н. Яблочкова	2,0	10...20	1876 р. (заявка)
Сучасна ЛР	2,0...4,0	До 2000	-
Сучасна ЛЛ	8,0...12,0	До 15000	-
Безелектродна ЛЛ	12,0	До 25 років	~ 2000 р в стадії розробки
ЛР з інтерференційним фокусуємим фільтром	20	-	~ 2025 р. розробок немає

У період феодалізму гнотові світильники замінили сильно коптільні і швидко згораючі факели. Скляний циліндр над палаючим гнотом, запропонований геніальним художником і інженером Леонардо да Вінчі (1452-1519 рр.), дозволив різко збільшити ККД керосинових ламп, що збереглися до наших днів. Але ще більший ККД мали газокалільні лампи, в яких метал розігрівався полум'ям світильного газу до досить високої яскравості.

Прогрес науки і техніки початкового періоду капіталізму подарував людству перші електричні джерела світла: лампу розжарювання А.Н. Ладигіна (1847-1923 рр.) та газорозрядну лампу (1876 р.), П.Н. Яблочкова (1847-1894 рр.).

У 1802 р. професор В.В. Петров публічно демонстрував явище електричної дуги, для якого потрібне було джерело постійного струму з ЕРС більше 2000 В. Це послужило основою для розвитку двох головних напрямків у розробці джерел оптичного випромінювання: джерел, заснованих на тепловому випромінюванні і джерел, заснованих на електричному розряді, що супроводжується оптичним випромінюванням.

У 1872 р. А. Н. Ладигін подав заявку на привілей (патент), предметом якої була лампа з вугільним тілом розжарювання, укладеним в скляну колбу. Однак широкого поширення вона не отримала. Перевагу віддавали в ті роки лампам П. Н. Яблочкова («свічка Яблочкова»), який представляв собою відкриту електричну дугу між двома, розташованими паралельно, вугільними стрижнями, розділеними легкою плавкою вставкою, що виключало необхідність в пристрої, що регулює відстань між кінцями вугільних електродів у міру їх згорання. Тим не менш лампа А. Н. Ладигіна зіграла велику роль у подальшому вдосконаленні джерел світла, заснованих на тепловому випромінюванні. Вона стала вихідним зразком для великих вишукувань та організації промислового виробництва ламп розжарювання відомим американським винахідником Т.А. Едісоном (1847-1931 рр.), і в багатьох країнах світу до цього дня вважають його винахідником електричної лампи розжарювання.

Сучасні джерела світла, звичайно, в значній степені покращені. Підвищився їх ККД, вдосконалено виробництво, розширено їх застосування, звужене призначення кожної групи ламп, але принципи роботи залишилися колишніми: випромінювання нагрітого тіла, електричний розряд у газах чи парах металу.

1.4.2 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:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}. \quad (1.4.1)$$

Закон Кірхгофа можна записати інакше:

$$\frac{R_1}{\alpha_1} = \frac{R_2}{\alpha_2} = \dots = \frac{R_n}{\alpha_n} = \text{const} = R_T, \quad (1.4.2)$$

де R_T - щільність випромінювання абсолютно чорного тіла при тій же температурі, Вт·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:

$$R_T = \sigma T^4, \quad (1.4.3)$$

де σ - постійна, рівна $5,672 \cdot 10^{-8}$ Вт·м⁻²·град⁻⁴;

T - абсолютна температура, К.

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

$$R_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1}, \quad (1.4.4)$$

де $R_{\lambda T}$ - спектральна щільність потоку випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт·м⁻²·мкм⁻¹;

C_1 - постійна, що дорівнює $3,74 \cdot 10^8$ Вт·м⁻²·мкм⁴;

C_2 - постійна, рівна $1,43 \cdot 10^4$ мкм·град;

e - основа натуральних логарифмів.

Продиференціювавши рівняння (1.4.4) за λ і прирівнявши першу похідну нулю, отримаємо:

$$\lambda_{\max} T = 2896 \text{ мкм} \cdot \text{град}, \quad (1.4.5)$$

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

Закон зміщення Віна. Рівняння (1.4.5) 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. 1.4.1 Показана 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:

$$(R_{\lambda T})_{\max} = c_3 T^5, \quad (1.4.6)$$

де c_3 - постійна, рівна $1,041 \cdot 10^{-11}$ Вт·м⁻²·мкм⁻¹·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.

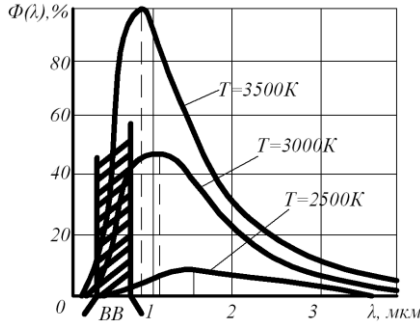


Рисунок 1.4.1 - Спектральна щільність випромінювання абсолютно чорного тіла при нагріванні його до різних температур

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:

$$\eta_{\bar{n}} = \frac{F}{\hat{O}} = \frac{\int_{380}^{760} \varphi(\lambda) \hat{E}(\lambda)_{\bar{n}} d\lambda}{\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) d\lambda} . \quad (1.4.7)$$

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 $\varphi(\lambda)$ в короткохвильову частину спектру. Значення світлового ККД починає зменшуватися (рис.1.4.2).

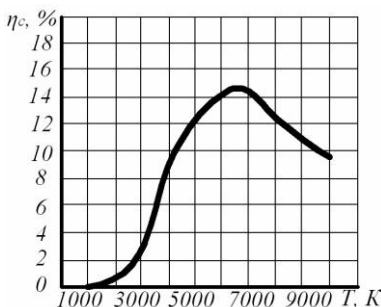


Рисунок 1.4.2 – Залежність світлового ККД від температури абсолютно чорного тіла

У таблиці 1.4.2 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 1.4.2 - Максимальні значення світлового ККД і світлової віддачі випромінювання для деяких характерних теплових випромінювачів

Характер випромінювання або випромінювач	Температура, К	Світлова віддача, лм/Вт	Світловий ККД, %
Монохроматичне випромінювання при $\lambda=555$ нм	-	680	100
Рівно енергетичне випромінювання	-	242	35,5
Повний випромінювач	6500	99	14,5
Сонце в zenіті	-	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

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

В світі виробляється і споживається декілька сотень мільярдів електричних ламп, лівову 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. 1.4.3 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.

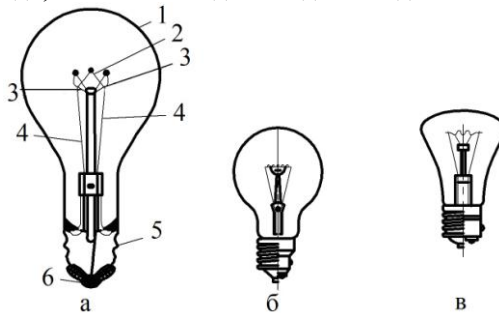


Рисунок 1.4.3 - Конструкція ЛР загального призначення:

а) моноспіральна; б) біспіральна; в) біспіральна криптонова:

1 – скляна колба; 2 – вольфрамова нитка розжарювання; 3 – молібденові тримачі; 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 $2400 - 2700^{\circ}\text{K}$ 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 ($T_{\text{кол.}} = 2400 - 2700^{\circ}\text{K}$ 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 $5 \dots 10\%$. 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 $72 \dots 85\%$ 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 $7,5 \dots 19,1 \text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$. 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 годин.

Відхилення напруги живлення від його номінального значення істотно впливає на характеристики ламп розжарювання (рис. 1.4.4).



Рисунок 1.4.4 – 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.

Згідно з ДСТУ ІЕС 60064-2001 лампи розжарювання загального призначення позначаються наступним чином (рис. 1.4.5).

Приклади умовного позначення ламп розжарювання загального призначення за ДСТУ ІЕС 60064-2001:

- В220-230-25 – вакуумна, на діапазон напруги 220-230 В, номінальною потужністю 25 Вт;
- БКМТ215-225-100-2 – біспіральна, криптонова, у матовій колбі на діапазон напруги 215-225 В, номінальною потужністю 100 Вт, другої

доброби.

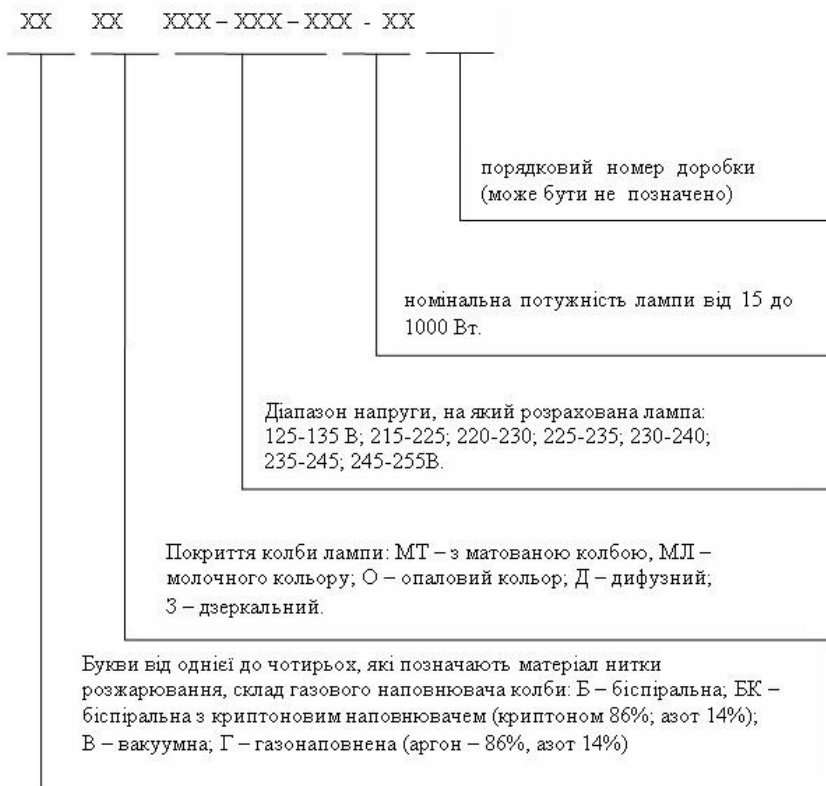


Рисунок 1.4.5 – Позначення лампи розжарювання загального призначення

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 (≈ 1000 год.).

Номенклатура та технічні параметри лампи розжарювання

загального призна-чення наведені у таблиці 1.4.3.

Таблиця 1.4.3 - Номенклатура та технічні параметри лампи розжарювання загального призначення

Тип лампи	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Середня тривалість горіння, год	Тип, лампи	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Середня тривалість горіння, год
B220-230-15	15	97	1300	БК220-230-100	100	1335	1300
B230-240-15	15	79	2300	Б230-240-100	100	1050	2500
B220-230-25	25	212	1300	БК230-240-100	100	1127	2500
B230-240-25	25	177	2300	Б235-245-40	40	300	3400
B235-245-15	15	85	3400	Б235-245-100	100	900	3400
B235-245-25	25	165	3400	Б235-245-150	150	1500	3400
Б220-230-40	40	385	1300	Г220-230-150	150	1940	1300
БК220-230-40	40	424	1300	Г230-240-150	150	1625	2500
Б230-240-40	40	315	2500	Г235-245-150	150	1500	3400
БК230-240-40	40	355	2500	Г220-230-200	200	2715	1300
Б220-230-60	60	660	1300	Г230-240-200	200	2280	2500
БК220-230-60	60	728	1300	Г220-230-300	300	4250	1300
Б230-240-60	60	555	2500	Г230-240-300	300	3590	2500
БК230-240-60	60	610	2500	Г220-230-500	500	7650	1300
Б235-245-60	60	445	3400	Г230-240-500	500	6480	2500
Б220-230-75	75	875	1300	Г220-230-750	750	12080	1300
Б230-240-75	75	735	2500	Г220-230-1000	1000	17150	1300
Б220-230-100	100	1250	1300	Г230-240-1000	1000	14540	2500
Лампа Softone фірми Філіпс з колбою T55				Лампа Standart фірми Філіпс з колбою типу А			
Softone	25	195	1000	Standart	75	930	1000
Softone	40	370	1000	Standart	100	1340	1000
Softone	60	630	1000	Standart	150	2160	1000
Softone	75	840	1000	Standart	200	3040	1000
Softone	100	1200	1000	Standart	300	4850	1000

1.4.4 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 \approx 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 робот ламп цього типу.

На рис. 2 (додаток 3) показано декілька конструкцій галогенних ламп розжарювання загального призначення на напругу 220В.

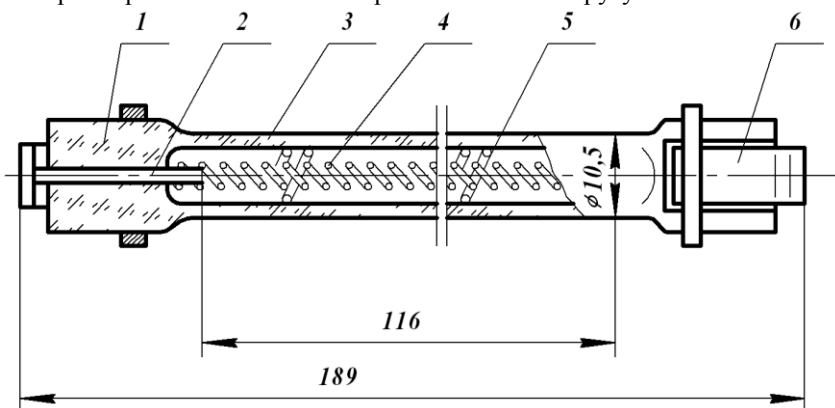


Рисунок 1.4.6 - Лампа кварцова галогенна КГ220-1000:

1 - плоскоштамповані ніжки лампи; 2 – молибденовий електрод;

3 – кварцова колба; 4 – моно спіраль тіла накалу;

5 – вольфрамові тримачі; 6 – плоскі контактні поверхні

На рис. 1.4.6 показано лампу типу КГ 220-1000. Циліндрична колба 3 виготовлена з кварцового скла, що має температуру розм'якшення вище 1373°K . У колбу поміщена дозована кількість йоду, і вона наповнена аргонем 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 молибденовими електродами 2, впаяними в кварцові ніжки 1. У мережу лампу включають контактними поверхнями 6. Лампа розрахована на роботу від мережі з напругою 220 В.

Регенеративний йодний цикл розглянемо на рис. 3 (додаток 3).

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.

Спектральна щільність галогенних ламп залежить від виду відбивача. На рис. 4 (додаток 3) показано зрівняння спектрів випромінювання ламп з дихроїчним і алюмінієвим відбивачем, а також принцип роботи дихроїчного відбивача.

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

Згідно з ДСТУ 4170:2003 лампи розжарювання галогенні позначаються наступним чином (рисунок 1.4.10).

Номенклатура та технічні параметри галогенних ламп розжарювання наведені у таблиці 1 (додаток 2).

Приклади умовного позначення *галогенних* лампи розжарювання за ДСТУ 4170:2003:

- КГ220-1000-1 – кварцова галогенна, номінальна напруга 220 В, номінальною потужністю 1000 Вт, порядковий номер розробки 1.

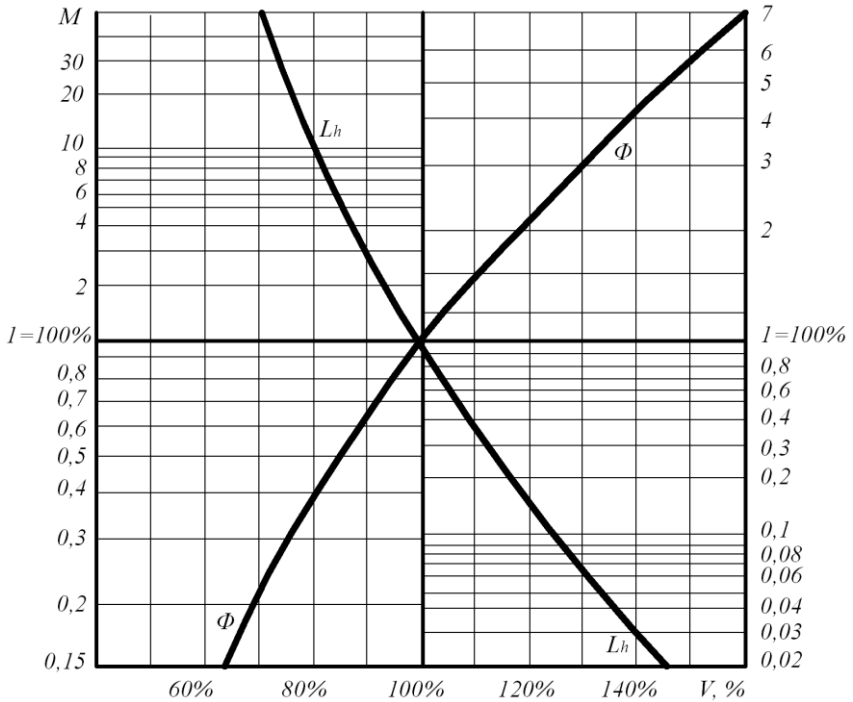


Рисунок 1.4.9 - Графік світлової віддачі та терміну служби в залежності від напруги галогенної лампи низької напруги



Рисунок 1.4.10 – Позначення галогенних лампи загального освітлення

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.

1.4.5 Інфрачервоні лампи

Для вирішення цілого ряду завдань у сільськогосподарському виробництві використовують джерела інфрачервоного випромінювання (сушіння сільськогосподарських продуктів, обігрів молодняку тварин і птиці 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.

На рис. 12 (додаток 3) показано декілька конструкцій ІЧ-ламп розжарювання загального призначення на напругу 220В.

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 годин.

На рис.1.4.11 представлено розподілення потоків випромінювання по спектру для ламп ИКЗ 220-500, ИКЗ 127-500 і ИКЗК 220-500, ИКЗК 127-500

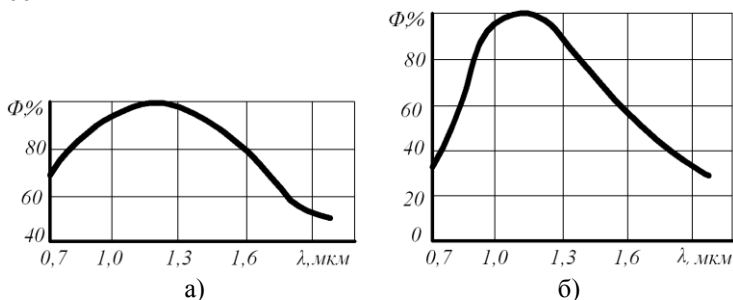


Рисунок 1.4.11 - Розподілення потоків випромінювання по спектру: а) для ламп ИКЗ 220-500, ИКЗ 127-500; б) ИКЗК 220-500, ИКЗК 127-500

В таблиці 1.4.5 представлено основні параметри ІЧ ламп.

Таблиця 1.4.5 – Основні параметри ІЧ лампових термовипромінювачів

Тип лампи	Номінальне значення		Тип цоколя	Тип лампи	Номінальне значення		Тип цоколя
	T, год	d _к , мм			T, год	d _к , мм	
ИКЗК-127-250	6000	130	E27	ИКЗК-220-250	6000	130	E27
ИКЗС-127-250-1	6000	130	E27	ИКЗК-220-250-1	6000	130	E27
ИКЗ-127-250	6000	130	E40	ИКЗ-220-250	6000	130	E40
ИКЗ-127-500-1	6000	130	E40	ИКЗК-220-500-1	6000	130	E40
ИКЗ-127-500	6000	180	E40	ИКЗК-220-500	6000	180	E40

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 °К (як у освітлювальній лампі) знижена до 2473 °К з зменшенням на 60% світлової віддачі. Це дозволяє перетворити в ІЧ-випромінювання до 70% споживаної електроенергії. Довжина хвилі максимального випромінювання 1,05 мкм, основна частина енергії генерується на ділянці спектра від 0,8 до 2 мкм. Випромінювання тіла розжарення з довжиною хвилі більше 3,5 мкм (7-8 % усього потоку) поглинається склом колби, що є причиною передчасного виходу ламп з ладу через температурні перепади.

Опромінність лампою типу ИКЗ при відстані до поверхні, що обігривається 50-400 мм змінюється в межах від 2 до 0,2 Вт/см².

Лампові термовипромінювачі, які випускаються зарубіжними країнами, мають номінальну напругу від 110 до 250В. Купол лампи – прозорий, матовий, або з рубіновою окраскою скла. На рис. 1.4.12 показано спектральні характеристики дзеркальних ІЧ-ламп ламп потужністю 250 Вт зарубіжних фірм «Мазда» і «Філіпс»

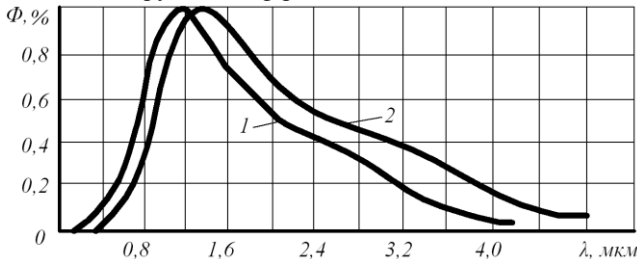


Рисунок 1.4.12 - Спектральні характеристики дзеркальних ІЧ-ламп ламп потужністю 250 Вт:

1 – випромінювач фірми «Мазда»; 2 - випромінювач фірми «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 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 2100-2450⁰К. На рис. 1.4.13 показана конструкція трубчастого ІЧ-випромінювача.

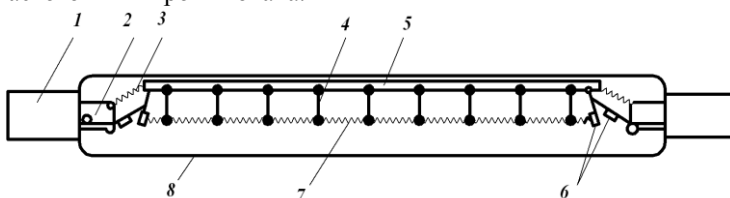


Рисунок 1.4.13 – Конструкція трубчастого ІЧ випромінювача:
 1- цоколь; 2 – штангель; 3 – пружина, яка підтримує стрижень;
 4 – молібденові тримачі; 5 – скляний стрижень; 6 – електроди;
 7 – вольфрамові тіла розжарювання; 8 – скляна трубка

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.

На рис. 1.4.14 показано будову кварцового трубчастого випромінювача - лампи типу КИ (КГ). Циліндрична колба 1 діаметром 10 мм виготовлена з кварцового скла, що має максимум пропускання в ІЧ - спектру. У колбу поміщають 1-2 мг йоду і заповнюють її аргонем. Тіло розжарення 2, виконане в вигляді моноспіралі, змонтовано по осі трубки на вольфрамових підтримках 3.

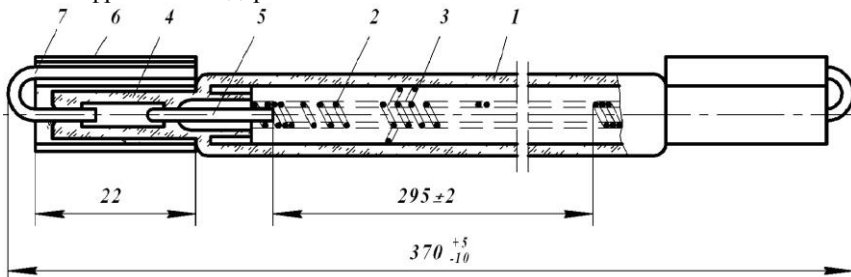


Рисунок 1.4.14 - Будова ІЧ лампи розжарювання типу КИ-220-1000

Ввід в лампу виконано за допомогою молібденових електродів, які впаяні в кварцові ніжки 4. Кінці спіралі тіла розжарювання повернені на внутрішню частину ввідів 5. Циліндричні цокілі виконані з нікелевої стрічки зі швом, в який вварені зовнішні молібденові виводи 7. Температура цокілів кварцових випромінювачів не повинна перевищувати 573°K . У зв'язку з цим обов'язкове охолодження випромінювачів під час роботи в опромінювальних установках. В табл. 1.4.6 наводяться основні параметри деяких кварцових випромінювачів типу КГ (КИ).

Таблиця 1.4.6 - Основні параметри кварцових випромінювачів типу КГ (КИ)

Тип лампи	Кольорова температура, К	Тривалість горіння, год.	Розміри колби, мм		Розмір тіла розжарювання, мм	
			діаметр	довжина	діаметр	довжина
КГ 127-500	-	5000	10	250	1,3	190
КГ 220-1000	-	>5000	10	375	1,3	290
КГ 220-1000-1	2500	10000	10,75	375	1,3	300
КГ 220-2000	2600	>5000	10,75	500	1,5	423
КГ 380-3300	2600	>5000	10,75	750	1,5	673
КГ 380-4500	2600	>5000	10,75	1000	1,7	923
КГО 220-2500*	2650	>2000	10,5	500/140	1,6	500
КГО 380-3500*	2650	2000	10,75	750/140	1,4	770

* Приведена загальна довжина лампи і довжина відігнутих кінців

У поєднанні з дзеркальними відбивачами у вигляді еліптичного циліндра кварцові лампи створюють дуже високу опроміненість. Якщо дзеркальні лампи забезпечують опромінення до $2-3 \text{ Вт/см}^2$, то від кварцової лампи з відбивачем можна отримати опромінення 100 Вт/см^2 .

Розподіл енергії випромінювання лампи типу КИ-220-1000 за спектром показана на рис. 1.4.15

Спектральний склад випромінювання, що генерується кварцовими лампами, характерний тим, що в ньому є другий максимум в діапазоні довжин хвиль більше $2,5 \text{ мкм}$, що викликається випромінюванням нагрітої трубки. Додавання в колбу йоду дозволяє зменшити розпорощення вольфраму і тим самим збільшити термін служби лампи. В інфрачервоних кварцових лампах підвищеної напруги понад номінальну не викликає різкого скорочення терміну служби, тому можливо плавно регулювати потік випромінювання зміною підведеної напруги.

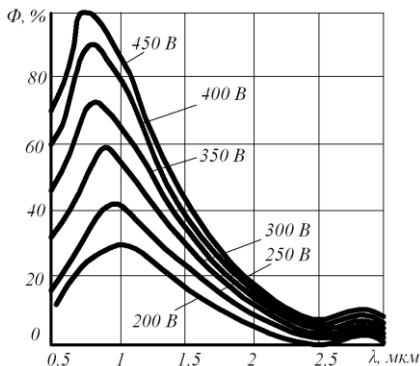


Рисунок 1.4.15 – Розподіл по спектру енергії випромінювання лампи типу КИ 220-1000 при різній напрузі на лампі

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 °К 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 тепло, 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 (673-1023°К).

Спектральна крива випромінювання ТЕНів визначається температурою нагріву. При температурах 627-773 °К вона має слабо виражений максимум в діапазоні 3,5 – 4мкм (рис. 1.4.16), при нагріванні до 1023°К максимум випромінювання припадає на довжину хвилі 2,9 мкм.

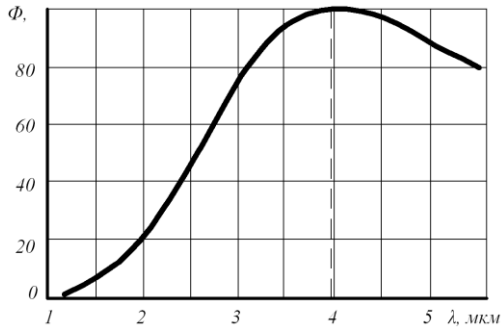


Рисунок 1.4.16 – Спектральна характеристика «темного» ІЧ-випромінювача: ($t=725\text{K}$, $\lambda_{\text{max}}=3990\text{ нм}$)

Для виготовлення трубок в залежності від температури вибирається різний матеріал: для низьких температур застосовують вуглецеву сталь, а для високих – хромо-нікелеву сталь.

«Темні» випромінювачі завдяки наявності металевої оболонки перевершують по своїй міцності і існуючі в даний час ІЧ-випромінювачі. При використанні труб з хромонікелевої сталі ці випромінювачі довговічні. Крім того, вони абсолютно не чутливі до раптового охолодження холодним повітрям або до потрапляння крапель води.

Трубчастий нагрівач відрізняється від відкритої спіралі тим, що спіраль у ньому працює без доступу кисню і не окислюється, за рахунок цього збільшується в кілька разів термін служби; велика площа тепловіддачі поверхні знижує температуру ніхромового дроту; надійна ізоляція струмоведучої спіралі від корпусу дозволяє монтувати ТЕНи безпосередньо на металі, за рахунок цього значно поліпшується теплопередача і спрощується конструкція пристрою.

Інфрачервоні опромінювачі зі «світлими» (лампами) і «темними» джерелами порівняно один з одним мають свої переваги і недоліки. Перевагою «світлих» джерел є те, що з підведеної до випромінювача потужності близько 65 % віддається у вигляді ІЧ-випромінювання, 2 % - видимого випромінювання і тільки біля 33% приходится на втрати через теплопровідність і конвекцію. Оскільки ІЧ-випромінювання мало поглинається повітрям, велика частина енергії ІЧ-ламп передається безпосередньо обігрівому об'єкту. Таким чином при використанні ІЧ-ламп для обігріву можна досягти набагато більшого ККД, ніж, наприклад, у дровових нагрівачів.

В силу своїх особливостей опромінювачі з ІЧ-лампами можуть застосовуватися для обігріву тварин на відкритих просторах, коли зона обігріву не обмежена певним огороженням.

При створенні обігрівачів зі «світлими» ІЧ-випромінювачами зменшуються капітальні та експлуатаційні витрати на обігрів, оскільки ці установки менш металоемні і більш прості по будові. В той час шкіра і шерсть тварин краще пропускає довгохвильове ІЧ-випромінювання, яке переважає в спектрі випромінювання «темних» ІЧ-джерел.

Таким чином, в кожному конкретному випадку тип джерела ІЧ-випромінювання слід вибирати з урахуванням умов обігріву.

1.4.6 Основні закономірності електричного розряду в газах і парах металів

1.4.6.1 Загальні відомості

Подальше вдосконалення джерел світла, заснованих на тепловому випромінюванні, як було показано вище, не може скільки-небудь значно підвищити їх світлотехнічні та техніко-економічні показники. Це спонукало до пошуків інших принципів отримання оптичного випромінювання, не пов'язаних з нагріванням випромінюючого тіла.

Порушити рівноважний стан молекули чи атома можна не тільки при нагріванні. Іонізація матеріалу – не урівноважений стан, який супроводжується деіонізацією. В останньому випадку вивільнення енергії супроводжується випромінюванням фотонів. Такі явища можливі в газах, парах металів і твердих матеріалах.

Газорозрядні джерела оптичного випромінювання мають значно більш високий к.к.д., ніж джерела, засновані на тепловому випромінюванні. Кольоровість випромінювання і характер розподілу його по спектру залежить від роду парів металу або газу і умов електричних розряду. Ці властивості відкрили для газорозрядних джерел широкі перспективи для різноманітних застосувань у всіх галузях промисловості і сільського господарства.

В залежності від роду випромінювача, що забезпечує основну частину енергії випромінювання газорозрядні джерела, розрізняють:

- *газоосвітні лампи*, в яких використовується випромінювання газу або парів металу в процесі електричного розряду;
- *електродосвітні лампи*, в яких використовується випромінювання розжарення в процесі розряду електродів;
- *люмінесцентні лампи*, в яких основним джерелом випромінювання є люмінофор, збуджуваний випромінювання електричного розряду в газі та парах металів.

Найбільш широке поширення серед газорозрядних джерел оптичного випромінювання отримали лампи, в яких використовується

електричний розряд у парах ртуті. У залежності від тиску, який розвивається в робочому режимі, їх можна умовно класифікувати наступним чином:

- лампи низького тиску, в яких розряд відбувається при тиску до 0,01 МПа;
- лампи високого тиску, в яких розряд в робочому режимі складає 0,01...1 МПа;
- лампи надвисокого тиску, в яких розряд здійснюється при тиску понад 1 МПа.

1.4.6.2 Електричний розряд у 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, іони зберігаються більш тривалий час. Введемо в цей простір два електроди (рис. 1.4.17) і докладемо до них деяку різницю потенціалів.

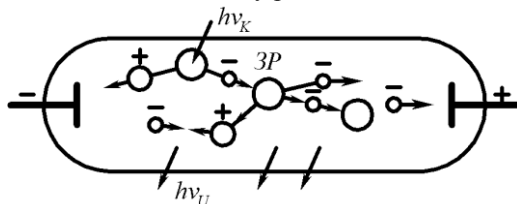


Рисунок 1.4.17 – Розряд в газі: $h\nu_k$ – зовнішній збудник; $h\nu_u$ – випромінювання розряду; ЗР – збудження в розряді

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. 1.4.18).

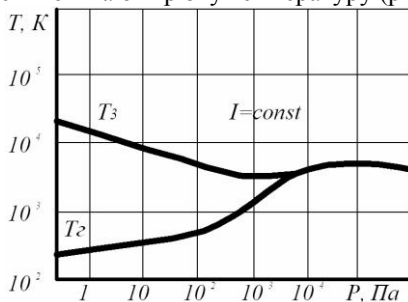


Рисунок 1.4.18 - Вимірювання температури газу T_2 і електронної температури T_3 при зміні тиску

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. 1.4.19), 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 $U_{ж} = 1 \dots 20$ кВ), індикатори напруги ($U_{ж} = 80 \dots 1000$ В), 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.

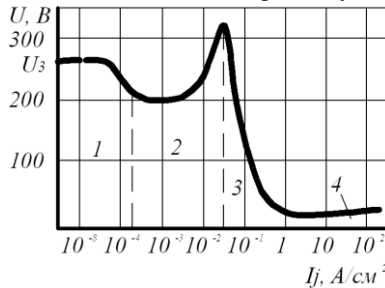


Рисунок 1.4.19 – ВАХ газового провідника: 1 – темновий (тихий) розряд; 2 – тілючий розряд; 3 – дуговий розряд; 4 – зверх дуговий розряд

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. 1.4.19 зона 3), опір міжелектродного проміжку швидко падає до нуля, і обмежити струм, а отже уникнути короткого замикання, можна тільки зовнішнім опором (рис. 1.4.20). 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).

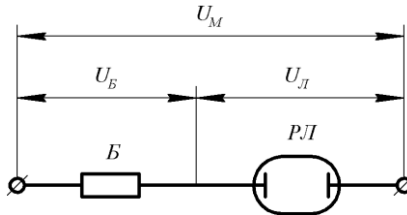


Рисунок 1.4.20 – Принцип включення РЛ в мережу: Б – баласт

1.4.6.3 Стабілізація дугового розряду в газах і парах металів

Розглянемо стабілізацію такого розряду. Вольт-амперна характеристика газового розряду - падаюча (рис. 1.4.21, Л), тому для обмеження струму в ланцюзі лампи послідовно з нею необхідно включити опір баласту U_B .

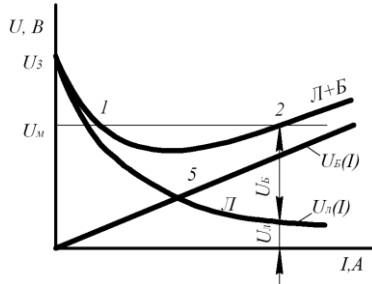


Рисунок 1.4.21 – ВАХ баласту РЛ і схеми лампи з баластом

Вольт-амперна характеристика баласту, наприклад активного опору, відповідно до закону Ома ($U = IR$) - зростаюча (рис. 1.4.21, 5). Напруга на схемі дорівнює сумі напруг $U_б + U_л$. У цілому ВАХ схеми в початковій ділянці буде падаючою, а потім перейде в зростаючу (рис. 1.4.21, Л + Б). 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 . Напруга на баласті $U_б$ зазвичай більша, ніж напруга на лампі $U_л$.

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 «відшнуровався». 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.1.4.19, зона 4), а напруга на баласті зменшується і в певних умовах баласт може бути зовсім відсутнім (лампи зверх високого тиску).

1.4.6.4 Вплив виду баластного опору на роботу газорозрядної лампи

Для забезпечення нормального терміну служби лампи в колах

змінного струму форма кривої миттєвих значень струму повинна бути близькою до синусоїди. Ступінь спотворення форми кривої струму залежить в основному від виду баластного опору (рис. 1.4.22) і оцінюється значенням коефіцієнта амплітуди:

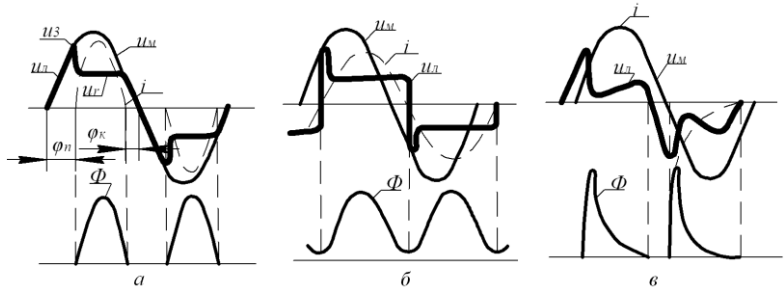


Рисунок 1.4.22 – Осцилограми миттєвих значень напруги, струму і світлового потоку газорозрядної лампи:

- а) при активному баластному опорі; б) при індуктивному баластному опорі; в) при ємнісному баластному опорі

$$k_a = \frac{i_{\max}}{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}} \quad (1.4.8)$$

Баластовий пристрій повинен забезпечувати коефіцієнт амплітуди, не переважаючий 1,7. При $k_a > 1,7$ тривалість роботи люмінесцентної лампи значно скорочується.

Стабілізація розряду на змінному струмі за допомогою активного опору здійснюється просто і дешево, але має ряд принципових недоліків, які обмежують використання її у спеціальних випадках.

На рис.1.4.22 (а) наведено криві миттєвих значень напруг і струму лампи при включенні її з активним баластовим опором у коло змінного струму стандартної частоти. Розряд у лампі виникає після досягнення напругою миттєвого значення, рівного u_z . У процесі розряду напруга на лампі значно знижується до значення u_r , потрібного для підтримання розряду, і залишається незмінним до моменту, коли миттєве значення напруги мережі зменшиться до значення u_r . Після цього розряд гасне, струм в колі припиняється. У наступний напівперіод процес загорання та згасання розряду повторюється. Як впливає з розглянутого графіка, перезажорання розряду в кожен напівперіод супроводжується паузами струму: початковою ϕ_n і кінцевою ϕ_k . Загальна пауза $\phi_n + \phi_k$ може досягати 1/3 періоду. Наявність пауз розрядного струму значно погіршує

показники роботи джерела випромінювання і є причиною виникнення пульсацій потоку випромінювання і стробоскопічного ефекту. Крива миттєвих значень струму втрачає форму синусоїди (спотворюється). Якщо при цьому збільшується коефіцієнти амплітуди [див. формулу (1.4.8)], то термін служби електродів зменшується внаслідок прискореного розпилення оксидного шару і втрати емісійних властивостей. Особливо великим недоліком є великі витрати електричної енергії в активному баластному опорі, що різко знижує енергетичні показники роботи схеми.

Стабілізація розряду за допомогою індуктивного опору має ряд переваг перед стабілізацією за допомогою активного опору і широко застосовується. На рис. 1.4.22 (б) показані криві миттєвих значень тих же величин, що й на рис. 1.4.22 (а), але при індуктивному баластному опорі. Завдяки зсуву по фазі між напругою мережі та на затискачах лампи значно облегшується процес перегаоряння розряду в кожен напівперіод, тому що в момент переходу струму через нульове значення до затискачів лампи виявляється прикладена значна миттєва напруга мережі. Перегаоряння розряду тому відбувається без помітної паузи. Форма кривої струму наближається до синусоїди. Режим роботи електродів полегшується. Втрати потужності в індуктивному баластному опорі зазвичай значно нижче, ніж в активному, і складає від 10 до 35% від потужності джерела випромінювання. Поряд із зазначеними перевагами індуктивного баластного опору слід вказати і основні його недоліки: велика витрата металу, низький коефіцієнт потужності, висока вартість.

Стабілізація розряду за допомогою ємності застосовується рідко. Відповідні цього випадку криві показані на рис 1.4.22 (в). Крива струму набуває надзвичайно спотворену форму. Термін служби електродів різко знижується. Великі паузи і сплески струму приводять до значного зниження світлотехнічних показників роботи лампи.

Дуже перспективним є застосування ємнісного баластного опору при живленні джерела випромінювання від мережі змінного струму підвищеної частоти. Повернемося ще раз до рис 1.4.22 (в). для того, щоб звернути увагу на наступну важливу обставину. При будь-якому вигляді баластного опору зсув по фазі між напругою на лампі і її струмом практично відсутній. Однак потужність лампи не буде рівна добутку діючих значень напруги на лампі і струму. Справа в тому, що криві миттєвих значень цих величин істотно відрізняються за формою одна від одної та від синусоїди і, отже, для обчислення істинного значення потужності розряду в між електродному проміжку необхідно розкласти криві струму і напруги на гармонійні складові. Справжня потужність дорівнюватиме сумі потужностей для отриманих гармонік струму та

напруги. У практиці користуються поняттям коефіцієнта потужності газорозрядної лампи, не пов'язуючи його з кутом зсуву фаз. Той же зміст має і вживається термін «коефіцієнт спотворення»:

$$k_{\alpha} = \frac{P}{UI}, \quad (1.4.9)$$

Коефіцієнт потужності лампи залежить від величини і виду баластного опору і, отже, не є постійним для даної лампи.

Зазвичай коефіцієнт потужності газорозрядних ламп становить 0,7...0,9, а коефіцієнт потужності комплекту: газорозрядна лампа - баластний опір - 0,4...0,9. Для того щоб зменшити можливість помилки при вимірюваннях в колах газорозрядних ламп, бажано користуватися приладами електродинамічної системи.

1.4.7 Будова і принцип дії люмінесцентних ламп, їх основні характеристики

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. До теперішнього часу ЛЛ є найбільш масовими джерелами світла в ОУ промислових і громадських споруд і їх розвиток можна поділити на 3 етапи:

Перший етап. До другої половини 70-х років 20 століття в світильниках загального освітлення приміщень використовували лінійні люмінесцентні лампи в колбах діаметром 38 мм з галофосфатним люмінофором потужностями 20, 40, і 65 Вт. Кращі зразки ЛЛ, потужністю 40 Вт мали світлову віддачу (η_v) 70- 72 лм/Вт, термін служби не перевершував 7000 год, спад світлового потоку (Φ_n) наприкінці строку служби досягав більше 25%, а загальний індекс кольоропередачі $R_a = 60-65$.

Другий етап. У 1978 р. почався другий етап у розвитку ЛЛ - було освоєно виробництво енергоекономічних ламп діаметром 26 мм на нових трьох компонентних люмінофорах (гексагональних алюмінатах). У цих ЛЛ з так званим трьох смуговим спектром випромінювання вдалося підвищити світлову віддачу до 94 лм/Вт (при роботі з електромагнітним ПРА) і наблизитися до 100 лм/Вт в схемах включення з електронним ПРА при одночасному поліпшенні якості кольоропередачі ($R_a > 80$) і зниження спаду Φ_n до 15 % від початкового в кінці терміну служби. Лампи

діаметром 26 мм і потужністю 18, 36, і 58 Вт споживають при роботі з високочастотним ПРА 16, 32, і 50 Вт; вони домінують у більшості країн Європи майже вже 20 років.

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. годин 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%.

Третій етап. Початком третього етапу в розвитку лінійних ЛЛ, можна вважати 1995-1996 р., коли були виготовлені лампи діаметром 16 мм з зменшеною довжиною. Першими з них на ринку з'явилися ЛЛ з покращеною світловою віддачею (до 104 лм / Вт) потужністю 14, 21, 28, 35 Вт. Подальшим кроком у розвитку цих «тонких» ЛЛ був випуск серії ламп зі збільшеним одиничним світловим потоком та підвищеною яскравістю.

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. годин. Зменшення діаметра колб нових ЛЛ на 40 % дає можливість більш ефективно використовувати їх з дзеркальними відбивачами і екрануючими решітками, зменшити висоту підвісу світильників, знизити витрату 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 26мм) дозволило створити на їх базі, конструкції вмонтованих світильників, які оптимально підходять до стандартних систем підвісних стель.

1.4.7.1 Будова та принцип дії лінійних люмінесцентних ламп

На рис. 13 (додаток 3) показано декілька конструкцій

люмінесцентних ламп загального призначення.

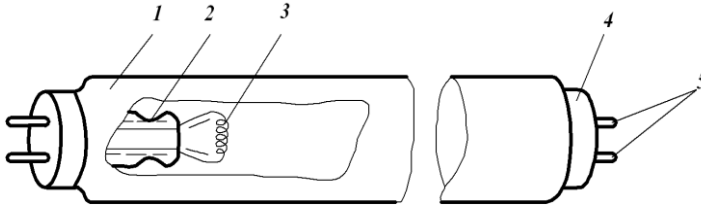


Рисунок 1.4.23 – Конструкція люмінесцентної лампи загального призначення в розрізі

Люмінесцентна лампа загального призначення (рис. 1.4.23) 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 см^2 поверхні наноситься 2...3 мг люмінофора. Шар люмінофора працює на просвіт: збуджується зсередини, а випромінюється в навколишній простір лампи.

На рис. 1.4.24 приведено спектральну щільність випромінювання ЛЛ:

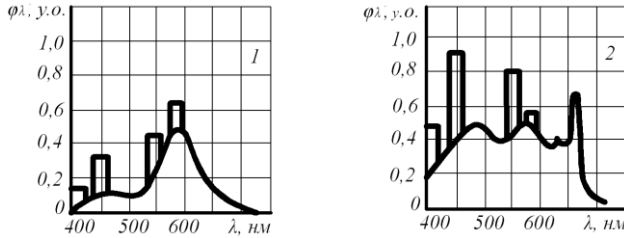


Рисунок 1.4.24 – Спектри випромінювання ламп: 1 – ЛБ; 2 – ЛДЦ

Люмінесцентні лампи розрізняють по формі, потужності і спектральному складі чи кольоровості випромінювання. На рис. 1.4.25 представлено позначення люмінесцентних ламп низького тиску.

Згідно з ДСТУ ІЕС 60081-2001 люмінесцентні двоцокольні лампи низького тиску позначаються наступним чином:

XXXX XXX XX

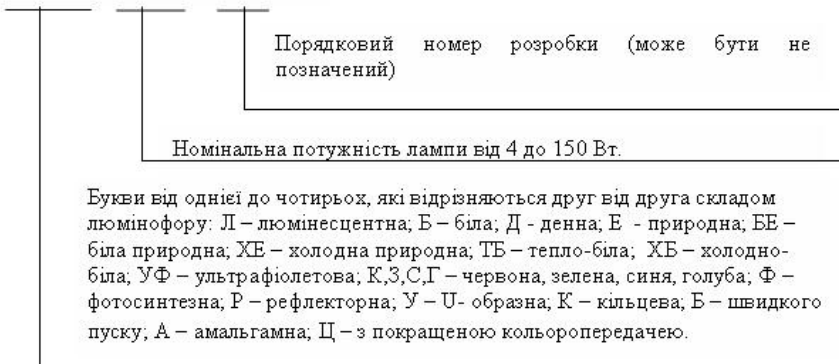


Рисунок 1.4.25 – Позначення люмінесцентних ламп низького тиску

Приклад умовного позначення люмінесцентних лампи *низького* тиску за ДСТУ ІЕС 60081-2001:

ЛТБ 40 – люмінесцентна тепло-біла, номінальною потужністю 40 Вт.

Номенклатура та технічні параметри люмінесцентних ламп *низького* тиску наведені у табл. 1.4.7

Принцип дії люмінесцентної лампи розглянемо на прикладі стартерної схеми включення, яка представлена на рис.1.4.26

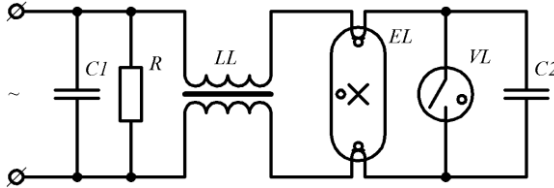


Рисунок 1.4.26 – Стартерна схема включення люмінесцентної лампи

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

Таблиця 1.4.7 - Номенклатура та технічні параметри люмінесцентних ламп низького тиску

Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга на лампі, В	Сила струму лампи, А	Номінальний світловий потік, лм	Довжина лампи, мм	Діаметр лампи, мм	Термін служби, год.
1	2	3	4	5	6	7	8
ЛДЦ 20-4 ЛД 20-4 ЛХБ 20-4 ЛТБ 20-4 ЛБ 20-4 ЛЕЦ 20	20	57	0,37	820 920 950 975 1180 865	604,0	40	12000
ЛДЦ 30-4 ЛД 30-4 ЛХБ 30-4 ЛТБ 30-4 ЛБ 30-4 ЛЕЦ 30	30	104	0,36	1450 1640 1940 1880 2100 2150	909	27	12000
ЛДЦ 40-4 ЛД 40-4 ЛХБ 40-4 ЛТБ 40-4 ЛБ 40-4 ЛЕЦ 40 ЛХБЦ 40-1	40	103	0,43	2100 2340 2780 2780 3000 2190 2400	1214	40	12000

Продовження таблиці 1.4.7

1	2	3	4	5	6	7	8
ЛДЦ 65-4				3050			
ЛД 65-4				3570			
ЛХБ 65-4	65	110	0,67	4100	1514	40	12000
ЛТБ 65-4				4200			
ЛБ 65-4				4550			
ЛЕЦ 65				3400			
ЛДЦ 80-4				3740			
ЛД 80-4				4070			
ЛХБ 80-4	80	102	0,862	4600	1514	40	12000
ЛТБ 80-4				4720			
ЛБ 80-4				5220			
ЛХБ 150	150	90	1,9	8000	1524	40	4000
ЛБР 40-1				2250			
ЛХБР 40-1	40	103	0,43	2080	1214	40	10000
ЛБР 80-1				4160			
ЛХБР 80-1	80	102	0,865	3460	1514	40	10000
Люмінесцентні лампи фірми «OSRAM»							
FQ24W/840	24	77	0,295	1750	563	16	18000
FQ39W/840	39	118	0,325	3100	863	16	18000
FQ49W/840	49	191	0,245	4300	1463	16	18000
FQ54W/840	54	120	0,455	4450	1163	16	18000
FQ80W/840	80	150	0,53	6150	1463	16	18000

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.

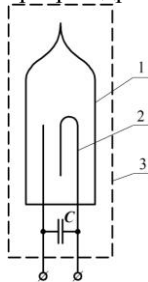


Рисунок 1.4.27 – Стартер: 1 – колба; 2 – біметалевий електрод; 3 – корпус; С – конденсатор

Стартер (рис. 1.4.27) 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. 1.4.26) 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 $U_{з.ст} < U_M$). Теплота, 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 пробію 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:

$$U_M > U_{з.ст.} > U_{г.л.} \quad (1.4.10)$$

1.4.7.2 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 Е 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 $\Phi_{\text{л}} = 200 - 4800$ 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 $T_{\text{к}}$ від 2700 К⁰ («домашнє» тепле біле світло, максимально близьке до ЛН) до 6500 К⁰ («холодне» денне світло).

5. З впровадженням ЕПРА середній термін служби при стандартному циклі включень підвищується до 10000 годин.

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 $\Phi_{\text{л}}$ від 200 до 4800 лм.

До групи «Б» входять лампи Е14, Е27, лампи потужністю від 15 до 25 Вт з цоколем Е 27 (або В22 за спеціальним замовленням).

На рис. 14 (додаток 3) Показано декілька конструкцій компактних люмінесцентних ламп загального призначення.

На рис. 15, 16 (додаток 3) представлено загальну будову лампи і електронного блоку КЛЛ. В середині 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. 1.4.28. (лампа потужністю 11 Вт).

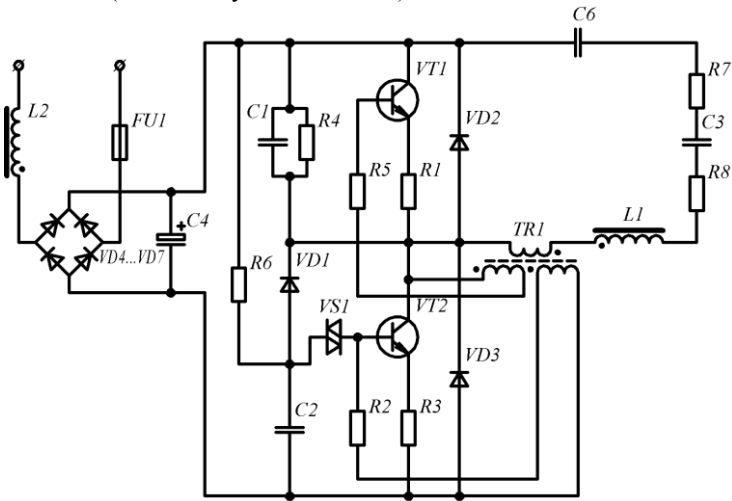


Рисунок 1.4.28 – Схема електрична принципова компактної люмінесцентної лампи фірми Osram

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 С6. У цей момент напруга на конденсаторі С3 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, С3 практично шунтується, завдяки чому частота знижується і генератор управляється тільки конденсатором С6 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.

Номенклатура та технічні параметри деяких компактних люмінесцентних ламп низького тиску фірми Philips наведені у табл. 1.4.8

Таблиця 1.4.8 - Номенклатура та технічні параметри компактних люмінесцентних ламп низького тиску фірми Philips

Тип	Потужність/ кольоровість	Колір	Цоколь	Напруга	Світло- вий потік, лм	Індекс кольо- ропе- редачі
PL Electronik Pro	12 Вт/827	Теплий білий	E27	230-240В	650	82
PL Electronik Pro	12 Вт/865	Холодний денний	E27	230-240В	600	76
PL Electronik Pro	16 Вт/827	Теплий білий	E27	230-240В	900	82
PL Electronik Pro	16 Вт/865	Холодний денний	E27	230-240В	870	76
PL Electronik Pro	20 Вт/827	Теплий білий	E27	230-240В	1200	82
PL Electronik Pro	20 Вт/865	Холодний денний	E27	230-240В	1160	76
PL Electronik Pro	23 Вт/827	Теплий білий	E27	230-240В	1500	82
PL Electronik Pro	23 Вт/865	Холодний денний	E27	230-240В	1420	82

1.4.7.3 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 лм / 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 трубчастю колбою завдовжки 1,2 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 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 $K_{п.в.} = 22... 23 \%$, 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 °С 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.

1.4.8 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. 1.4.29.

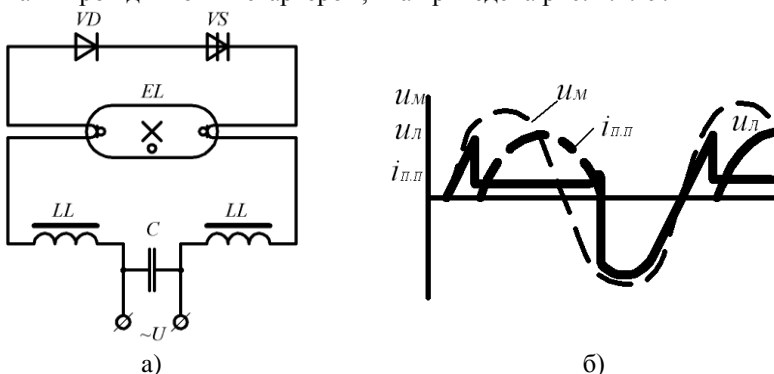


Рисунок 1.4.29 – а) Схема включення ЛЛ з напівпровідниковим стартером; б) Осцилограми миттєвих значень напруги і струму при запалюванні люмінесцентної лампи за допомогою динистора. VS - динистор; VD – діод; LL – дросель; EL – люмінесцентна лампа

Процес запалювання лампи видно на осцилограмах (рис. 1.4.29 б). При певному миттєвому значенні напруги позитивної напівхвилі синусоїдальної напруги мережі U_m , динистор VS відкривається, по електродам лампи тече струм попереднього підігріву i_{mn} , напруга на лампі під час підігріву залишається рівною падінню напруги на відкритому динисторі. У момент припинення струму підігріву ($i_{mn} = 0$) 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 приведені рис. 1.4.30

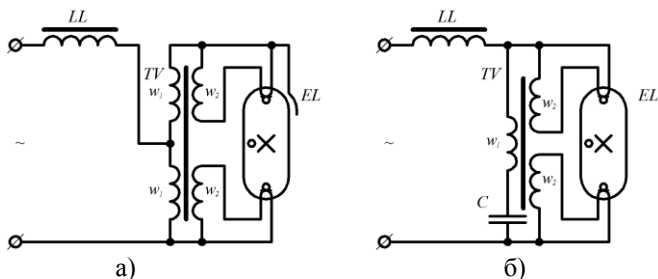


Рисунок 1.4.30 – а) Безстартерна схема включення ЛЛ з розжарювальним трансформатором гарячого запалювання: EL – люмінесцентна лампа; LL – дросель; TV - розжарювальний трансформатор; б) Резонансна безстартерна схема включення ЛЛ з розжарювальним трансформатором холодного запалювання: С – конденсатор; w_1 – первинна обмотка трансформатора; w_2 – вторинна обмотка трансформатора

Безстартерна схема гарячого запалювання ЛЛ з постійним підігрівом електродів включає в себе дросель і розжарювальний трансформатор. (рис 1.4.30, 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. 1.4.30, 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.

1.4.9 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.

На рис. 17 (додаток 3) показані конструкції ламп високого тиску загального призначення.

1.4.9.1 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.

Перші лампи ДРЛ виготовлялися двоелектродними. Для запалювання таких ламп потрібне джерело високовольних імпульсів. В якості нього застосовувався пристрій ПУРЛ-220 (Пусковий пристрій ртутних ламп на напругу 220 В). Електроніка тих часів не дозволяла створити достатньо надійні запалюючі пристрої, а до складу ПУРЛ входив газовий розрядник, що мав термін служби менший, ніж у самої лампи. Тому в 1970-х рр. промисловість поступово припинила випуск двоелектродних ламп. На зміну їм прийшли чотириелектродні, які не потребують зовнішніх запалюючих пристроїв.

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.

Чотирихелектродна лампа ДРЛ (рис. 1.4.31) 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 аргонем 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.

Останнім часом ряд закордонних фірм виготовляє триелектродні лампи ДРЛ, оснащені тільки одним запалювальним електродом. Ця конструкція відрізняється тільки більшою технологічністю у виробництві, не маючи ніяких інших переваг перед чотирьохелектродними.

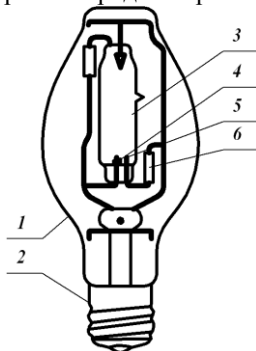


Рисунок 1.4.31 – Лампа високого тиску ДРЛ: 1 - зовнішня колба; 2 - цоколь; 3 – внутрішня кварцова колба; 4 - основні вольфрамові електроди; 5 – запалюючі електроди; 6 – струмо-обмежуючі резистори.

Видимий спектр ртутної лампи ДРЛ показаний на рис. 18 (додаток 3).

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 хвилин 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 короточасний перерив електроживлення гасить їх, а для повторного запалювання потрібна тривала пауза.

У схемі включення таких ламп (рис. 1.4.32) 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.

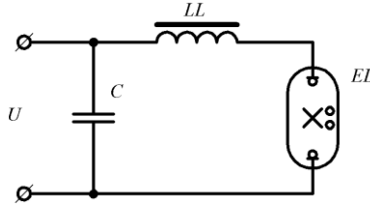


Рисунок 1.4.32 – Принципова схема включення чотириелектродних ламп типу ДРЛ: LL – дросель; C – конденсатор; EL – лампа

Приклади умовного позначення газорозрядних лампи *високого тиску* (рис. 1.4.33).

ДРЛ400 – дугова, ртутна, люмінесцентна, номінальною потужністю 400 Вт.

Номенклатура та технічні параметри газорозрядних ламп *високого тиску* наведені у табл. 1.15.

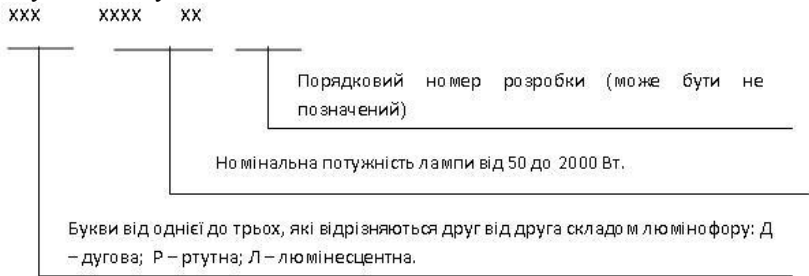


Рисунок 1.4.33 – Позначення люмінесцентних ламп високого тиску

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 $40 \dots 50 \text{ лм} \cdot \text{Вт}^{-1}$;
- 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%.

1.4.9.2 Дюгові металогалогенні лампи високого тиску (МГЛ)

Металогалогенні лампи, що з'явилися на початку 60-х років, відкрили нову сторінку в розвитку газорозрядних ламп. 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 замкнений 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. Лампи мають спектр, що складається з окремих ліній ртуті і ліній добавок, розташованих в різних областях спектру, завдяки чому вдається з'єднувати високу світлову віддачу з прийнятною кольоропередачею (у ламп потужністю 400 Вт $\eta_v = 80$ лм/Вт, $R_a = 65$). Лампи з йодидами диспрозію і інших рідкоземельних металів мають спектр, настільки густо заповнений лініями диспрозію, що він справляє враження безперервного по всій видимій області, завдяки чому досягається досить висока якість передачі кольору при високій світловій віддачі (у ламп потужністю 400 Вт $\eta_v = 70-80$ лм/Вт, $R_a > 80$).

На рис.1.4.34 показано будову лампи ДРИ (дугова ртутна з іодідами металів). Лампа містить трубчасту внутрішню колбу 1 з кварцового скла з поміщеними в її торці вольфрамовими електродами 2. Порожнина внутрішньої колби заповнена аргоном, 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.

Схема (рис. 1.4.35) 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.

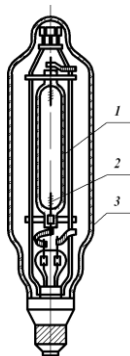


Рисунок 1.4.34 – Будова лампи ДРИ: 1 – внутрішня кварцова колба; 2 – електроди; 3 – зовнішня колба

Схема включення лампи ДРИ показана на рис. 1.4.35.

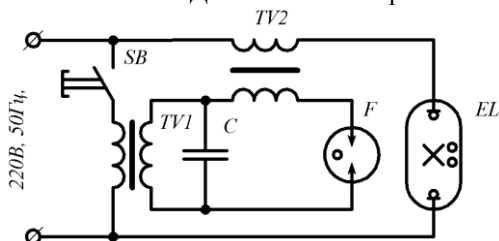


Рисунок 1.4.35 – Схема включення лампи ДРИ

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 пробоя розрядника F. У момент пробоя з первинної обмотки 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°C . 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.

Характеристика спектральної щільності випромінювання ламп ДРИ показана на рис. 19 (додаток 3).

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.

Технічні дані металогалогенних ламп наведені в табл. 1.4.9.

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 $95\text{ лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$, 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 $\pm 10\%$ U_n 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.

1.4.9.3 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 годин. Запалювання НЛВД відбувається за допомогою спеціальних запалюючих пристроїв, які видають імпульс з амплітудою 2-4 кВ. 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 ($T_k = 2000-2200 \text{ K}$).

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. 1.4.36. 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 $1570 \dots 1670^0 \text{ K}$, 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.

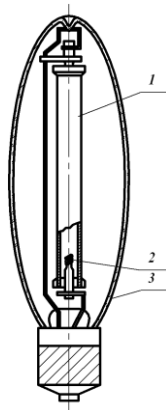


Рисунок 1.4.36 – Будова лампи ДНаТ: 1 – внутрішня керамічна розрядна трубка; 2 – вольфрамовий електрод; 3 – зовнішня колба

Схема включення лампи ДНаТ наведена на рис. 1.4.37.

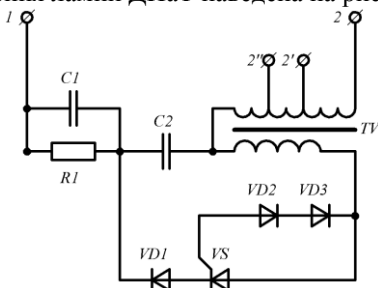


Рисунок 1.4.37 - Принципова електрична схема пристрою імпульсного запалюючого універсального типу УІЗУ

При підключенні живлення до УІЗУ заряджається конденсатор C2 через ланцюжок R1, C1 і вторинну обмотку імпульсного трансформатора TV. Коли напруга C2 досягає напруги стабілізації стабілітрона VD2, в колі керуючого електрода тиристора VS з'являється струм, тиристор відкривається і конденсатор C2 розряджається на первинну обмотку імпульсного трансформатора TV через тиристор і діод VD1. У вторинній обмотці появляются 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, C1. 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.

Характеристика спектральної щільності випромінювання лампи ДНаТ показана на рис. 20 (додаток 3).

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.

Таблиця 1.4.9 – Технічні параметри ламп високого тиску

Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга на лампі, В	Світловий потік, лм	Термін служби, год
1	2	3	4	5
Ртутні лампи високого тиску				
ДРЛ 50 (15)	50	96	1900	10000

Продовження таблиці 1.4.9

1	2	3	4	5
ДРЛ 80 (15)	80	115	3600	12000
ДРЛ 125 (6)	125	125	5900	12000
ДРЛ 125 (10)	125	125	6200	12000
ДРЛ 125 (15)	125	125	6300	12000
ДРЛ 250 (6)-4	250	130	13000	12000
ДРЛ 250 (10)-4	250	130	13500	12000
ДРЛ 250 (14)-4	250	130	13500	12000
ДРЛ 400 (10)-3	400	230	23000	8000
ДРЛ 400 (12)-4	400	135	24000	15000
Ртутні лампи високого тиску фірми «OSRAM»				
HQL-50	50	100	1800	14000
HQL-80	80	115	3800	24000
HQL-125	125	125	6300	24000
HQL-250	250	130	13000	24000
HQL-400	400	135	22000	24000
HQL-700	700	140	40000	24000
HQL-1000	1000	145	58000	24000
Металогалогенні лампи високого тиску				
ДРИ 125	125	110	8300	3000
ДРИ 175	175	110	12000	4000
ДРИ 250-2	250	110	18700	1000
ДРИ 250-5	250	130	19000	10000
ДРИ 250-6	250	130	19000	3000
ДРИ 400-1	400	125	25200	1000
ДРИ 400-5	400	130	36000	10000
ДРИ 400-6	400	130	33000	3000
ДРИ 700	700	120	59500	5000
ДРИ 1000	1000	130	90000	3000
Металогалогенні лампи високого тиску фірми «OSRAM»				
HCI-T 35WDL	39	90	3300	9000
HCI-TS 70WDL PB	72	95	6600	12000
HCI-TS 150WDL PB	147	100	14800	12000
HCI-TS 250WDL PB	242	100	24200	12000
HQI-TS 400/D	400	125	37000	12000
HQI-TS 1000/D/S	1000	120	90000	6000
HQI-T 2000/D	2000	230	180000	9000
Натрієві лампи високого тиску				
ДНаТ 70	70	90	5800	10000
ДНаТ 100	100	100	9500	10000
ДНаТ 150	150	100	15000	15000
ДНаТ 210	210	115	18000	12000

Продовження таблиці 1.4.9

1	2	3	4	5
ДНаТ 250-4	250	97,5	23000	10000
ДНаТ 250-7	250	97,5	26000	20000
ДНаТ 360	360	120	35000	16000
ДНаТ 400-4	400	102,5	47000	15000
ДНаТ 400-7	400	102,5	50000	20000
Натрієві лампи високого тиску фірми «OSRAM»				
NAV-E-50W/E	62	85	3500	14000
NAV-E-70W/E	82	90	5600	18000
NAV-E-150W	170	100	14000	24000
NAV-E-250W	275	100	25000	24000
NAV-E-400W	440	105	47000	24000
NAV-E-1000W	1075	115	120000	20000

1.4.9.4 Дюгові ксеноніві лампи

Ксеноніва лампа з короткою дугою була розроблена в 1940-х у Німеччині і представлена в 1951 році компанією Osram. Лампа дає яскраве біле світло, близьке до денного спектру, але має досить невисокий ККД.

У всіх сучасних ксенонівих 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 ксенонівих 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. 1.4.38 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.

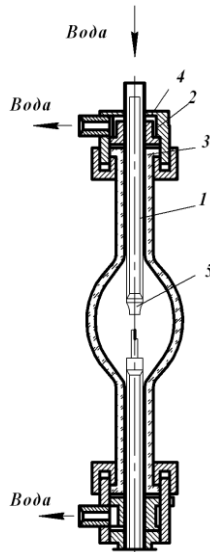


Рисунок 1.4.38 – Ксенонова лампа типу ДКсР

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 ксенонової 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 виділяєме 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. 1.4.38).

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 притискною 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. 1.4.39 представлено трубчасту ксенонову лампу типу ДКсТВ 6000.

Лампа має розрядну трубку 1 з кварцу з двома електродами 3 з торійованого вольфраму. Вводи лампи виконані з молібденової 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.

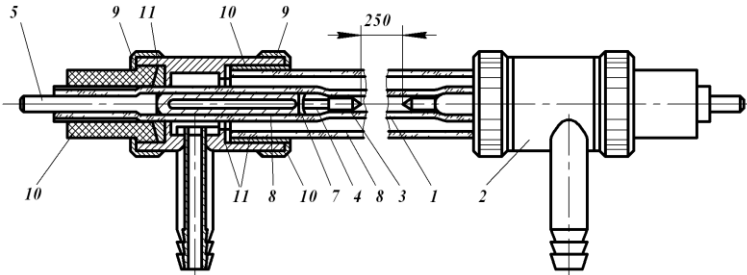


Рисунок 1.4.39 – Трубчаста ксенонова лампа: 1 – розрядна кварцова трубка; 2 – зовнішня скляна трубка; 3 – електрод; 4 – втулка; 5 – вивід; 6 – циліндр з молібденової фольги; 7 - вкладиш; 8 – скляний циліндр; 9 – гайка; 10 – ущільнюючий вкладиш; 11 – ущільнюючі прокладки; 12 – патрубки для води

Для охолодження використовується дистильована вода в замкнутому циклі (рис. 1.4.40).

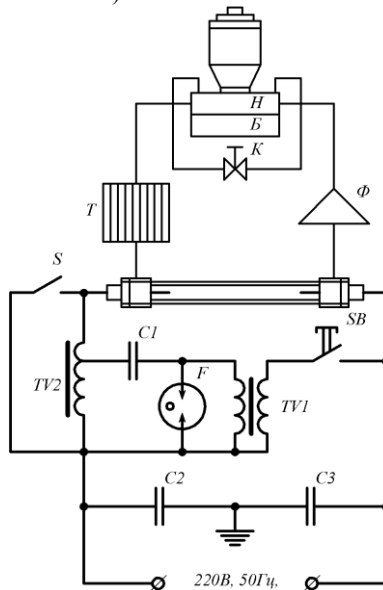


Рисунок 1.4.40 – Принципова спрощена схема пускового пристрою і система охолодження лампи ДКсТВ 6000

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. Вони представляють із себе кварцову трубку певних, залежних від потужності лампи, розмірів, на торцях яких змонтовані електроди – в середині трубки та електричні вводи - поза нею. Електричні вводи виконуються або у вигляді контактних штирів, або у вигляді гнучких багато дрітятих мідних джгутів, оснащених наконечником для підключення лампи до мережі за допомогою болтового з'єднання. Другий варіант введення, як показала експлуатація ламп, більш надійний.

Ксенонові лампи не вимагають баластного опору, але для їх запалювання необхідно запалюючий пристрій. Спрощена схема одного з варіантів запалюючого пристрою показана на рис. 1.4.40.

При включенні кнопки SB запалюючого трансформатора TV1 конденсатор С1 заряджається від вторинної обмотки TV1 до напруги пробією розрядника F. При пробії конденсатор С1 розряджається через частину обмотки імпульсного трансформатора TV2, на електроди лампи подається високовольтний імпульс запалювання, який викликає пробій й іонізацію між електродного простору лампи. Подальший розвиток і підтримка розряду в лампі відбувається за рахунок напруги мережі.

Через деякий час після запалювання лампи, обмотка імпульсного трансформатора шунтується вимикачем S, а запалюючий пристрій може бути відключений і використаний для запалювання чергової лампи.

Конденсатори С2 і С3 служать для захисту мережі від перешкод, що виникають під час роботи лампи. Технічні дані деяких типів ксенонових ламп високого тиску наведені в таблиці 1.4.10

Випромінювання ксенонових ламп у видимій частині спектра дуже близько до природного сонячного, проте неможливо не відзначити надлишок інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювань ламп. Особливо потужним ультрафіолетовим випромінюванням відрізняються лампи ДКсТ, кварцова трубка яких прозора для короткохвильових випромінювань. Слід мати на увазі, що при освітленості більше 150 лк УФ опромінення, створюване лампою, надлишкове і може викликати хворобливу реакцію у людей, які тривалий час знаходяться у цій зоні.

Таблиця 1.4.10 - Технічні дані деяких трубчастих ксенонових ламп

Тип лампи	Потужність, Вт	Сила струму, А	Робоча напруга, В	Світловий потік, лм	Зовнішній діаметр трубки, мм	Повна довжина, мм	Середня тривалість горіння, год
ДКсТЬ 2000	2000	31	60	37000	22	376	500
ДКсТ 2000	2000	52	40	33000	28	356	300
ДКсТВ 3000	3000	48	90	88000	10,2	285	100
ДКсТ 5000	5000	48	110	220000	25	646	300
ДКсТВ 5000	5000	56	150	600000	10,2	315	100
ДКсТЬ 8000	8000	55	240	130000	10,2	375	800
ДКсТЬ 10000-1	10000	47	220	210000	35	1270	800
ДКсТ 20000-1	20000	56	220	550000	35	2000	500
ДКсТ 50000	50000	140	380	2000000	42	2600	500
ДКсТ 100000	100000	270	380	3500000	75	3100	-
ДКсТВ 100000	100000	285	380	5000000	-	-	-

Примітка. Позначення ламп: Д – дугова; Кс – ксенонова; Т – трубчаста; В – водяне охолодження; Б – баластна.

Розподіл спектральної щільності випромінювання лампи ДКсТВ 6000 показано на рис. 21 (додаток 3).

У лампи ДКсТВ роль фільтра, що відтинає УФ випромінювання, виконує скло зовнішньої трубки, а колби лампи ДКсТЛ виконані з кварцового скла з легуючими присадками, забезпечують пропускання випромінювання лише з довжиною хвилі більше 300 нм.

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 лм·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.

1.4.9.5 Основні характеристики газорозрядних джерел високого тиску

Енергетичні показники розрядних ламп високого тиску залежать від їх конструктивного виконання і одиночної потужності.

На енергетичні показники установок з розрядними лампами впливають втрати потужності в баластних пристроях. У найбільш потужних ламп втрати в баласті не перевищують 5...6 % від потужності самої лампи.

Промисловість випускає в широкому асортименті освітлювальні розрядні лампи високого тиску одиночної потужності від 50 до 50 000 Вт

Спектральні характеристики розрядних ламп високого тиску визначаються в основному наповненням розрядної трубки. У ртутних ламп типу ДРЛ переважає синьо-зелене випромінювання, у ламп ДНаТ - жовто-помаранчеве. Те і інше випромінювання спотворює передачу кольору, тому лампи ДРЛ і ДНаТ використовують головним чином для зовнішнього освітлення.

На рис. 1.4.41 показано в динаміці кольорову температуру освітлювальних ламп.

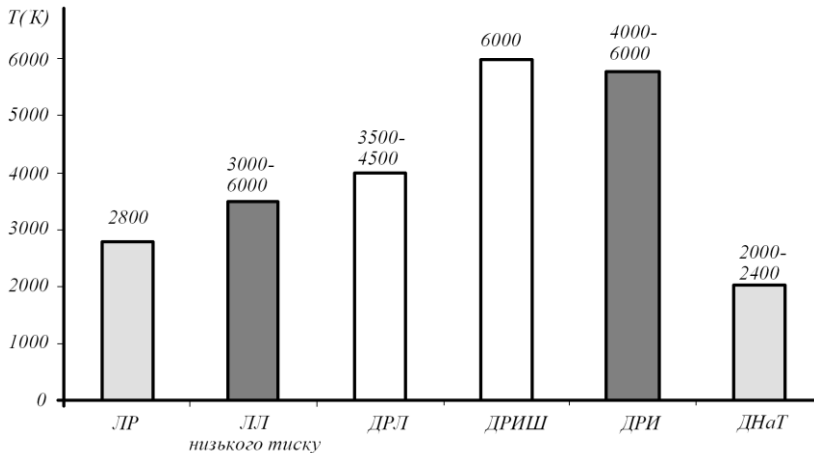


Рисунок 1.4.41 - Кольорова температура, T⁰ К

Лампи ДРИ дають випромінювання різного спектрального складу в залежності від виду добавок і воно знаходиться в області спектру $T = 4000 - 6000^0 \text{ K}$, а ксенонові лампи - близьке у видимій області спектру до природного сонячного ($T = 6100 \dots 6300^0 \text{ K}$).

Важливе значення має індекс кольоропередачі (рис. 1. 4.42).

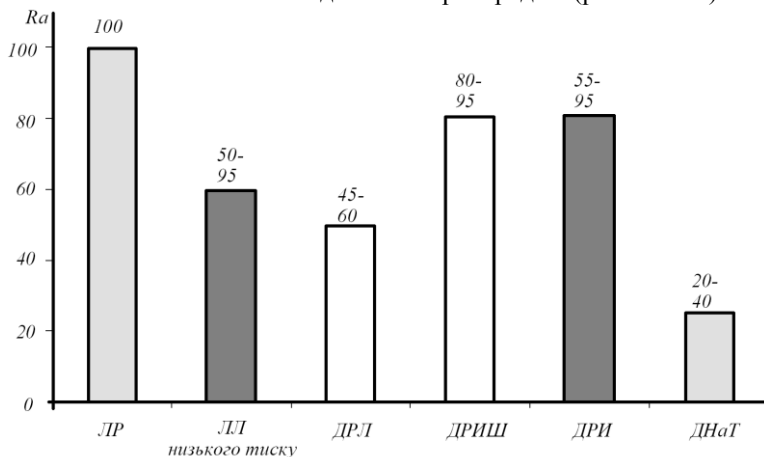


Рисунок 1.4.42 – Індекс кольоропередачі (Ra)

Світлова віддача розрядних ламп високого тиску в середньому нижча, ніж у люмінесцентних. Разом з тим у натрієвих ламп найвища світлова віддача серед всіх електричних джерел світла.

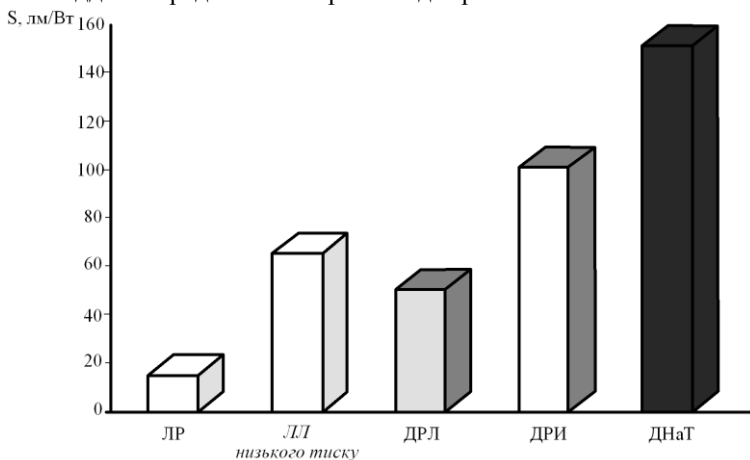


Рисунок 1.4.43 – Світлова віддача освітлювальних ламп, S, лм/Вт

У всіх розрядних ламп високого тиску світлова віддача залежить від їх одиничної потужності. Більшої потужності відповідає більша світлова віддача. Наприклад, світлова віддача ламп ДРЛ 80 становить 40 лм/Вт, лампи ДРЛ 2000 - 60 лм/Вт.

Металогалогенні лампи ДРИ поступаються натрієвім по світловій віддачі (65 ... 90 лм / Вт), однак маю однозначнo кращий спектральний склад випромінювання, що забезпечує високу якість кольоропередачі.

Експлуатаційні показники розрядних ламп високого тиску в цілому кращі, ніж у люмінесцентних ламп. Завдяки зовнішній колбі основні параметри лампи мало залежать від чинників навколишнього середовища. При температурі повітря $\pm 30^\circ\text{C}$ світловий потік змінюється приблизно на -5 % від номінального значення.

На параметри ртутних ламп високого тиску, працюючих без зовнішньої колби (ДРТ), температура навколишнього середовища істотно впливає. При зниженні температури значно змінюється потужність і потік випромінювання лампи, при підвищенні температури скорочується термін її служби за рахунок потемніння кварцового скла.

Корисний термін служби ламп ДРЛ, ДРИ, ДНАТ доведений до 24 тис. год., а лампи ДНАТ×2 - 40 – 55тис. годин.

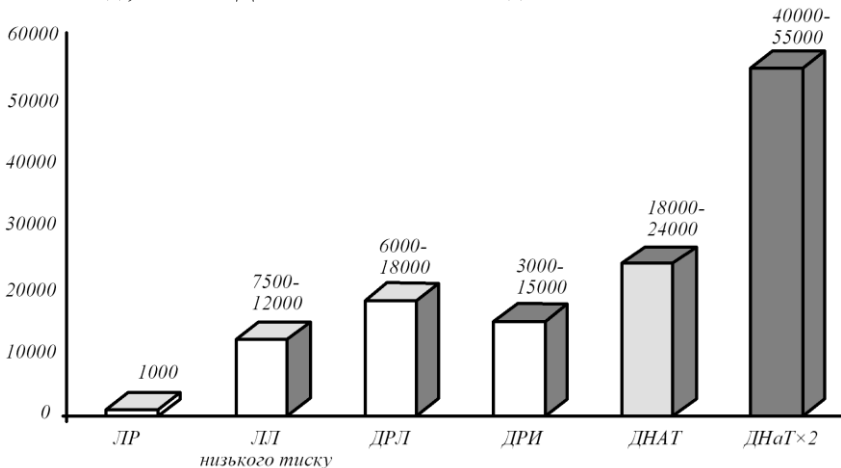


Рисунок 1.4.44 – Термін служби, t (годин)

Найбільша стабільність за струмом характерна для натрієвих ламп. Їх потік за 10 тис. год роботи зменшується на 15 ... 20 % проти 40 % у ламп ДРИ (за номінальний приймають потік, як і в люмінесцентних ламп, через 100 год роботи).

Малий термін служби ксенонових ламп обумовлений значною температурою поверхні розрядної трубки (750 ... 800 °С).

У процесі розгоряння змінюються всі параметри лампи. Після запалювання дугового розряду струм в ртутних лампах перевершує номінальне значення в 1,5 ... 2 рази. У міру розігрівання тиск парів всередині лампи зростає. Це супроводжується зниженням струму і збільшенням потоку випромінювання.

З ростом тиску підвищується напруга запалювання лампи. У зв'язку з цим повторне запалення згаслої лампи можливе лише після її остивання і відповідного зниження напруги запалювання. Відхилення напруги мережі однозначно впливають на роботу розрядної лампи високого тиску, однак світлова віддача змінюється мало, а у ламп ДНаТ практично залишається такою ж.

При проектуванні та експлуатації освітлювальних установок з розрядними лампами високого тиску необхідно враховувати значні пульсації випромінювання і приймати заходи до зниження їх до необхідних значень.

1.4.10 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 спектру ультрафіолетового випромінювання (200 ... 380 нм), переважно бактеріцидної (200 ... 280 нм) і вітальної (280 ... 315 нм) дій.

На рис. 22 (додаток 3) показано загальний вигляд деяких джерел ультрафіолетового випромінювання

Джерелами загального ультрафіолетового випромінювання, тобто випромінювання усіх ділянок ультрафіолетового діапазонів оптичної області спектра, є дугові ртутні лампи трубчасті високого тиску типу ДРТ (рис. 1.4.45).

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.

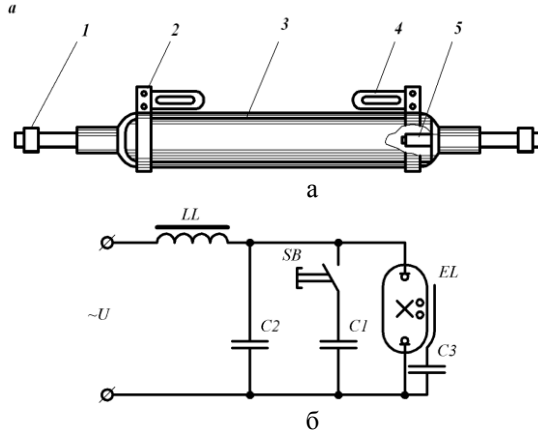


Рисунок 1.4.45 – Конструкція лампи ДРТ (а) і схема включення її в мережу (б): 1 – ввід; 2 – металеві хомутики; 3 – трубка із кварцового скла; 4 – тримачі; 5 – електроди; LL – дросель; SB – замикаючий ключ; EL – лампа ДРТ; C1, C2 і C3 – конденсатори

Схема включення ламп ДРТ в мережу 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. Різкий розрив ланцюга ключем SB індукує 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.

На рис. 23 (додаток 3) показано спектр випромінювання лампи ДРТ

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.

Вітальні люмінесцентні лампи низького тиску типу ЛЭ - джерела середньохвильового ультрафіолетового випромінювання - використовуються в основному для компенсації ультрафіолетової недостатності. Трубочасті вітальні лампи відрізняються від люмінесцентних ламп низького тиску увіолевим склом, діаметром трубки і складом люмінофора. Ці лампи включають у мережу за допомогою тих же пускорегулюючих апаратів, що і люмінесцентні освітлювальні відповідної потужності.

На рис. 24 (додаток 3) показано спектр випромінювання лампи ЛЭР- 40.

Лампи ЛЭ випускають потужністю 15 і 30 Вт відповідно на напругу 127 і 220 В. Крім цього, розроблено вітально-освітлювальні люмінесцентні лампи ЛЭО15, ЛЭО30 і ЛЭО40, вітальні рефлекторні люмінесцентні лампи ЛЭР30 і ЛЭР40 і вітально-освітлювальні рефлекторні люмінесцентні лампи типу ЛЭОР потужністю відповідно 15, 30 і 40 Вт (табл. 1.4.11). Вітально-освітлювальні лампи типу ЛЭО призначені для одночасного освітлення приміщень і вітального опромінення людей, тварин і птиці. Вітальні рефлекторні лампи типу ЛЭР істотно полегшують експлуатацію і збільшують ефективність установок ультрафіолетового опромінення, оскільки розподіл вітального потоку відбувається тільки в заданому рефлектором напрямку і не потрібні часті очищення ламп від пилу, диму й капоті.

Для вітального опромінення людей, сільськогосподарських тварин і птиці з одночасним загальним освітленням, використовують дугові дифузні лампи типу ДРВЭД. Лампи включають безпосередньо в мережу 220 В без будь-яких пускорегулювальних апаратів за допомогою цоколя E27.

Умовне позначення ламп ДРВЭД включає літери: Д - дугова, Р - ртутна, В - вольфрамова, Э - еритемна, Д - дифузна, потім вказується номінальна напруга живлення у вольтах і через дефіс - номінальна потужність у ватах. Промисловість випускає лампи ДРВЭД невеликими партіями потужністю 160 і 250 Вт.

Бактерицидні лампи - джерела короткохвильового ультрафіолетового випромінювання, велика частина якого (до 80 %) припадає на лінію з довжиною хвилі близько 254 нм. Конструкція цих

ламп принципово не відрізняється від трубчастих люмінесцентних ламп низького тиску, але увіюлове скло з леууючими присадками, що застосовується для їх виготовлення, добре пропускає випромінювання в діапазоні спектру 200...280 нм. Крім цього, колба бактерицидних ламп не покрита люмінофором і має декілька зменшені розміри (діаметр і довжину) у порівнянні з аналогічними люмінесцентними лампами загального призначення однакової потужності.

В даний час виготовляються бактерицидні лампи типів: ДБ15, ДБ30-1, ДБ36 і ДБ60 номінальною потужністю 15, 30, 36 і 60 Вт (табл. 1.4.11).

Таблиця 1.4.11 – Основні технічні характеристики джерел УФ – випромінювання

Тип лампи	Потужність, Вт	Номінальна напруга, В	Струм лампи, А	Світловий потік, лм	Вітальний потік, мВт	Бактерицидний потік, мБк	Термін служби, тис. год.	Габарити, мм	
								довжина	діаметр
ЛЭ15	15	127	-	40	300	55	5	451,6	30
ЛЭ015	15	127	-	650	110	-	5	451,6	30
ЛЭ30-1	30	220	-	110	750	125	5	908,8	30
ЛЭР30	30	220	-	-	-	-	3	909,6	30
ЛЭ030	30	220	0,365	1350	270	-	5	908,8	27
ЛЭ040	40	220	0,43	1850	370	-	5	121,6	40
ЛЭР40	40	220	-	120	1600	-	3	1213,6	40
ДРВЭД220-160	160	220	-	1600	350	-	1,5	190	127
ДРВЭД220-250	250	220	-	3250	600	-	1,5	190	127
ДБ15	15	127	0,33	60	-	2500	5	451,6	30
ДБ30-1	30	220	0,36	140	35	6600	5	908,8	30
ДБ36	36	220	0,38	-	-	10500	7,5	860	16
ДБ60	60	220	0,7	180	41	8000	5	908,8	30
ДРТ230	230	127	3,8	-	-	6700	2	190	20
ДРТ400	400	220	3,25	8000	4750	10500	2,7	265	22
ДРТ1000	1000	220	7,5	3300	16500	39500	2	350	32

У мережу бактерицидні лампи включають за допомогою пускорегульовальних апаратів так само, як і люмінесцентні лампи загального призначення, причому лампу ДБ15 - на номінальну напругу

127 В, а решта - на 220 В. В якості джерел короткохвильового ультрафіолетового випромінювання використовуються також дугові ртутні трубчасті лампи високого тиску типу ДРТ потужністю 400, 1000 і 2500 Вт.

Останнім часом досягнуті серйозні успіхи в розробці нового покоління УФ -бактерицидних ламп низького тиску, в яких джерелом парів ртуті є амальгама. Основна маса ртуті знаходиться у зв'язаному стані (амальгамі), а у вільному тільки 0,03 мкг на лампу, тому тиск парів ртуті при температурі до 50° С нижче ПДК і вони не становлять небезпеки.

Ці лампи істотно безпечніше, ніж люмінесцентні, повсюдно використовуються для опромінювання. Амальгамні лампи мають високий ККД (35-40 %) перетворення електричної енергії в УФ - випромінювання з довжиною хвилі 254 нм і завдяки триразового підвищеної інтенсивності УФ - випромінювання в порівнянні з ртутними бактерицидними лампами дозволяють ефективно вирішувати завдання знезараження повітря і води при великих витратах. Використання електронних компактних ПРА, що працюють на частоті 40-50 кГц, дозволило підвищити ККД системи, збільшити термін служби лампи і варіювати електричну потужність лампи в процесі її роботи. Тільки на таких лампах в даний час створюються всі великі станції знезараження, наприклад, найбільша в світі станція знезараження питної води з витратою 1400 тисяч м³/добу в Санкт-Петербурзі, яка була розроблена і побудована російським виробником НВО «ЛИТ».

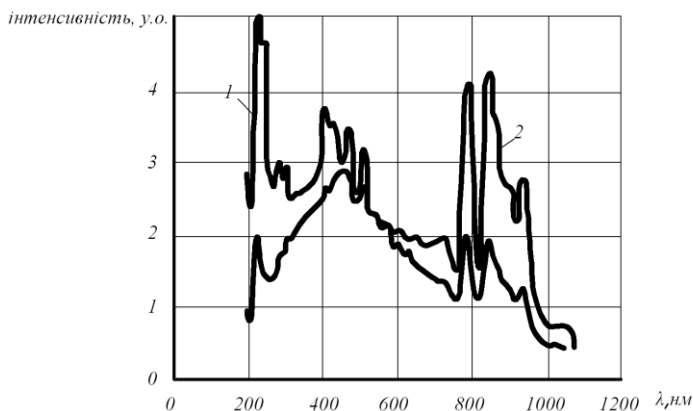


Рисунок 1.4.46 – Спектр випромінювання імпульсної ксенонової лампи при щільності струму 6,5 кА/см²

Джерелом імпульсного УФ - випромінювання є імпульсні розряди в

інертних газах та їх сумішах з галогенами (ексимерні суміші). У розробленому устаткуванні використовуються імпульсні ксенонові лампи. Основною перевагою подібних ламп є велика пікова потужність в імпульсі, яка досягає 5-10 МВт при тривалості імпульсу кілька сотень мікросекунд. Спочатку ксенонові лампи були розроблені для накачування твердотільних лазерів, а потім стали застосовуватися і для знезараження. Спектральний склад випромінювання залежить від розрядного струму та схеми включення лампи. На діапазон довжин хвиль 200-300 нм припадає 25-30 % усього випромінювання в діапазоні 100-1100 нм і 40% на весь УФ- діапазон. Відповідно, бактерицидна ефективність складе 10-13 % від сумарного випромінювання лампи (рис. 1.4.47, крива 3).

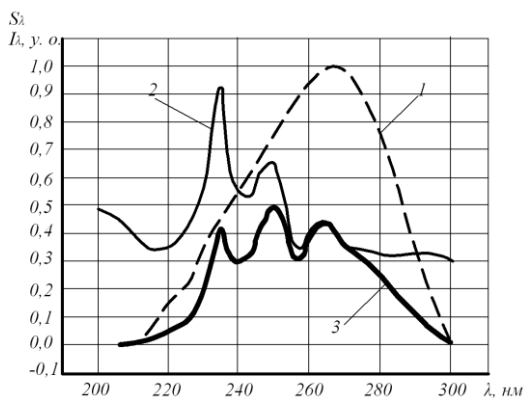


Рисунок 1.4.47 – Визначення бактерицидної ефективності імпульсної ксенонової лампи: 1 – відносна спектральна крива бактерицидної дії S_{λ} ; 2 – розподіл енергії випромінювання I_{λ} , по спектру імпульсної ксенонової лампи в діапазоні 200-300 нм; 3 – добуток $S_{\lambda} I_{\lambda}$ – бактерицидна ефективність

Слід зазначити, що широкий спектр випромінювання імпульсних ксенонових ламп є скоріше недоліком, ніж перевагою, тому що його короткохвильова частина може призводити до небажаного утворення озону, до побічних хімічних реакцій та напрацюванню шкідливих для людини сполук. Для запобігання напрацювання озону короткохвильовим випромінюванням використовують додаткові захисні плівки або спеціальні сорти кварцу, проте це значно збільшує вартість ламп і зменшує ресурс, оскільки через поглинання УФ - випромінювання стінкою збільшуються імпульсні термічні напруги під час спалаху.

Термін служби імпульсних ксенонових ламп визначається числом спалахів, які може забезпечити лампа. Чим вище енергія імпульсу, тим

менше число спрацьовувань лампи, яке варіюється від 10^3 до 10^8 імпульсів. Середня потужність лампи регулюється зміною частоти проходження імпульсів. Для обладнання американської фірми *LightStream Technologies* при максимальній продуктивності частота проходження спалахів дорівнює 30 Гц, при заявленому числі спалахів 10^8 отримуємо менше 1000 год. безперервної роботи лампи. При практичному застосуванні імпульсних ламп зниження УФ - випромінювання до кінця терміну служби складає 25-50 %.

Для запалювання імпульсних ксенонових ламп використовують дві основні електричні схеми. В обох як накопичувач енергії використовують імпульсні конденсатори. При зарядці конденсатора завжди відбуваються втрати енергії. Застосування потужної імпульсної високовольтної техніки значно збільшує габарити і складність джерела живлення для імпульсних ламп і висуває підвищені вимоги до електробезпеки при роботі з цим обладнанням.

Таким чином, імпульсні джерела УФ - випромінювання характеризуються високою (до 10 МВт) миттєвою потужністю, бактерицидною ефективністю близько 10 %, терміном служби близько 1000 год. і громіздким високовольтним джерелом живлення. Лампи з високим питомим навантаженням, такі як ртутні лампи високого тиску і імпульсні ксенонові лампи, вимагають інтенсивного тепловідводу, що робить конструкцію апаратів на їх основі більш складною в порівнянні з устаткуванням на основі ртутних ламп низького тиску.

УФ - випромінювання з бактерицидного діапазону 205-315 нм завжди чинить бактерицидну дію, що полягає в поглинанні УФ - фотонів молекулами ДНК і РНК всередині клітини, розривом зв'язків у молекулі ДНК і утворенням нових зв'язків, в результаті чого мікроорганізм втрачає здатність до відтворення. Крива ефективності бактерицидної дії УФ - випромінювання в залежності від довжини хвилі добре узгоджується з кривою поглинання УФ - випромінювання молекулами ДНК. Максимум цієї кривої знаходиться в області 260 нм (рис. 1.4.47, крива 1), тому випромінювання ртутних ламп низького тиску з довжиною хвилі 254 нм має високу бактерицидну ефективність. Величина УФ - дози, необхідної для десятикратного зменшення кількості мікроорганізмів, залежить від їх виду і для багатьох бактерій і вірусів лежить в області 2-20 мДж/см².

На сьогоднішній день встановлено, що імпульсне випромінювання має бактерицидну дію і що механізм його дії на мікроорганізми залежить від пікової щільності потужності УФ - випромінювання, причому для кожного виду мікроорганізмів існує своє значення порогової пікової потужності. Згідно з отриманими науковими даними, механізм дезінфекції імпульсним випромінюванням має дві складові:

- вплив бактерицидним УФ - випромінюванням;
- руйнування мікроорганізмів в результаті їх перегріву при поглинанні всього УФ - випромінювання.

При піковій щільності потужності УФ - випромінювання нижче порогової знезараження визначається УФ - випромінюванням бактерицидного діапазону 205-315 нм.

При високій щільності імпульсного випромінювання, коли сумарна щільність потужності УФ - випромінювання в спектральних діапазонах А, В, С (200 - 400 нм) вище порогової, швидкість підведення променистої енергії перевищує швидкість скидання теплової енергії мікроорганізмами у навколишнє середовище і відбувається перегрів мікроорганізмів, що призводить до їх дезінтеграції.

Крім величини пікової потужності необхідно забезпечити підведення енергії до «мішені», достатньої для її нагрівання. Якщо імпульс випромінювання дуже короткий, наприклад, менше 1 мкс, то мікроорганізми просто не встигнуть нагрітися. Іншими словами, необхідно забезпечити імпульсну потужність випромінювання, і поглинену дозу енергії для того, щоб її вистачило для нагріву мікроорганізмів до високої температури. Ще раз відзначимо, що основний внесок у нагрів мікроорганізмів дає УФ - випромінювання, а не видиме світло або інфрачервоне випромінювання. Багаторічний досвід експлуатації УФ - систем показав, що крім умов роботи обладнання в цілому, існує ряд специфічних вимог, які пред'являються до джерел УФ - випромінювання: висока потужність і високий ККД, тривалий термін роботи (понад 12 тис. год) і спад випромінювання не більше 20 % до кінця гарантованого терміну служби.

Крім того, останнім часом висуваються жорсткі вимоги відсутності побічних продуктів у процесі експлуатації бактерицидних установок і зниження небезпеки забруднення приміщень парами ртуті у разі розгерметизації ламп.

Основними факторами, що визначають ефективність джерел УФ - випромінювання для бактерицидної обробки, є:

- бактерицидна ефективність;
- бактерицидний потік лампи;
- ресурс і падіння бактерицидного потоку до кінця терміну служби лампи;
- термін служби, компактність і вартість блоку живлення (ПРА);
- безпека і технологічність використання джерел бактерицидного випромінювання.

Найбільшим бактерицидним ефектом володіє випромінювання в досить вузькому спектральному інтервалі 205-315 нм, і ефективність

джерела випромінювання визначається тим, наскільки близький спектр його випромінювання до максимуму бактерицидної чутливості мікроорганізмів.

Атом ртуті, що є основним випромінюючим елементом бактерицидних газорозрядних ламп, має резонансний електронний перехід з довжиною хвилі випромінювання 253,7 нм, що близько до максимуму кривої бактерицидної чутливості. У ртутних лампах низького тиску ККД перетворення вкладеної в лампу електричної енергії у випромінювання на довжині хвилі 253,7 нм досягає ~ 35-40 %, що становить більше 90% всього випромінювання. У поєднанні з простою конструкцією ПРА (електромагнітний дросель і стартер) і строком служби більше 10 тис. год. це призвело до широкого поширення ртутних ламп низького тиску в якості джерела бактерицидного випромінювання.

Лінійна потужність ртутних ламп низького тиску не перевищує 0,5-1 Вт/см, що не завжди достатньо для обладнання з великою продуктивністю. Високу потужність випромінювання і погонну електричну потужність до 100 Вт / см мають ртутні лампи високого тиску. Однак бактерицидна ефективність такого типу ламп в 2-3 рази нижче, ніж у ртутних ламп низького тиску. Частка випромінювання в бактерицидному діапазоні довжин хвиль становить 15-17 % від вкладеної електричної енергії, а відповідна бактерицидна ефективність дорівнює 8-12 %.

Істотним недоліком ртутних бактерицидних ламп, які обмежують їх застосування, є високий вміст металевої ртуті у вільному стані. У ртутних лампах низького тиску кількість вільної ртуті коливається в межах від 3 до 10 мг на лампу, а в лампах високого тиску складає сотні міліграмів. Так як ПДК вмісту ртуті в атмосферному повітрі становить 0,3 мкг/м³, то очевидно, що лампи з металевою ртуттю у випадку руйнування створюють значну екологічну небезпеку.

Практично всі промисловою вироблені бактерицидні ртутні лампи високого тиску випромінюють лінії з довжиною хвилі менше 200 нм, що призводить до напрацювання високотоксичного озону. Ртутні лампи низького тиску в основному виготовляють з боро-силікатного скла або спеціальних сортів кварцу, які не пропускають короткохвильове випромінювання і виключають напрацювання озону, що вигідно відрізняє їх від озono-створювальних ламп.

1.4.11 Газорозрядні джерела випромінювання, що використовуються в рослинництві

Аналіз сучасних тенденцій розвитку області захищеного ґрунту свідчить про те, що на даний час освітлювальна і опромінювальна техніка

грає важливу роль в ефективності вирощування розсади, овочів і квітів.

Основними критеріями ефективності освітлювальної техніки є: ефективність джерела світла і ефективність оптичної системи.

Рентабельність тепличних господарств в останні роки істотним чином залежить від раціонального вибору світлотехнічного і опромінювального обладнання, що дозволяє істотно скоротити витрати електроенергії на вирощування сільськогосподарських культур. Створення сучасних технологій вирощування рослин в умовах захищеного ґрунту пов'язано з використанням високо інтенсивних розрядних ламп.

У зв'язку з великою значущістю для рослинництва якісних характеристик світла останнім часом підвищуються вимоги не тільки до світлової ефективності та довговічності, але і до спектрального складу штучних джерел світла.

Спектральний склад випромінювання джерел світла для рослинництва є одним з головних параметрів, який повинен бути обґрунтовано заданий нарівні з іншими параметрами штучного клімату (дозами опромінення, фотоперіоду, температурою і вологістю повітря тощо).

Спектральний склад випромінювання повинен бути сприятливий для вирощування більшості рослин і перебувати в діапазоні довжин хвиль спектра, який найбільш ефективно поглинається листям ($\lambda = 300-750$ нм, область фото синтетично активної радіації, ФАР).

ККД ФАР - оцінює співвідношення випромінювання джерела в області ФАР до всієї його потужності. Найбільш часто використовувані джерела випромінювання мають наступні ККД ФАР, %: ДРЛФ-400 – 12 %, ДРФ 1000 - 18 ... 20 %, ДНаТ 400 - 25 ... 26 %, ДРИ 1000-6 і ДРИ 2000-6 - 27 ... 28 %, ДКСтЛ 10000 - 10 ... 12 %;

Інтенсивність випромінювання повинна бути достатньою для створення високих рівнів опроміненості (десятки фйт/м^2) або освітленості (3000 .. 10000 лк і більше).

Лампи повинні мати високу світлову віддачу при відносно малій вартості, тобто мають бути ощадливими.

Рівень впливу випромінювання джерел світла на протікання процесу фотосинтезу і процесів, пов'язаних з ростом рослин, неоднакові. Швидкість фотосинтезу під час вирощування рослин у червоній, зеленій або синій ділянках спектра змінюється на 25-30 %, а відмінність в процесах росту і накопиченні біомаси може складати 50-90 %.

На сьогоднішній день для рослин використовують широкий асортимент джерел світла, що мають свої особливості застосування.

Лампи розжарювання із-за своєї низької світлової ефективності не

знаходять широкого використання, але для забезпечення збільшення частки червоного випромінювання можуть застосовуватися в комплекті з іншими джерелами світла.

Розрядні лампи низького тиску (люмінесцентні лампи) мають відносно високу світлову ефективність і широкі можливості регулювання спектрального складу випромінювання за рахунок застосування різних люмінофорів. Термін роботи ламп в 10-15 разів перевищує цей показник для ламп розжарювання і складає 12000 - 15000 годин. Головний недолік ламп цього типу - низька одинична потужність, яка обумовлює застосування великої кількості освітлювальних приладів (ОП).

Розподіл спектральної щільності випромінювання фітоламп низького тиску типу ЛФ 40-2 показано на рис. 25 (додаток 3). Відмітна особливість випромінювання цих ламп - висока спектральна щільність випромінювання в діапазонах довжин хвиль від 400 до 450 нм і від 600 до 700 нм, на які припадають максимуми спектральної чутливості рослини.

Необхідний спектральний склад випромінювання ламп ЛФ 40-2 обумовлений підбором компонентів люмінофора. Інших конструктивних відмінностей від освітлювальних ламп низького тиску фітолампи не мають. Незважаючи на досить високу ефективність, фітолампи низького тиску не знаходять широкого застосування в тепличному овочівництві через їхню малу одиничну потужності, що створює значні труднощі в монтажі над опромінювальною поверхнею великої кількості ламп та ПРА до них.

Від зазначеного недоліку в значній мірі вільні фітолампи високого тиску (ксенонові, ртутні, металогалогенні, натрієві).

Ці лампи завдяки високій світловій ефективності та довговічності отримали найбільш широке застосування.

Ксенонові лампи високої інтенсивності мають спектр випромінювання, який з усіх джерел світла більше всього наближається до сонячного (рис. 1.4.49). Головні недоліки цих ламп - висока вартість, складна схема живлення, відносно низький ККД. Лампи мають також і низький термін служби - від 500 до 2000 годин.

Ртутні лампи високого тиску з люмінофорним покриттям на колбі мають лінійчатий спектр з великими інтервалами між лініями. Максимальне випромінювання припадає на зелену (500 нм) і синю (436 нм) області спектра. Через відсутність в спектрі цих ламп випромінювання в червоній (640-680 нм) області спектра вони мало придатні для вирощування рослин в умовах штучного опромінення. Але ці ж лампи можуть використовуватися для освітлення розсади огірків і томатів у теплицях як джерело синьо-фіолетовою радіації, якої недостатньо в сонячному спектрі в зимову пору року. Розсада, вирощена

із застосуванням цих ламп, має короткі стебла, збільшену пластину листа з високим вмістом хлорофілу.

На рис. 26 (додаток 3) представлено спектр випромінювання газорозрядної лампи типу –ДРФ-1000.

Фітолампи ДРЛФ 400 конструктивно схожі з лампами ДРЛ відповідної потужності. Їх відмінність полягає у складі люмінофору, нанесеного на зовнішню колбу, і наявності під шаром люмінофора відбиваючого покриття з напиленого алюмінію, що забезпечує необхідний розподіл потоку випромінювання ламп у просторі.

Рослинницькі лампи ДРВ мають вбудований баласт у вигляді вольфрамової спіралі, яка розміщена всередині колби лампи. Використання газорозрядних ламп з вбудованим баластом дозволяє скоротити капітальні витрати на опромінювальну установку у 5 ... 6 разів, проте ефективність таких ламп знижена в 1,5 ... 2 рази порівняно з лампами ДРЛФ, працюючими спільно зі стандартним індуктивним баластом.

Будова фітолампи ДРФ 1000 показана на рис. 1.4.48. Кварцова внутрішня колба 1 заповнена аргоном і парами ртуті з добавками йодидів літію та індію. Колба 3 виконана з термостійкого скла, стійкого проти розтріскування при попаданні на її поверхню крапель води. На внутрішню поверхню колби нанесено дифузно-направлено відбиваючий шар з алюмінію і його окислів.

Основні електроди 2 виконані з вольфраму, активованого окислами торію. Запалюючий вольфрамовий електрод 5 включений через струмообмежувальний резистор 4 опором 10...15 кОм. Принцип дії лампи ДРФ- 1000 аналогічний принципу дії освітлювальних металогалогенних ламп. Введення в порожнину внутрішньої колби йодидів металів дозволило отримати фітопотік, що дорівнює 90 фт, при фітовіддачі 90 мВт·Вт⁻¹.

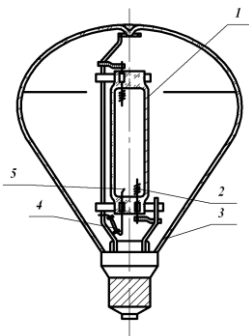


Рисунок 1.4.48 – Будова лампи ДРФ-1000: 1 – внутрішня кварцова колба; 2 - основні електроди; 3 – зовнішня колба; 4 – струмообмежувальний резистор; 5 – додатковий електрод

Металогалогенні лампи (МГЛ) високого тиску мають виключно широкі можливості регулювання спектру випромінювання за рахунок введення в розряд різних елементів. На сьогодні майже всіма провідними фірмами розроблені і випускаються МГЛ для рослинництва.

ККД цих ламп в області ФАР досягає 20-25 % при досить ефективному спектральному складі випромінювання. Головний недолік цих ламп - низька стабільність світлових параметрів в процесі експлуатації, залежність ККД і спектрального складу випромінювання від напруги мережі живлення. МГЛ мають відносно невеликий, як для розрядних ламп, термін роботи 4000-6000 годин.

Натрієві лампи високого тиску. Для великомасштабного професійного рослинництва натрієві лампи високого тиску є найбільш підходящим джерелом світла. Вони представляють собою відмінну комбінацію джерел світла з повним спектральним діапазоном, високою ефективністю, прекрасним світлорозподілом і великим терміном служби. Натрієві лампи високого тиску перетворюють електричну енергію на світлову з таким спектром випромінювання, до якого рослини найбільш чутливі. Для основних процесів фотосинтезу рослини використовують весь видимий діапазон світлового випромінювання, але в синій і червоній областях спектру їх чутливість падає.

Наукові дослідження та практика рослинництва показали, що довжини хвиль випромінювання натрієвих ламп високого тиску, в яких сконцентрована найбільша частина енергії випромінювання, співпадають з ділянками максимальної чутливості рослин.

Натрієві лампи є одним з найефективніших джерел світла. Вони мають високу світлову віддачу і велику стабільність світлового потоку протягом усього терміну служби.

Натрієві лампи високого тиску «SON-T-Green Power» фірми Philips (рис. 1.4.49) з спектром випромінювання, що сприяє процесу фотосинтезу, через наявність у спектрі збільшеної, в порівнянні з натрієвими лампами інших типів, синьої складової, при цьому орієнтовне співвідношення потоків випромінювання в діапазонах ФАР становить: в області 400 – 500 нм – 14%, в області 500 - 600 нм – 52 % і в області 600 - 700 нм – 34%.

Лампи мають дуже високу світлову віддачу (близько 140 Лм / Вт).

Надзвичайно великий термін служби (16000 годин) і майже незмінне в часі значення світлового потоку, роблять «SON-T-Green Power» найекономічнішими газорозрядними лампами високого тиску для освітлення рослин в теплицях, що сприяють розвитку рослин, стимулюючи збільшення їх об'єму і кількості листя, цвітіння і вегетативний ріст.

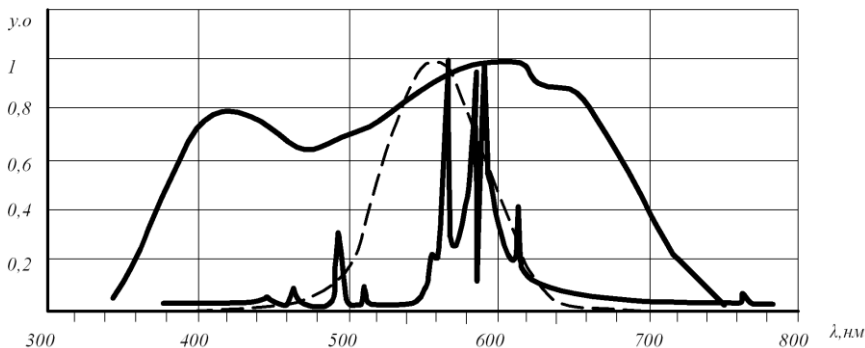


Рисунок 1.4.49 - Спектральний розподіл випромінювання лампи SON-T-Green Power фірми Philips

В табл. 1.4.12 приведено технічну характеристику сучасних джерел випромінювання, що застосовуються в рослинництві.

Таблиця 1.4.12 – Технічна характеристика сучасних джерел випромінювання в рослинництві

Тип джерела випромінювання	Світловий потік, кЛм	Повний потік випромінювання, Вт	Фіто потік, фіт	ККД, %		Фітовіддача джерела, фіт/Вт	Світловіддача джерела, лм/Вт	Віддача джерела в області ФАР
				Фотосинтезний	Світловий			
ДНаТ-100	7	20,6	10,2	49,3	49,9	0,102	70	0,21
ДРЛФ-400	20	59,9	27,9	52,2	55,6	0,070	50	0,13
ДНаТ-400	47,5	106,9	56,1	52,5	65,3	0,140	118,8	0,27
ДРИ-1000	72	236,8	106,3	44,9	44,7	0,106	72	0,24
ДРИ-1000-2	70	273,6	134,7	49,2	37,6	0,134	70	0,27
ДРИ-2000-2	190	476	234	49,2	58,7	0,117	95	0,24
ДРИ-2000-2М	190	665,2	352,7	53,1	42,2	0,176	95	0,33
SHR-TS600 Sylvania	90	380	293	77,1	34,7	0,488	150	0,63
ДНаС-340	30	109,2	56,6	51,8	32,1	0,166	88,2	0,32
КГ-2000	55	194	89,5	46,0	41,6	0,045	27,5	0,10

Натрієві джерела, завдяки своїй ефективності, відсунули на другий план металогалогенні лампи типу ДРИ. Не зважаючи на очікувані

переваги за рахунок спектру, на практиці їх застосування в теплицях виявляється економічно не вигідним (низькі ККД і термін служби, стабільність параметрів, але висока ціна). Лампи ДРЛФ настільки застаріли і мають настільки низькі параметри, що використовувати їх не має сенсу. Якщо вони десь ще використовуються, то бажано їх замінити на нові сучасні типи.

Із приведених даних виходить, що найбільш ефективними джерелами для рослин є натрієві і металогалогенні лампи типу ДНАТ і ДРИ потужністю від 400 до 2000 Вт.

1.4.12 Світлодіодні лампи

До 2020 року в Україні планується повністю перейти на світлодіодне освітлювання, що дозволить щорічно економити понад 30 мільярдів гривень, зазначається на урядовому порталі. Наразі в країні існує шість підприємств з серійного виробництва світлодіодних пристроїв, та ще 14 з виробництва комплектуючих. Реалізацією такої техніки вітчизняного виробництва займатиметься Національна лізингова компанія «Укрсвітлолізінг», яка також відповідатиме за залучення інвестицій в цю сферу.

Світлодіодні або, як їх ще називають, LED-лампи в порівнянні з традиційними світильниками споживають в рази менше електроенергії. Їх світловіддача – до 150 люменів на ват енергоспоживання. Наприклад, споживаючи всього 9 Вт, LED-лампа світить як 75-ватна! Термін служби таких світильників складає 50000 – 100000 годин. 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. Розглянемо будову світлодіодної лампи типу ЕКФ, яка представлена на рис. 28 (додатку 3). 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 Е27, який закріплюється до лампи за допомогою точкових заглиблень по всій окружності цоколя.

Корпус лампи виконано з алюмінію і теплоізоляційного пластика, який забезпечує гарний відвід тепла. Максимальна температура нагрівання лампи складає 65°C .

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 $+105^{\circ}\text{C}$.

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 штук, 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. 1.4.52.

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).

Видимий спектр світлодіодних ламп типу RTBL-RE60-CW, LED показаний на рис. 30 - 35 (додаток 3).

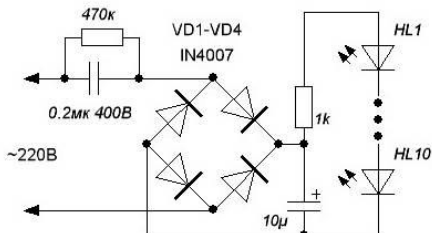


Рисунок 1.4.52 – Схема електрична принципова драйвера

Широке застосування в пташниках і тваринницьких приміщеннях знаходять світильники з лінійними світлодіодними лампами типу ССГТ вітчизняного виробництва (рис. 29 Додаток 3) 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. 1.4.13-1.4.16.

Таблиця 1.4.13 - Технічні параметри світлодіодних ламп RTBL-RE60-CW

Характеристика	Лампа		
	Thomson	Thomson	Thomson
Бренд	RTBL-RE60-CW	RTBL-RE60-CW	RTBL-RE60-CW
Модель	RTBL-RE60-CW	RTBL-RE60-CW	RTBL-RE60-CW
Номінальна 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

* Світлова віддача розрахована діленням паспортних даних світлового потоку на потужність;

** Виміряно в IXBT.com.

Таблиця 1.4.14 - Технічні параметри світлодіодних ламп LED

Характеристика	Лампа		
	Supra	Verbatim	Verbatim
Бренд	Supra	Verbatim	Verbatim
Модель	SL-LED-A60-11W 3000 E27	#52114	#52100
Номінальна 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

Таблиця 1.4.15 - Технічні параметри світлодіодних ламп ССГТ

Характеристика	Лампа			
	ССГТ-3	ССГТ-6	ССГТ-9	ССГТ-12
Модель	ССГТ-3	ССГТ-6	ССГТ-9	ССГТ-12
Номінальна напруга, В	до 250	до 250	до 250	до 250
Потужність, Вт	3	6	9	12
Світловий потік, лм	320	640	960	1280
Кольорова температура, К	3000-6500	3000-6500	3000-6500	3000-6500
Степінь захисту	IP65	IP65	IP65	IP65
Термін служби, год.	40000	40000	40000	40000
ККД, %	80	80	80	80
Регулювання яркості, %	1-100	1-100	1-100	1-100
Освітленість при висоті підвісу 2,5 м, Лк	до 25	до 50	до 75	до 100
Робоча температура, °С	-20 +50	-20 +50	-20 +50	-20 +50

Таблиця 1.4.16 - Технічні параметри світлодіодних ламп ЛРС

Характеристика	Лампа	
	ЛРС-3	ЛРС-6
Модель	ЛРС-3	ЛРС-6
Номинальна напруга, В	до 250	до 250
Потужність, Вт	3	6
Світловий потік, лм	320	640
Кольорова температура, К	3000-6500	3000-6500
Степінь захисту	IP54	IP54
Термін служби, год.	40000	40000
ККД, %	80	80
Регулювання яркості, %	1-100	1-100
Освітленість при висоті підвісу 2,5 м, Лк	до 25	до 50
Робоча температура, °С	-20 +50	-20 +50

1.5 Установки електричного освітлення

1.5.1 Класифікація і основні характеристики світильників

Світильник – це сукупність джерела світла і арматури, яка призначена для раціонального перерозподілу і кутової концентрації світлового потоку, захисту очей від чрезмерної яскравості, кріплення та захисту від механічних пошкоджень і забрудненості.

Спільними елементами будови світильників є: корпус, джерело (джерела), оптична система, лампотримачі (патрони), вбудована пускорегулююча апаратура (для газорозрядних джерел) та інші допоміжні пристосування. Оптична система світильників складається з відбивачів, розсіювачів, захисних стекел, екрануючих решіток, кілець і призначена, в основному для перерозподілу в потрібному напрямку світлового потоку джерел, захисту від їх осліплювальної дії або перетворення якісних властивостей видимого випромінювання (зміни спектрального складу і його поляризації).

Світильники класифікують по наступним признакам: за призначенням, за конструктивним виконанням, за способом установки.

За *призначенням* світильники можуть бути для освітлення закритих приміщень, відкритих просторів, корабельні, залізнодорожні та ін.

По *конструктивним виконанням* світильники класифікуються в залежності від ступеня їх захисту від шкідливих факторів навколишнього середовища. Сьогодні діє класифікація освітлювальних приладів (ОП) за захистом від впливів таких основних факторів навколишнього середовища, як пил і вода, їх безпека для людей і пожежна небезпека.

Позначення ступеня захисту складається з двох прописних літер латинського алфавіту - IP (початкові літери англійських слів International

Protection) та двох цифр, перша з яких позначає ступінь захисту від пилу, друга - від води (наприклад, IP54). Для світильників, що мають деякі конструктивні особливості, позначення ступеня захисту не має літер IP, а в першій цифрі, яка показує ступінь захисту від пилу, доданий знак «штрих» (наприклад, 5'4). Характеристика різних ступенів захисту і позначень виконання світильників за захистом від пилу і води наведена в табл. 1.5.1

Таблиця 1.5.1 – Ступінь захисту

	Коротка характеристика	Короткий опис предметів, які не повинні попадати в корпус
0	Захисту немає	Немає спеціального захисту
1	Захист від проникнення твердих тіл розміром 50 мм	Велику ділянку поверхні людського тіла (наприклад, рука), немає захисту від навмисного проникнення. Тверді тіла діаметром більше 50мм
2	Захист від проникнення твердих тіл розміром 12 мм	Стрижні і т.п. довжиною не більше 80 мм. Тверді тіла діаметром більше 12 мм
3	Захист від проникнення твердих тіл розміром 2,5 мм	Інструмент, дріт тощо, діаметр або товщина яких більше 2.5 мм. Тверді тіла діаметром більше 2.5 мм
4	Захист від проникнення твердих тіл розміром 1 мм	Дріт або смуги товщиною більше 1 мм. Тверді тіла діаметром більше 1мм
5	Захист від пилу	Проникнення пилу повністю не припинено, але проникаюча всередину пил не порушує нормальної роботи
6	Повний захист від пилу	Проникнення пилу попереджено повністю
1	Захисту немає	Немає спеціального захисту
2	Захист від капель води, яка падає вертикально	Краплі води (падаючі вертикально) не повинні мати шкідливого впливу
3	Захист від капель води, яка падає під кутом 15° до вертикалі	Краплі води, що падають вертикально, не повинні мати шкідливого впливу, коли корпус нахилений на кут 15° від його нормального положення
4	Захист від дощу	Дош, що падає під кутом 60° до вертикалі, не повинен мати шкідливого впливу
5	Захист від бризки води	Бризки води, що падають на корпус з усіх боків, не повинні мати шкідливого впливу
6	Захист від струменя води	Струмінь води з насадки, падаюча з усіх напрямків на корпус, не повинна надавати шкідливого впливу
7	Захист від хвиль води	Вода при виникненні хвилі або від потужних струменів не повинна проникати в корпус в кількості, яка справляє шкідливий вплив
8	Захист при зануренні в воду	Вода не повинна потрапляти всередину корпусу в кількості, яка б справляє шкідливий вплив, при зануренні його у воду на відповідний час і глибину
		<i>Примітка.</i> Як правило, виріб має герметизацію, але для деяких виробів допускається проникнення всередину води, яка не надає шкідливого впливу

Вибирати конструктивні виконання світильників для пожежо- та вибухонебезпечних приміщень слід не тільки з урахуванням вказаних вище ступенів захисту від пилу і води, але також і в залежності від класу приміщень за пожежонебезпекою за розд. VII-4 ПУЕ, а для вибухонебезпечних приміщень - від класу приміщень за вибухонебезпечністю за роз. VII-3 ПУЕ і категорій та груп вибухових сумішей, які можуть утворюватися в приміщеннях. У зазначених розділах ПУЕ наводяться допустимі ступені захисту світильників для пожежо- і взривонебезпечних приміщень різних класів.

Вказівки та рекомендації щодо конструктивного вибору світильників в залежності від умов навколишнього середовища не охоплюють повністю всі фактори, що визначають доцільність чи можливість застосування того чи іншого світильника для конкретних них умов. Відзначимо деякі додаткові рекомендації, які доцільно враховувати при виборі конструктивного виконання світильників.

Для приміщень з великим вмістом пилу, диму, кіптяви і з хімічно-активним середовищем рекомендується застосовувати світильники конструктивних схем і виконані з таких матеріалів, які в найменшій мірі піддаються запиленню і забрудненню, краще відновлюють світлотехнічні характеристики після багаторазового очищення і більш стійкі до хімічних впливів. За вказаними ознаками світильники розташовуються у такому порядку від кращих до гірших:

- а) за ступенем запилення з різними конструктивними схемами:
 - з плоским або опуклим склом і з ущільненням на вихідному отворі світильника;
 - із замкнутим скляним ковпаком з ущільненням;
 - без відбивача;
 - те ж, але з відбивачем;
 - відкриті з отворами у верхній частині для природної вентиляції;
 - те саме без отворів для вентиляції;
 - зі скляним ковпаком замкнутим, сполученим з корпусом або відбивачем без ущільнення, або з екранною решіткою;
- б) за ступенем відновлюваності світлотехнічних характеристик, що відображають і пропускають світло поверхонь і матеріалів після чисток:
 - силікатна емаль, скляне дзеркало, силікатне скло;
 - алюміній альзакірований або хімічно об'ячений;
 - сталь алюмінізована, скло органічне;
 - емалі (крім силікатної) і фарби, поверхні алюмініровані у вакуумі;
- в) за ступенем стійкості до хімічних впливів:
 - фарфор, силікатне скло, пластмаси;
 - поверхні, покриті силікатною емаллю, скло органічне;

- алюміній, сталь і чавун.

Для приміщень особливо сирих, з хімічно активним середовищем, а також поза будівлями повинні, як правило, застосовуватися світильники зі ступенем захисту не нижче IP53 або 5'3, але більш кращими є ступені IP54 і 5'4.

У деяких особливо запилених виробничих приміщеннях застосовується гідро видалення пилу, при якому всі поверхні приміщення обливаються водою. У таких приміщеннях ступінь захисту повинна бути не нижче IP55 або 5'5.

У жарких приміщеннях можуть застосовуватися світильники злюбими ступенями захисту, але слід уникати світильників з замкнутими скляними ковпаками, а в світильниках з люмінесцентними лампами рекомендується встановлювати амальгамні лампи.

У пильних приміщеннях найбільш доцільні ступені захисту світильників IP6X, або IP5X, 5'X в залежності від кількості та характеру пилу, а при пилу, який не проводить струм, як виняток допускається IP2X. Застосування в пильних приміщеннях світильників зі ступенем захисту 2'X не рекомендується.

У приміщеннях запилених і з хімічно активним середовищем поряд зі світильниками, що мають відповідні ступені захисту, рекомендується застосовувати дзеркальні лампи розжарювання і рефлекторні люмінесцентні лампи, що встановлюються у відкритих світильниках, придатних для даних умов середовища, переважно зі ступенем захисту 5'3 та 6'3.

У приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних у відношенні враження електричним струмом (див. розд. 1-1 ПУЕ) при встановленні світильників з лампами розжарювання і ДРЛ на висоті менше 2,5 м і при живленні світильників напругою вище 42 В з метою підвищення електробезпеки конструкція світильників не повинна дозволити доступ до ламп без застосування якого-небудь спеціального пристосування або інструменту, наприклад ключа, викрутки, плоскогубців і т. п. Така міра виключає можливість доступу до струмоведучих частин встановлених на невеликій висоті світильників некваліфікованого персоналу і випадкових осіб.

Усі люмінесцентні світильники, виготовлені промисловістю, мають конструкцію, що виключає можливість торкання до струмоведучих частин, що дозволяє встановлювати їх налюбій висоті.

Всі світильники з люмінесцентними лампами мають вбудовані в них ПРА з конденсаторами для підвищення коефіцієнта потужності. Застосування світильників без таких конденсаторів забороняється.

Для більшості типів світильників з лампами ДРЛ застосовуються

незалежні ПРА, що встановлюються окремо від світильника. Тільки незначна кількість типів світильників внутрішнього освітлення має вбудовані ПРА. Ступінь захисту незалежних ПРА від дії навколишнього середовища повинна відповідати умовам середовища приміщень.

За способом установки світильники діляться на підвісні, стельові, вбудовані, настінні, настільні, встановлені на підлозі (торшери), консольні торцеві, ручні, головні.

Основними **характеристиками** кожного світильника є:

- тип джерела світла, для якого призначено світильник (Н – лампа розжарювання загального призначення, И – кварцові галогенні лампи розжарювання, Л – прямі люмінесцентні лампи, Ф – фігурні люмінесцентні лампи, Р – ртутні лампи типу ДРЛ, Г – металогалогенні лампи типу ДРИ, Ж – натрієві лампи, С – дзеркальні лампи-світильники, К – ксенонові трубчаті лампи);

- кількість ламп у світильнику;

- спосіб встановлення світильника;

- світлорозподіл – розподіл світлового потоку в просторі, визначається класом світильника (прямого світла – П, переважно прямого світла – Н, розсіяного світла – Р, переважно відбитого світла – В, відбитого світла – О), або типом кривої сили світла (концентрована – К, глибока – Г, косинусна – Д, напівширока – Л, широка – Ш, рівномірна – М, синусна – С);

- коефіцієнт корисної дії η вказує, яку частку становить світловий потік світильника Φ_c від світлового потоку встановленої лампи Φ_d : $\eta = \Phi_c / \Phi_d \cdot 100\%$;

- захисний кут світильника γ характеризує зону, в межах якої око спостерігача захищено від прямої дії лампи;

- потужність ламп, на яку розраховано світильник;

- кліматичне виконання світильника;

- категорія розміщення.

В табл. 1.5.2 приведено класи світлорозподілу освітлювальних приладів.

Таблиця 1.5.2 - Класи світлорозподілу освітлювальних приладів

Позначення класів світильників по світлорозподілу	Назва класів світильників по світлорозподілу	Доля світлового потоку, направлено в нижню на півсферу від всього потоку світильника $\Phi_0/\Phi_{св}$
П	Світильник прямого світла	$\Phi_0/\Phi_{св} > 80$

Продовження таблиці 1.5.2

Н	Світильник переважно прямого світла	$60 < \Phi_0 / \Phi_{св} \leq 80$
Р	Світильник розсіяного світла	$40 < \Phi_0 / \Phi_{св} \leq 60$
В	Світильник переважно відбитого світла	$20 < \Phi_0 / \Phi_{св} \leq 40$
О	Світильник відбитого світла	$\Phi_0 / \Phi_{св} \leq 20$

В табл. 1.5.3 приведено типи кривих сили світла освітлювальних приладів.

Таблиця 1.5.3 - Типи кривих сили світла освітлювальних приладів

Позначення типу кривої сили світла	Тип кривої сили світла	Зона напрямлень максимальної сили світла, град.
К	Концентрована	0 - 15
Г	Глибока	0 - 30; 180 - 150
Д	Косинусна	0 - 35; 180 - 145
Л	Напівширока	35 - 55; 145 - 125
Ш	Широка	55 - 85; 125 - 95
М	Рівномірна	0 - 90; 180 - 90
С	Синусна	70 - 90; 110 - 90

На рис. 1.5.1 приведено типові криві світла в абсолютних одиницях при світловому потоку джерела світла, який дорівнює 1000 лм

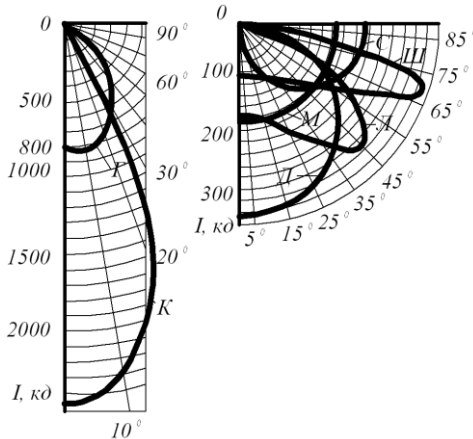


Рисунок 1.5.1 - Типові криві сили світла в абсолютних одиницях при світловому потоку джерела світла, який дорівнює 1000 лм:

К – концентрована; Г – глибока; Д – косинусна; М – рівномірна; Ш – широка; С – синусна; Л – напівширока

Захисний кут, тобто кут між горизонталлю і лінією, що з'єднує крайню точку тіла розжарення з протилежних краєм відбивача, характеризує світильники з точки зору захисту очей від сліпучої дії джерела світла. Значення захисного кута залежить від конструкції світильника і може бути визначено відповідно з рис. 1.5.2 за виразом:

$$\gamma = \arctg \frac{h}{l}, \quad (1.5.1)$$

де γ – захисний кут світильника (може бути віднесений як до верхньої так і до нижньої на півсфери);

h – мінімальна висота від краю вхідного отвору світильника до тіла, яке світиться джерела, або мінімальна висота екрануючих елементів решітки, м. (рис. 1.5.2);

l – максимальна відстань по горизонталі від основи висоти до краю вихідного отвору або між екрануючими елементами решітки, м.

Захисний кут застосовуваних світильників зазвичай становить від 12 до 40°. Поняття захисного кута також застосовується, хоча і умовно, до відбивачів з просвітлюючими матеріалами.

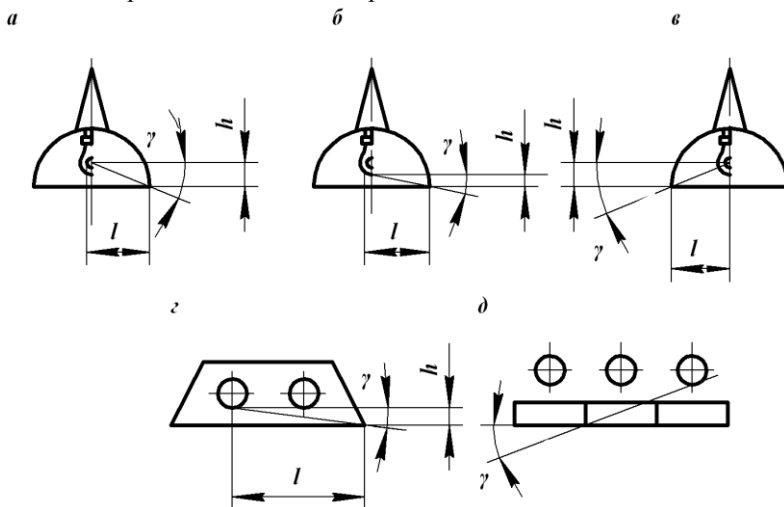


Рисунок 1.5.2 – Захисний кут світильника, який створюється відбивачами (а, б, в, г) і екранною решіткою (д):

- а) - для світильників з лампами розжарювання; б), в) – газорозрядними лампами високого тиску; г), д) – люмінесцентними лампами

Коефіцієнт корисної дії світильника - це відношення світлового

потоків світільника до світлового потоку джерела світла:

$$\eta = \frac{\Phi_{св}}{\Phi_{л}}. \quad (5.2)$$

Значення ККД світільника характеризує його економічність і залежить від матеріалу освітлювальної арматури і конструкції світільника в цілому. Вживані в практиці світільники мають ККД від 0,45 до 0,9. Необхідно відзначити, що в експлуатації при незадовільному догляді ККД світільника може значно (у два рази і більше) знижуватися.

Приклади світільників для ламп розжарювання, люмінесцентних ламп низького тиску і високого тиску показано на рис. 5-9 (додаток 3)

Із всього різноманіття світільників, які випускаються в Україні відомою фірмою ООО «ОСП Корпорація Ватра» в сільськогосподарському виробництві отримали широке застосування не всі. Серед них світільники загального освітлення з *лампами розжарювання* серії НСП-11, НСП-11ВЕх, НСП-18ВЕх, НСП-21ВЕх, НСП-23, для пильних і вологих приміщень НСП-19, НСП-20, для коридорів, підвалів, під'їздів, низьких промислових і сільськогосподарських приміщень НПП-01В; з *газорозрядними лампами високого тиску* ГСП-11ВЕх, ЖСП-11ВЕх, РСП-11ВЕх, ГВП-14В2Ех ПП-14В2Ех, ЖВП-14В2Ех, ЖПП-14В2Ех, РВП-14В2Ех, РПП-14В2Ех, ГСП-18ВЕх, ЖСП-18ВЕх, РСП-18ВЕх, ЖСП-21ВЕх, РСП-21ВЕх.

Для освітлення сільськогосподарських приміщень з важкими умовами навколишнього середовища, високою запиленістю, вологістю, складів, приміщень з хімічноактивним середовищем знайшли застосування світільники з *люмінесцентними лампами низького тиску* ЛСП-02У, ЛСП-04У, ЛПП-04В, ЛПП-07В, для загального освітлення в основних і допоміжних приміщеннях з нормальними і важкими умовами знайшли застосування світільники типів ЛПБ-01В, ЛПП-05В, ЛСП-03ВЕх.

Кожному світільнику присвоюють шифр. Структура умовного позначення світільників за ДБН В 2.5-23 – 2003, ДСТУ ІСЕ 60598-2-6:2007 приведена на рис.1.5.8.

В табл. 2-4 (додаток 2) представлено номенклатуру і характеристики світільників корпорації «Ватра».

1.5.2 Прожектори

Прожектори - освітлювальні прилади, які отримали широке розповсюдження для освітлення великих відкритих просторів. При освітленні прожекторами полегшується експлуатація освітлювальної установки за рахунок скорочення кількості обслуговуваних світлових

точок, зменшується число опор або щогл, довжина електричних мереж, поліпшуються умови освітлення вертикальних поверхонь. Однак при цьому посилюється сліпуча дія прожекторів, з'являються різкі тіні від великих предметів, розташованих на освітлюваній території, виникає потреба кваліфікованого обслуговування прожекторів (чищення відбивачів і, в ряді випадків фокусування).



Рисунок 1.5.8 – Схема умовного позначення світельників

Для освітлення відкритих просторів застосовуються прожектори типів НКУ-12У, НО-16В та ін. з лампами розжарювання потужністю на 300, 500, 1000 Вт, і прожектори з газорозрядними лампами високого тиску типів ЖО-01, РО-01В, ГО-02В, ЖО-02В, РО-02В 16В, ГО-03В ЖО-03В, РО-03В, ИО-03В, ГО-05В, ЖО-05В, РО-05В, ГО-12В, ЖКУ-11У, РКУ-11У, ЖКУ-16У, РКУ-16У, ЖБУ-01В, РБУ-01В та ін. В якості джерела

світла в прожекторах використовуються лампи ДРЛ потужністю 80, 125, 250, 400 Вт, ДРИ – 100, 150, 250, 400, 700, 1000, 2000 і 3500 Вт, ДНаГ – 70, 100, 150, 250, 400, 700, 1000, прожекторні лампи розжарювання галогенні -1000, 1500 і 2000 Вт, ксенонові лампи - 10, 20 і 50 кВт.

Приклади загального вигляду прожекторів з лампами розжарювання і газорозрядними лампами високого тиску показано на рис. 10 (додаток 3)

В табл. 5 (додаток 2) - представлено номенклатуру і характеристики деяких прожекторів корпорації «Ватра».

1.5.3 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 (стін, 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 умовах 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 усувати 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 направленою 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.

1.5.4 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.

Місцеве 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 захарашує 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 50 людей;

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 сходах сходов, а в зовнішніх установках 0,2 лк;

- світильники аварійного освітлення повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення.

1.5.5 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_{λ} , 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.

Газорозрядною лампою називають джерело, в якому оптичне випромінювання виникає в результаті електричного розряду в газах, парах металів або їхніх сумішах. В залежності від робочого тиску газового середовища в колбі всі типи ламп поділяються на: *низького* тиску (приблизно від 0,1 до 10^4 Па); *високого* (від $3 \cdot 10^4$ до 10^6 Па) і *зверхнадвисокого* тиску (більше 10^6 Па).

Люмінесцентні лампи *низького* тиску розрізняють по формі і розмірам колби, потужності і спектральному складу або кольору випромінювання.

Із газорозрядних ламп *високого* тиску, які використовуються в якості джерел видимого випромінювання, необхідно відзначити лампи типів ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ.

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.

1.5.6 Вибір типу світильників

Вибір типу світильників визначається характером навколишнього середовища, вимогами до світлорозподілу та обмеження сліпучої дії, економічної вигідності і урахуванням їх експлуатаційної групи.

Перш ніж приступити до вибору світильників, необхідно мати чітке уявлення про категорію приміщення, в якому передбачається їх експлуатувати. Сільськогосподарські приміщення можуть бути віднесені до сухих, вологих, сирих, особливо сирих, жарких, пильних, з хімічно активним середовищем, пожежо небезпечних класів П-I, П-II, П-Іа, П-ІІІ і

вибухонебезпечних приміщень класів ВІ, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-Іа.
(табл. 1.5.8)

Щодо можливості ураження людей електричним струмом приміщення поділяються на: без підвищеної небезпеки, з підвищеною небезпекою і особливо небезпечні. Примірний поділ деяких сільськогосподарських приміщень за категоріями в залежності від умов навколишнього середовища наведено в табл. 1.5.8.

Таблиця 1.5.8 – Категорії сільськогосподарських приміщень по умовам навколишнього середовища

Категорія приміщення	Характеристика навколишнього середовища	Приблизний перелік приміщень
1	2	3
Сухі	Відносна вологість - не більше 60%. Конденсація парів вологи практично неможлива	Інкубаторії, котельні, опалювальні склади, негорючих матеріалів, електрощитові, теплові вузли, вентиляційні камери, контори, приміщення для обслуговуючого персоналу ферм, підсобні приміщення і т.п.
Пильні	За технологічними умовами виробництва виділяється пил в такій кількості, що пил може осідати на проводах, проникати всередину машин, апаратів і т. п.	Цехи по подрібненню і приготуванню сухих концентрованих кормів, склади сипучих негорючих матеріалів, пункти післязбиральної обробки зерна і технічних культур
Вологі	Відносна вологість - більше 60 %, але не перевищує 75 %. Пари або конденсуюча волога виділяються лише тимчасово і в невеликій кількості	Неопалювальні склади негорючих матеріалів, сходові клітки, приміщення для холодильного обладнання, приміщення для ремонту обладнання
Сирі	Відносна вологість - більше 75 %. Є пари вологи, які можуть конденсуватися при невеликих зниженнях температури	Приміщення для теплогенераторів, цехи з переробки продуктів тваринництва, цехи з переробки плодів і овочів, лабораторії для аналізу молока, приміщення для штучного осіменіння тварин, приміщення для ветеринарного огляду і санобробки корів, пологові відділення і ветпункти, вакуумні насосні, кормо-гноє-проходи. При наявності установок мікроклімату: приміщення для утримання великої рогатої худоби, свиней, і птиці та інших тварин

Продовження таблиці 1.5.8

1	2	3
Особливо сири	Відносна вологість близька до 100 %; стеля, стіни, підлога і предмети, що знаходяться в приміщенні, покриті вологою	Кормоприготувальні цехи для вологих кормів, овочесховища, фруктосховища, парники, теплиці, мийні відділення цехів з переробки плодів і овочів, доїльні зали, молочні блоки, мийні відділення тваринницьких ферм і майстерні, силосні і сінажні вежі, зовнішні установки під навісом, в сараях і підсобних неопалювальних приміщеннях з температурою, вологістю і складом повітря, практично яке не відрізняється від зовнішніх умов
Особливо сири з хімічно активним середовищем	Відносна вологість близька до 100 %. Постійно або тривалий час у приміщенні містяться пари аміаку, сірководню або інших газів небухонебезпечної концентрації або ж утворюються відкладення, що діють роз'їдаючи ізоляцію і струмоведучі частини електрообладнання	Приміщення для утримання великої рогатої худоби, свиней, птахів та інших тварин за відсутності в них установок по створенню мікроклімату. Склади мінеральних добрив, приміщення для протруювання насіння
Пожежо-небезпечні класу П-I	Застосовуються або зберігаються горючі рідини з температурою спалаху парів вище 61° С	Склади мінеральних масел, установки по регенерації мінеральних масел
Пожежо-небезпечні класу П-II	Виділяється горючий пил або волокна, які переходять у завислий стан. Виникаюча при цьому небезпека обмежена пожежею (але не вибухом) або в силу фізичних властивостей пилу або волокон, або в силу того, що утримання їх у повітрі за умовами експлуатації не досягає вибухонебезпечних концентрацій	Деревообробні цехи, мало запилені приміщення млинів, елеваторів, зерносховищ
Пожежо-небезпечні класу П-III	Містяться тверді або волокнисті горючі речовини, причому ознаки, перераховані для приміщень П-II, відсутні	Виробничі і складські приміщення і зони, які мають тверді або волокнисті горючі речовини

Продовження таблиці 1.5.8

1	2	3
Пожежо-небезпечні класу П-III	Застосовуються або зберігаються горючі рідини з температурою спалаху парів вище 45 °С, а також тверді речовини	Склади відкриті або під навісом для мінеральних масел, вугілля, торфу, дерева і т. п.
Вибухо-небезпечні класу В-Ia	При нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих парів або газів з повітрям або іншими окислювачами не мають місця, а можливі тільки в результаті аварій або несправностей	Сховища легкозаймистих і горючих рідин, акумуляторні
Вибухо-небезпечні класу В-Ia	За умовами технології можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші горючого пилу або волокон з повітрям	Комбикормові заводи, млини, склади сипучих горючих матеріалів

При виборі необхідно, щоб ступінь захисту світильників відповідав характеру навколишнього середовища в приміщенні. У табл. 1.5.9 для різних категорій приміщень і зовнішніх освітлювальних установок приведені рекомендації по мінімально допустимій ступені захисту і висновки про доцільність використання світильників.

На додаток до табл. 1.5.9 відзначимо, що для сирих, особливо сирих приміщень та приміщень з хімічно активним середовищем бажаними є світильники з корпусами і відбивачами з вологостійкої пластмаси, порцеляни, вкриті силікатною емаллю. У жарких приміщеннях або зонах рекомендується застосовувати амальгамові люмінесцентні лампи. У пильних приміщеннях застосовуються в світильниках лампи з внутрішнім відбиваючим шаром і не використовуються світильники з екрануючими решітками, сітками і подібними до них елементами, що сприяють запиленню.

Умовні позначення висновку про доцільність використання світильників:

«+» - рекомендується; «×» - допускається; «-» - заборонено; (-) – застосування можливе, але недоцільне.

Типи джерел світла: ЛЛ – люмінесцентна лампа низького тиску; ЛР – лампа розжарювання; ГЛВТ – газорозрядна лампа високого тиску.

Позначення, прийняті в таблиці:

¹ - допускається при наявності фарфорового патрона і відсутності крапель води, що падають на світильник;

² - при наявності бризок води (розчинів), що падають під кутом

більше 60° до вертикалі, установка світильників з ГЛВТ і ЛР зі ступенями захисту IP 23, 5'0 і 5'3 забороняється;

³ - в умовах частих затікань водою (розчинами) рекомендуються світильники з боковим введенням проводів;

⁴ - при наявності бризок води (розчинів), що падають під кутом більше 15° до вертикалі, світильники зі ступенем захисту IP51 (з нетерmostійким склом) допускаються за умови встановлення в них ламп меншої потужності, ніж номінальні для даного світильника;

⁵ - при обмеженій кількості пилу в зоні установки рекомендуються світильники зі ступенем захисту IP20, IP23;

⁶ - світильники зі ступенем захисту 5'X кращі світильників зі ступенем захисту IP5X для випадків: малої кількості світлого пилу, розташування світильників в місцях, незручних для обслуговування, жарких приміщень. При гідро видаленні пилу степінь захисту повинна бути не нижче IP55 або 5'5;

⁷ - рекомендується установка в світильник зі ступенем захисту IP5X, IP6X, 2'X ламп меншої потужності, ніж номінальна для даного світильника;

⁸ - лише за умови виконання деталей світильника (контактів, патронів, цоколів ламп) з матеріалів, не схильних до впливу даного хімічно активного середовища.

Таблиця 1.5.9 – Мінімально допустимі ступені захисту світильників в не пожежо- і не вибухонебезпечних приміщеннях з різними умовами середовища та зовнішніх установках

Ступінь захисту світильника за ГОСТ 17677-82	Тип джерела світла	Характеристика приміщень							
		з нормальним середовищем	вологі	сирі	особливо сирі	з хімічно активним середовищем	жаркі	пилінні	Зовнішні установки
	ЛЛ	+	×	-	-	-	+	× ⁵	-
IP20	ГЛВТ, ЛР	+	×	×	-	-	+	× ⁵	-
IP23	ЛЛ, ГЛВТ, ЛР	(-)	+	× ²	× ²	× ^{2,8}	×	× ⁵	+
	ЛЛ	+	×	(-)	-	-	×	-	-
2'0	ГЛВТ, ЛР	+	×	(-)	-	-	× ⁷	-	-
5'0	ГЛВТ, ЛР	(-)	(-)	× ¹	-	×	+	+ ⁶	- ⁹
5'3	ГЛВТ, ЛР	(-)	(-)	× ²	× ²	× ²	×	+ ⁶	×
5'4	ЛЛ	(-)	(-)	+	+	+	+	+	×

Продовження таблиці 1.5.9

IP51	ЛР	(-)	(-)	+ ⁴	+ ⁴	+ ⁴	× ⁷	+	× ^{7,9}
IP53	ГЛВТ, ЛР	(-)	(-)	+ ²	+ ²	+ ²	× ⁷	+	× ⁹
	ЛЛ	(-)	(-)	+	+	+	×	+	+
IP54	ГЛВТ	(-)	(-)	+	+	+	×	+	+
	ЛР	(-)	(-)	+	+	+ ³	× ⁷	+	+

Ступінь вибухової небезпеки і пожежної небезпеки ДНАОПО.00-1.32-01 середовища в приміщенні регламентується двома нормативними документами: «Правила будови електроустановок» розділ 4 «Електроустановки у вибухонебезпечних зонах», розділ 5 «Електроустановки в пожежонебезпечних зонах» і СНіП (Будівельні норми і правила) II-90-81 (правила) I-90-81 «Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування».

«Правилами будови електроустановок» встановлено шість класів вибухонебезпечних зон, відповідно до яких виконується вибір і розміщення електроустановок, в залежності від частоти і тривалості присутнього вибухонебезпечного середовища.

Газо-паро-повітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пило-повітряні - вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

1) Вибухонебезпечна зона класу 0 - простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу.

2) Вибухонебезпечна зона класу 1 - простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи, якщо установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів.

3) Вибухонебезпечна зона класу 2 - простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів.

4) Вибухонебезпечна зона класу 20 - простір, в якому при нормальній експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям. Зазвичай це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

5) Вибухонебезпечна зона класу 21 - простір, в якому при нормальній експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної

концентрації.

б) Вибухонебезпечна зона класу 22 - простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто і існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати і утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії.

Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту світильників в залежності від класу вибухонебезпечної зони наведений у табл. 1.5.10.

Таблиця 1.5.10 – Допустимий рівень вибухозахисту і ступінь захисту світильників в залежності від класу вибухонебезпечної зони

«Правила будови електроустановок» ДНАОП 0.00-1.32-01		«Правила будови електроустановок» ПБЕ вип. 6	
Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту	Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту
0	Особливо вибухонебезпечне електрообладнання	В-1	Особливо вибухонебезпечних
1	Вибухонебезпечне електрообладнання	В-1	Вибухонебезпечне
2	Підвищеної надійності проти вибуху з видом захисту «П»	В-1а; В-1г; В-1б	Підвищеної надійності проти вибуху. Без засобів вибухозахисту. Рівень захисту IP53
20	Особливо вибухобезпечне і вибухонебезпечне електрообладнання	В-П	Вибухонебезпечні (при дотриманні вимог п. 7.3.63 ПУЕ)
21	Електрообладнання підвищеної надійності проти вибуху	В-Па	Підвищеної надійності проти вибуху (при дотриманні вимог п.7.3.63 ПУЕ)
22	Без засобів вибухозахисту (за умови дотримання вимог п. .6.9) оболонки зі ступенем захисту IP54	В-Па	Без засобів вибухозахисту (при дотриманні вимог п.7.3.63). Ступінь захисту IP53

Класифікацією ПУЕ «Правила улаштування електроустановок» (видавництво 6) встановлено п'ять класів приміщень, які визначають вибір

електрообладнання, світильників і електропроводок у вибухонебезпечних приміщеннях:

1) приміщення класу В-I, в яких горючі гази або пар ЛЗР (легко займисті рідини), які виділяються, можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних нетривалих режимах роботи (наприклад, при завантаженні або розвантаженні технологічних апаратів, збереження або переливанні ЛЗР, що знаходяться в відкритих посудинах, і т.д.);

2) приміщення класу В-Ia, в яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші з повітрям горючих газів або парів ЛЗР не мають місця, а можливі лише в результаті аварій або несправностей;

3) приміщення класу В-Iб, ті ж приміщення, що і класу В-Ia, але відрізняються однією з таких особливостей: горючі гази і цих приміщеннях мають високу нижню межу вибуховості (15 % і більше) і різкий запах при гранично допустимих по санітарним нормам концентраціях; виникнення аварійних випадків у приміщеннях загальних вибухонебезпечних концентрацій по умовам технологічного процесу виключено, а можливі лише місцеві вибухонебезпечні концентрації легко займистих рідин чи горючих газів, що з'являються в приміщеннях в невеликих кількостях, недостатніх для створення в них вибухонебезпечних концентрацій, і робота з ними проводиться без використання відкритого вогню;

4) приміщення класу В-II, у яких виділяється горючий пил і волокна, які переходять в завислий стан і здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші при нормальних нетривалих режимах роботи (наприклад, при завантаженні і розвантаженні технологічних апаратів).

Допустимий рівень вибухозахисту або ступеню захисту оболонки електричних світильників в залежності від класу вибухонебезпечної зони наведено в табл. 1.5.11.

Клас пожежонебезпечних зон згідно класифікації та їх меж визначається технологіями разом з електриками проектної або експлуатуючої організації.

Таблиця 1.5.11 – Допустимий рівень вибухозахисту або ступінь захисту оболонки електричних світильників в залежності від класу вибухонебезпечної зони

Клас вибухонебезпечної зони	Рівень вибухозахисту і ступінь захисту оболонки світильника
Стационарні	
В-I	Вибухонебезпечний

Продовження таблиці 1.5.11

B-Ia; B-Ig	Підвищеної надійності проти вибуху
B-Iб	Без засобів вибухозахисту. Оболонка зі ступенем захисту IP5X **
B-II	Підвищеної надійності проти вибуху*. Світильники, спеціально призначені для вибухонебезпечних зон із сумішами горючих пилу або волокон з повітрям *
B-IIa	Без засобів вибухозахисту *. Оболонка зі ступенем захисту IP5X **
Переносні	
B-I; B-Ia	Вибухонебезпечний
B-Iб; B-Iг	Підвищеної надійності проти вибуху
B-II	Вибухонебезпечний*. Світильники, спеціально призначені для вибухонебезпечних зон із сумішами горючих пилу або волокон з повітрям *.
B-IIa	Підвищеної надійності проти вибуху *. Світильники, спеціально призначені для вибухонебезпечних зон із сумішами горючих пилу або волокон з повітрям

* Температура поверхні світильників, на які можуть осісти горючі пил або волокна, повинна бути не менш ніж на 50° С нижче температури тління (для тліючого пилу) або не більше 2/3 температури самозаймання (для не тліючого пилу).

** Ступінь захисту світильників від проникнення води X визначається в залежності від умов середовища, в якому світильники встановлюються.

Пожежонебезпечна зона - простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, що потрібні спеціальні заходи захисту конструкції електрообладнання під час його експлуатації.

Клас пожежонебезпечних зон характерних виробництв повинен відображатися в нормах технологічного проектування або в галузевих переліках виробництв з пожежовибухонебезпеки.

1. Пожежонебезпечна зона класу П-I - простір, в якому знаходиться горюча рідина, що має температуру займання більш +61 °С.

2. Пожежонебезпечна зона класу П-II - простір у приміщенні, в якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

3. Пожежонебезпечна зона класу П-IIa - простір у приміщенні, в якому знаходяться тверді горючі речовини і матеріали.

4. Пожежонебезпечна зона класу П-III - простір поза приміщенням, в якому знаходиться горюча рідина з температурою займання більш +61

°C або тверді горючі речовини.

Клас середовища за межами вказаної 5-метрової зони необхідно визначати в залежності від технологічних процесів, що застосовуються в цьому середовищі.

Зони в приміщеннях і за їх межами, в яких тверді і газоподібні горючі речовини спалюються як паливо або утилізуються шляхом спалювання, не належать у частині їх електрообладнання до пожежонебезпечних зон.

Допустимі ступені захисту світильників для пожежонебезпечних приміщень і зон наведено в табл. 1.5.12.

Таблиця 1.5.12 - Допустимі ступені захисту світильників для пожежонебезпечних приміщень

Джерело світла	Степінь захисту світильника для пожежонебезпечної зони			
	П-I і П-II	П-IIа, а також П-II при наявності загальнообмінної вентиляції і місцевих нижніх відсмоктувань відходів	П-IIа в складських приміщеннях з цінними матеріалами, горючими або в горючій упаковці	П-III
Стационарні світильники				
ЛР	IP5X	2°X ¹	2°X	2°3
ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	IP5X	IP2X ²	IP2X ²	IP23 ²
ЛЛ	5°X	IP2X ³	IP2X ^{3,4}	IP22 ³
Переносні світильники				
Всі види ламп	IP54	IP54	IP54	IP54

Вимоги до характеру світлорозподілу при виборі світильників враховуються наступним чином: для виробничих приміщень зазвичай беруть світильники прямого або переважно прямого світлорозподілу з типовими кривими світла К, Г або Д; для адміністративних, громадських та житлових приміщень - світильники розсіяного, переважно відображеного або відбитого світлорозподілу з типами кривими світла М, Л або Ш.

Якщо необхідно створити необхідний рівень освітленості в горизонтальній площині, то найбільш доцільно застосовувати світильники прямого світла класу П, а в приміщеннях зі світлими стінами і стелею переважно прямого світла класу Н. Чим вище приміщення і більше

нормована освітленість, тим більш концентрованими кривими сили світла повинні володіти світильники (К або Г). В міру зменшення висоти приміщення найбільш вигідні світильники з типовою кривою сили світла Г, Д і т. д. Для освітлення у вертикальній або похилій площині доцільні світильники розсіяного світла класу Р з напівширокою кривою типу Л або рівномірною типу М. При освітленні довільно орієнтовних похилих і вертикальних площин слід пам'ятати, що відношення вертикальної освітленості до горизонтальної мінімально для світильників з типовою кривою сили світла К і збільшується для М і Л.

Світильники прямого світла класу П і переважно прямого світла класу Н характеризуються більш високими значеннями ККД і вимагають встановлення в них джерел меншої потужності для створення однакового рівня освітленості робочих поверхонь. При їх використанні краща видимість рельєфних деталей невеликих розмірів і легше відшукати дрібні дефекти (пори, тріщини, злами та ін.), проте одночасно можливе затінення робочих поверхонь, особливо від поруч стоячих громіздких предметів.

Якщо зіставити значення коефіцієнтів використання світлового потоку для різних світильників одного класу світлорозподілу (наприклад, прямого світла класу П), то світильники з типовими кривими сили світла в міру спадання коефіцієнта використання світлового потоку, розташовуються таким чином: К-Г-Д-Л-М-Ш-С. Різниця особливо помітна для високих приміщень, тому для високих приміщень з точки зору мінімальної встановленої потужності джерел вибираються світильники з типовими кривими сили світла Г, Д і в окремих випадках К. З іншої сторони, застосування світильників з типовими кривими світла Г, Д і К призводять до зменшення відстані між ними і як наслідок до здороження.

Економічну доцільність прийнятого рішення слід враховувати не тільки при виборі світильників, а й на будь-якій стадії проектування освітлювальної установки шляхом повного зіставлення техніко-економічних показників порівнюваних рівноцінних за світлотехнічним ефектом варіантів за критерієм мінімуму приведених витрат. Основними складовими наведених витрат є: вартість електроенергії, що залежить від встановленої потужності джерел; капітальні вкладення, що включають вартість світильників, їх монтажу і одного комплекту ламп; витрати на обслуговування освітлювальної установки. Постільки вартість електроенергії зазвичай переважає в загальній сумі приведених витрат, то в практиці проектування на стадії вибору найчастіше обмежуються тільки зіставленням встановленої потужності освітлювальних установок і капітальних витрат на придбання світильників. При цьому не слід робити

передусім тимчасових висновків про більш-менш економічні світильники взагалі, варто говорити тільки про переваги для даних конкретних умов.

Від правильного вибору світильника залежать економічність, працездатність, безпека і надійність дії освітлювальної установки. Це творчий процес і вимагає від проектувальника особливих навичок, певних знань і досвіду.

1.5.7 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 $E_n \geq 50$ лк рекомендуються люмінесцентні лампи. При низьких рівнях освітленості ($E_n < 50$ 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. В табл.1 (додаток 1) представлено норми освітленості для деяких сільськогосподарських приміщень.

1.5.8 Вибір коефіцієнта 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 1.5.13 та 1.5.14. У більшості випадків, для сільськогосподарських приміщень, галузевими нормами рекомендуються коефіцієнти запасу: для ламп розжарювання – 1,15; для люмінесцентних – 1,3.

Таблиця 1.5.13 – 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 (деревобробні, 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 1.5.14 – Значення коефіцієнтів запасу для світильників сільськогосподарських приміщень

Приміщення, технологічні процеси	Коефіцієнт запасу	
	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	1,5	1,3
однорусні	1,5	1,3
багаторусні	1,5	1,3

1.5.9 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 найвигодніше за наступними умовами:

- забезпечення нормованої освітленості на робочому місці;
- забезпечення необхідної якості освітлення;
- забезпечення мінімальної встановленої потужності при виконанні пунктів 1 і 2.

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 найвигоднішої 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 найвигоднішої відстані між світильниками), значення яких залежить від типу кривої сили світла світильника (табл. 1.5.15).

Таблиця 1.5.15 – 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. 1.5.10). При рівномірному освітленні відстань між світильниками в ряду L_A і між рядами світильників L_B визначають за

формулою:

$$L_{A,B} \approx (\lambda_c - \lambda_e) H_p, \quad (1.5.3)$$

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:

$$H_p = H - h_n - h_{p.n.}, \quad (1.5.4)$$

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 $L_A : L_B \leq 1,5$ (рис. 1.5.10) відстань від стіни до найближчого ряду світильників l_B або до найближчого світильника в ряду l_A приймають в межах (0,3 ... 0,5) $L_{A,B}$: за наявності робочих поверхонь біля стін - $l_{A,B} \approx 0,3 L_{A,B}$, а за відсутності - $l_{A,B} \approx 0,5 L_{A,B}$.

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

- число рядів світильників

$$N_B = \frac{B - 2l'_{A,B}}{L'_{A,B}} + 1; \quad (1.5.5)$$

- число світильників в одному ряді

$$N_A = \frac{A - 2l'_{A,B}}{L'_{A,B}} + 1; \quad (1.5.6)$$

- загальна їх кількість в приміщенні

$$N_\Sigma = N_A \cdot N_B. \quad (1.5.7)$$

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 :

$$L_A = \frac{A}{N_A - a}, \quad (1.5.8)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}, \quad (1.5.9)$$

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_c 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 якимось загальними правилами, а слід вирішувати цю 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.

На рис. 1.5.10 показані варіанти розміщення світильників.

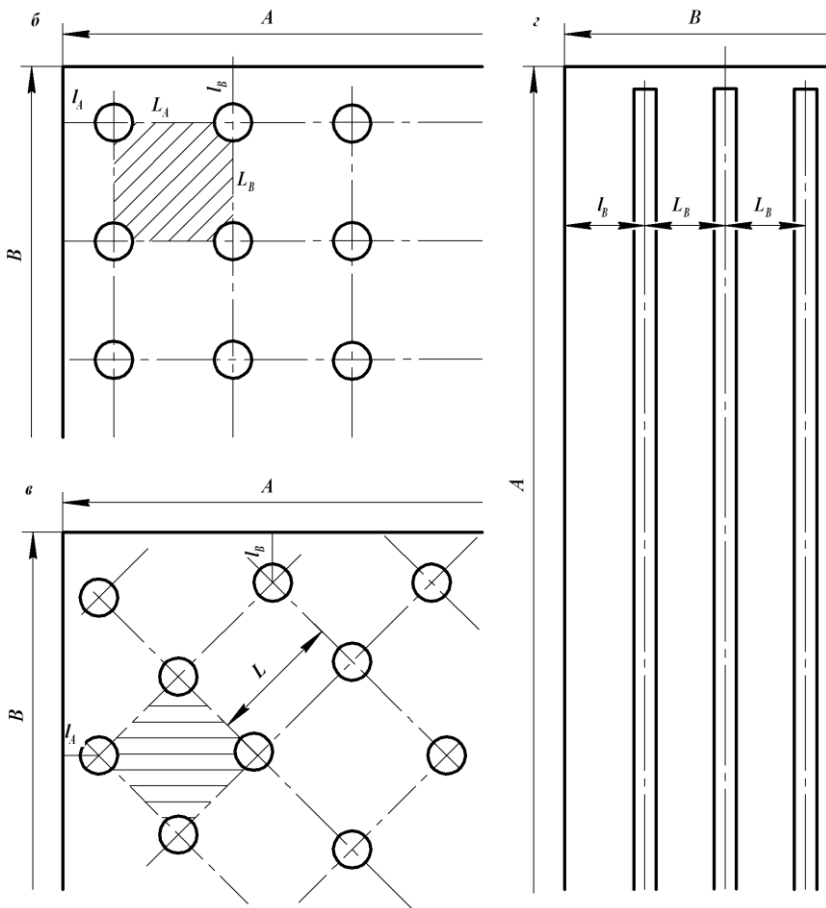


Рисунок 1.5.10 - Варіанти розміщення світильників: б) по кутам прямокутника; в) по вершинам ромба; г) в лінію (для світильників з ЛЛ))

1.5.10 Методи розрахунку освітлення

Заключним етапом розробки світлотехнічної частини проекту є розрахунок потужності освітлювальної установки взагалі та кожного освітлювального пристрою окремо, який забезпечує регламентовану діючими правилами мінімальну освітленість.

Іноді виникає необхідність у перевірконому розрахунку – визначення освітленості на робочих поверхнях при відомій установленій потужності джерела світла.

Рішення цієї задачі залежить від групи світлового елементу (*точковий, лінійний та поверхні, які мають кінцеві розміри*) системи освітлення та розміщення освітлювальних пристроїв і може бути здійснено одним із відомих методів, які в значній мірі уніфіковані та забезпечені великим об'ємом довідкових матеріалів. Для розрахунку загального електричного освітлення приміщень найбільш розповсюджені наступні методи:

- *коефіцієнта використання світлового потоку;*
- *питомої потужності;*
- *точковий, який в залежності від виду випромінювачів* підрозділяється на методи:

а) *просторових ізолюкс* для ламп розжарювання, ДРЛ, ДРИ, ДнаТ;

б) *лінійних ізолюкс* для люмінесцентних ламп (газорозрядних низького тиску).

При виборі того чи іншого методу світлотехнічного розрахунку необхідно користуватися наступними рекомендаціями:

- метод ***коефіцієнта використання*** світлового потоку застосовується при розрахунку *загального рівномірного* освітлення, додатково – побутових та адміністративних приміщень, виробничих приміщень світильниками, які не відносяться до класу прямого світла (Н, Р, В, О);

- метод коефіцієнта використання світлового потоку не можна застосовувати при розрахунку *локалізованого* освітлення, освітлення *похилих площин, місцевого* освітлення;

- метод питомої потужності є приблизним, рекомендовано використовувати тільки для розрахунку *загального рівномірного* освітлення приміщень, у яких відсутні значні затемнення робочих поверхонь та до освітлення яких не пред'являють особистих вимог (комори, коридори, складські, допоміжні та інші подібного роду приміщення);

- ***точкові*** методи використовуються при розрахунках *загального рівномірного, локалізованого, місцевого, зовнішнього освітлення та освітлення вертикальних і похилих площин;*

- точкові методи є самими точними, але трудомісткими, тому їх необхідно використовувати для відповідальних розрахунків і у тих випадках, коли інші методи застосувати не можливо;

- точковий метод розрахунку (метод лінійних ізолюкс) щодо освітлювальних установок з лінійними випромінювачами (люмінесцентними лампами), можна застосовувати у разі, якщо ряд цих світильників можна прийняти за безперервну світлову смугу.

1.5.10.1 Метод коефіцієнта використання світлового потоку

Цей метод враховує світловий потік не тільки від світильника, але і потік, який відбивається від стелі, стін, підлоги. Основним розрахунковим рівнянням цього методу, яке вирішене відносно світлового потоку ламп, може бути записано у вигляді:

$$\Phi_{lp} = \frac{E_n \cdot k_3 \cdot S \cdot Z}{N_\Sigma \cdot \eta}, \quad (1.5.10)$$

де E_n - нормована освітленість, лк;

k_3 - коефіцієнт запасу, в.о.;

S - площа приміщення, m^2 ;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, в.о.;

N_Σ - кількість світильників у приміщенні, шт.;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, в.о.

Значення коефіцієнта використання світлового потоку обирається в залежності від індексу приміщення i та відбиваючих властивостей, тобто коефіцієнтів відбиття (табл. 1.5.16) стелі ρ_{cm} , стін ρ_c та підлоги ρ_n приміщення $\eta = f(i, \rho_c, \rho_n, \rho_{cm})$.

Індекс приміщення i визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (1.5.11)$$

де A, B - відповідно довжина та ширина приміщення, м;

H_p - розрахункова висота, м.

Розрахункова висота H_p - це відстань між світловим центром джерела і робочою поверхнею (рис. 1.5.11); h_3 - висота підвісу світильника; $h_{p.n.}$ - висота робочої поверхні;

Висота звісу h_3 - відстань між точкою закріплення світильника до перекриття і світловим центром світильника. Значення найменшої висоти підвісу для деяких типів світильників наведено табл. 1.5.17 і 1.5.18.

Таблиця 1.5.16 – Приблизні значення коефіцієнта відбиття стін та стелі

Характер відбиваючої поверхні	Коефіцієнт відбиття, %
Побілена стеля і стіни з вікнами, які закриті шторами	70
Побілені стіни при незавішених вікнах; чиста бетонна, або дерев'яна стеля	50
Бетонна стеля в брудних приміщеннях; дерев'яна стеля; бетонні стіни з вікнами; стіни заклеєні світлими шпалерами	30
Стіни й стеля приміщення з великою кількістю пилу; червона цегла не штукатурена; стіни з темними шпалерами	10

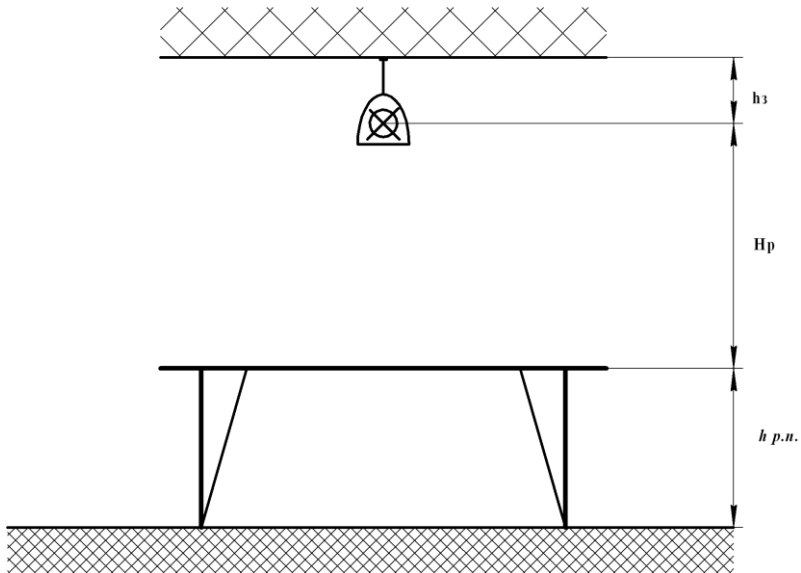


Рисунок 1.5.11 – До визначення розрахункової висоти

Висота робочої поверхні $h_{p.n.}$ - це відстань між підлогою і робочою поверхнею. Вона нормується в залежності від виробничих приміщень і наведена сумісно з нормами освітленості у галузевих нормах.

Значення коефіцієнта нерівномірності **Z**, який залежить від джерела світла, світлорозподілу і розміщення світильників, приймається рівним: для світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ **Z= 1,15**; с люмінесцентними лампами **Z= 1,1**; для усіх світильників відбитого світла **Z= 1,1**.

Таблиця 1.5.17 – Рекомендована висота підвісу для світильників з лампами розжарювання

Світильники	Найменша висота підвісу над підлогою, при лампах		
	в матовій колбі до 150 Вт	в прозорій колбі	
		до 200 Вт	більше 200 Вт
НСП21 ВЕх-200-111	2,5	3	4
НСП18 ВЕх-100-711	Не обмежується		3
НСП-11-100(200)-214 НПП-01В-60-011	-	3	4
НСП-12У-100 НСП-12У-27(200)	2,5	3	4
НПБ-06В-40 Альфа-2 НПБ-06В-60 Альфа-24	-	2,5	3

Таблиця 1.5.18 - Для світильників з люмінесцентними лампами

Характеристика світильників і приклади відповідних типів	Захисний кут в поперечній і поздовжній площинах, град.	Найменша висота підвісу (м) при кількості ламп в світильнику або світловій полосі	
		4 і менше	Більше 4
Прямого світла з дифузійним відбивачем (ЛПП-06У-8, ЛПО-02В2×20 ВЕКТОР-22, ЛПО-02В2×40 ВЕКТОР-2, ПО-02В4×20 ВЕКТОР-21, ЛСО-04В2×40 ЮПТЕР-1)	15-20 25-40 Більше 40	4 3 Не обмежується	4,5 3,5 Не обмежується
Розсіяного світла з коефіцієнтом пропускання розсіювача: Менше 55 % Від 55 до 80 % (ЛСП-02У-1(2)×18 (36,58)-111, ЛСП-04У-1(2)×18 (36,58)-011, ЛСП-03ВЕх1(2)×65(80)-412(512))	-	2,6 3,5	3,2 4

За розрахунковим світловим потоком лампи $\Phi_{лр}$ обирається тип та потужність лампи з подальшою перевіркою на допустиме відхилення фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{лф}$ від розрахункового. Це

відхилення допустимо в межах від мінус **10** до плюс **20%**.

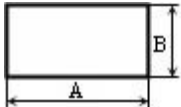
При відхиленні фактичного світлового потоку за межі допустимого обирається інше джерело світла або по розрахунковій формулі (1.5.4) визначають іншу кількість світильників та змінюють їх розміщення.

Наприкінці розрахунку визначають сумарну потужність світильників та питому потужність, $P_{пит}$, яку порівнюють з рекомендованою.

В табл. 2 (додаток 1) представлено коефіцієнти використання світлового потоку установок із світильниками з люмінесцентними лампами, лампами розжарювання і лампами ДРЛ.

Алгоритм світлотехнічного розрахунку даним методом наведено у табл. 1.5.19.

Таблиця 1.5.19 – Алгоритм розрахунку методом коефіцієнта використання світлового потоку

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.	 $A =$ $B =$ $H =$ $S =$
2. Визначити систему та вид освітлення.	Дивись рекомендації п.1.5.4
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.1.5.5
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.1.5.5
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .	Дивись рекомендації п.1.5.7
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .	Таблиця 1.5.13 – 1.5.14
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z .	$Z = 1,1 - 1,5$
8. Визначити значення висот: - підвісу h_n ; - робочої поверхні $h_{p.n.}$; - розрахункової H_p .	Дивись розділ 1.5.9. $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити найвигіднішу світлотехнічну λ_c та економічну λ_e відстань між світильниками в ряду.	$\lambda_c = \lambda_e =$ Вибирається по таблиці 1.5.15

Продовження таблиці 1.5.19

1	2
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 ряду світильників від стін l_A, l_B .	При наявності робочих місць у стін: $l_A = 0,3L_A; \quad l_B = 0,3L_B$. При відсутності робочих місць у стін: $l_A = 0,5L_A; \quad l_B = 0,5L_B$.
12. Визначити кількість рядів світильників 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 кількість світильників у приміщенні N_Σ .	$N_\Sigma = N_A \cdot N_B$
15. Розрахувати індекс приміщення i	$i = \frac{S}{H_p (A + B)}$
16. Вибрати значення коефіцієнтів відбиття світло-вого потоку від стелі ρ_{cm} , стін ρ_c , та підлоги ρ_n .	По таблиці 1.5.16 $\rho_{cm} = \rho_c = \rho_n =$
17. Визначити для обраного типу світильника, його класу світлорозподілу, кривій сили світла, індексу приміщення та коефіцієнтів відбиття коефіцієнт використання світлового потоку η .	По таблицям 2 (додаток 1) $\eta =$
18. Розрахувати світловий потік лампи $\Phi_{лр}$.	$\Phi_{лр} = \frac{E_n \cdot k_z \cdot S \cdot Z}{N_\Sigma \cdot \eta}$
19. Вибрати тип лампи з світловим потоком найближчим до розрахункового $\Phi_{лр}$.	По таблиці 1.4.3 $\Phi_{лр} =$
20. Порівняти світлові потоки лампи розрахунковий $\Phi_{лр}$ та фактичний $\Phi_{лф}$ і перевірити виконання умови.	$-0,1\Phi_{лр} \leq \Phi_{лф} \leq 0,2\Phi_{лр}$

Продовження таблиці 1.5.19

1	2
21. Якщо умови п.20 не виконується:	Обрати інше значення λ_c і λ_e , або змінити висоту підвісу світильника та здійснити розрахунки по пунктам 9-13 и 18-20
22. Якщо умова п.20 виконується.	Перейти з п.20 до виконання пунктів 23-24
23. Розрахувати сумарну потужність світильників (установлену потужність) $P_{уст.}$	$P_{уст.} = P_l \cdot N_{\Sigma},$ де P_l - потужність вибраної лампи, Вт
24. Визначити питому потужність $P_{p.num.}$	$P_{p.num.} = \frac{P_{уст.}}{S}$

1.5.10.2 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. На основі даних результатів складено довідкові таблиці, які приведені в додатку 1 (табл. 3). При наявності даних про: тип світильника, нормовану освітленість E_n , значення розрахункової висоти H_p , коефіцієнт запасу k_z , коефіцієнти відбиття поверхонь (ρ_c , ρ_n , ρ_{cm}) та площі приміщення S , по вище згаданим таблицям, визначають необхідну питому потужність джерела світла P_{num} , яка буде забезпечувати необхідні умови освітлення. Після вирішення питання з розташуванням світильників та їх кількістю N , визначають потужність джерела світла P_l по формулі:

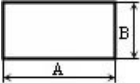
$$P_l = \frac{P_{num} S}{N}. \quad (1.5.12)$$

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 наведеному таблиці 1.5.20.

Для малих приміщень, в яких передбачено встановлення тільки одного світильника з лампою розжарювання, потужність лампи визначають по таблиці 1.5.21.

Таблиця 1.5.20 – Алгоритм розрахунку методом питомої потужності

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.	 $A=$ $H=$ $B=$ $S=$
2. Визначити систему та вид освітлення.	Дивись рекомендації п.1.5.4
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.1.5.5
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.1.5.5
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .	Дивись рекомендації п.1.5.7
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .	Таблиця 1.5.13 – 1.5.14
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z .	$Z=1,1 - 1,5$
8. Визначити значення висот: - підвісу h_n ; - робочої поверхні $h_{p.n.}$; - розрахункової H_p .	<p>Дивись розділ 1.5.9</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.	$\lambda_c = \lambda_e =$ Вибирається по таблиці 1.5.15
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 ряду світильників 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: $l_A = 0,5L_A$; $l_B = 0,5L_B$.

Продовження таблиці 1.5.20

1	2
12. Визначити кількість рядів світильників 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 кількість світильників у приміщенні N_Σ .	$N_\Sigma = N_A \cdot N_B$
15. Для вибраного світильника знаходимо питому потужність $P_{\text{пит.}}$	$P_{\text{пит.}} =$ По таблиці 3 (додаток 1)
16. Визначаємо розрахункову електричну потужність всієї освітлювальної установки $P_{\text{вст.}}$	$P_{\text{вст.}} = P_{\text{пит.}} \cdot S$
17. Визначаємо потужність однієї лампи $P_{\text{л}}$	$P_{\text{л}} = \frac{P_{\text{вст.}}}{N_\Sigma}$
18. Вибрати тип лампи близькою за потужністю.	По таблиці 1.4.3 $P_{\text{л}} =$
19. Розрахувати відхилення ΔP потужності вибраної стандартної лампи з розрахунковою потужністю лампи.	$\Delta P = \frac{(P_{\text{СТ}} - P_{\text{л}}) \cdot 100}{P_{\text{л}}}$
20. Порівняти потужність лампи розрахунковий $P_{\text{лр}}$ та $P_{\text{ст}}$ і перевірити виконання умови.	$-0,2P_{\text{лр}} \leq P_{\text{лс}} \leq 0,2P_{\text{лр}}$
21. Якщо умови п.20 не виконується:	Обрати інше значення λ_c і λ_e , або змінити висоту підвісу світильника та здійснити розрахунки по пунктам 9-13 і 18-20
22. Якщо умова п.20 виконується.	Перейти з п.20 до виконання пунктів 23-24
23. Розрахувати сумарну потужність всієї установки (установлену потужність) $P_{\text{вст.}}$	$P_{\text{вст.}} = P_{\text{л}} \cdot N_\Sigma,$ де $P_{\text{л}}$ - потужність вибраної лампи, Вт
24. Визначити питому потужність $P_{\text{р.пит.}}$	$P_{\text{р.пит.}} = \frac{P_{\text{вст.}}}{S}$

Таблиця 1.5.21 – 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

Примітка - Таблиця розрахована для приміщень, які мають $\rho_{\text{стелі}} = \rho_{\text{стіни}} = 50\%$ при $h = 2,5 - 3$ м.

1.5.10.3 Точковий метод лінійних ізольокс

Точковий метод розрахунку в застосуванні до освітлювальних установок з лінійними випромінювачами (люмінесцентними лампами) називають методом *лінійних ізольокс*.

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 **l_p** повинна бути *менше половини* розрахункової висоти **H_p**, тобто: **l_p < 0,5 H_p** (рисунок 1.5.12).

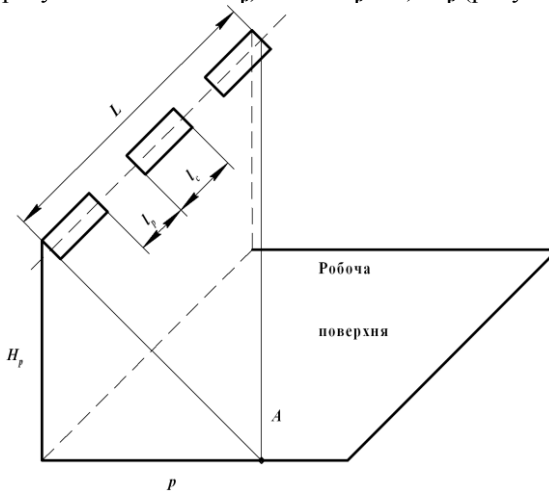
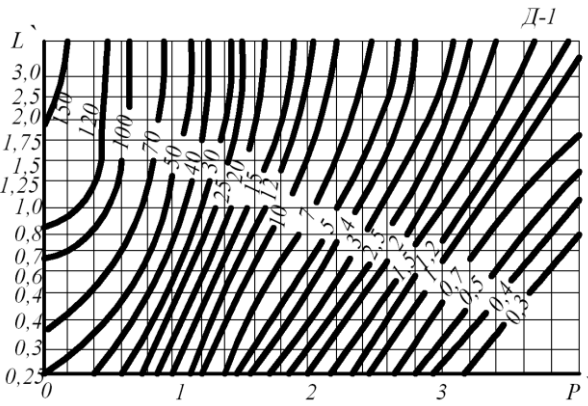
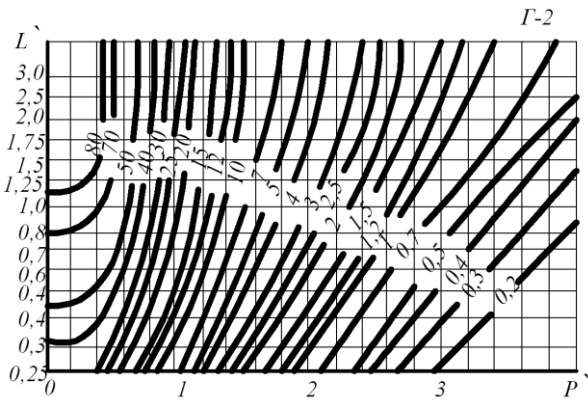
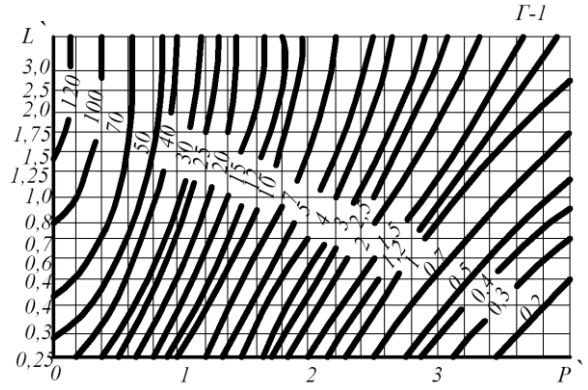


Рисунок 1.5.12 – До розрахунку освітленості, яка створюється у точці світловою лінією

Розрахунок освітленості проводять за допомогою графіків лінійних ізолюкс, які представлені на рис. 1.5.13.



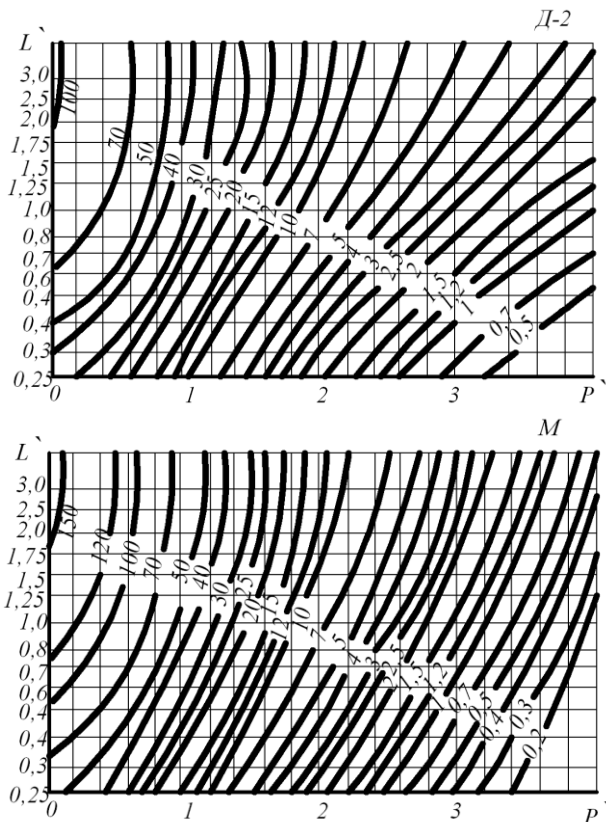


Рисунок 1.5.13 – Криві рівної освітленості для світлових ліній з найбільш розповсюдженими світильниками з люмінесцентними лампами і різними поздовжніми деталізованими кривими сили світла Г-1, Г-2, Д1, Д-2, М

Лінійні ізолюкси - це залежності відносної освітленості e^* від відносних значень L^* (відносна довжина світлової лінії $L^* = L/H_p$) та p^* (відносна відстань контрольної точки від проекції світлової лінії на робочу поверхню $p^* = p/H_p$), 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:

$$\Phi_{роз} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa_3 \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma_e}, \quad (1.5.13)$$

де $\Phi_{роз}$ – щільність світлового потоку, лм/м;

E_n – нормована освітленість, лк;

κ_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. 1.5.13).

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 $Nl_c = L$ (що трапляється дуже рідко), то світильники розташовуються у безперервний ряд; (N – кількість світильників в ряду; l_c – довжина світильника);

- якщо $Nl_c < L$, то світильники розташовують у ряд з невеликими розривами l_p , але при цьому повинна виконуватися умова $2(l_p < 0,5H_p)$;

- якщо $Nl_c > L$, то можливо наступні варіанти:

а) обрати лампу більшої одиничної потужності;

б) зближення рядів i , як наслідок, збільшення кількості світильників;

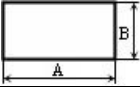
в) розміщення у кожному ряді світильників з більшою кількістю ламп;

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 наведено у таблиці 1.5.22.

Таблиця 1.5.22 – Алгоритм розрахунку точковим методом лінійних ізолюкс

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.	 <p>A= B= H= S=</p>
2. Визначити систему та вид освітлення.	Дивись рекомендації п.1.5.4
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.1.5.5
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.1.5.5
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .	Дивись рекомендації п.1.5.7
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .	Таблиця 1.5.13 – 1.5.14
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z.	$Z = 1,1$
8. Визначити значення висот: - підвісу h_{ze} ; - робочій поверхні $h_{p.n.}$; - розрахункової H_p .	<p>Дивись розділ 1.5.9</p> $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити най-вигіднішу світлотехнічну λ_c та економічну λ_e відстань між світильниками в ряду.	$\lambda_c = \lambda_e =$ <p>Вибирається по таблиці 1.5.15</p>
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 .	<p>При наявності робочих місць у стін: $l_B = 0,3L_B.$</p> <p>При відсутності робочих місць у стін: $l_B = 0,5L_B.$</p>
12. Визначити кількість рядів світильників N_B .	$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1$
13. Визначити довжину півряду L.	$L = \frac{\dot{A}}{2}$

Продовження таблиці 1.5.22

1	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 1.5.13
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 Φ_{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 Φ_{лр.} .	По таблиці 1.4.7 $\Phi_{лр.} =$
21. Визначити повний потік ламп в ряду Φ_{ряду.}	$\Phi_{ряду} = \Phi_{розр.} \cdot A$
22. Визначити світловий потік 1 світильника Φ_{св.} .	$\Phi_{св} = \Phi_{л.} \cdot n$
23. Визначити кількість світильників в ряду N_{р.} .	$N_{ряда} = \frac{\Phi_{ряду}}{\Phi_{св}}$
24. Визначити розриви між світильниками l_p в ряду.	$l_p = \frac{A - l_{св} \cdot N_{ряда}}{N_{ряда}}$
25. Перевірити умову неприривності ряду.	$l_p < 0,5H_p$
26. При виконанні умови п. 25 визначаємо вста-новлену 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. Якщо умови п.25 не виконується.	Уточнюємо розрахунок
29. Визначити із довідкової літератури питому потужність в залежності від типу світильника і площі приміщення P_{пит.}	$P_{пит.} = \text{по [1]}$

Продовження таблиці 1.5.22

1	2
30. Визначити встановлену потужність $P_{вст.}$	$P_{вст} = P_{пит} \cdot S$
31. Визначити кількість світильників в ряду N_p .	$N_p = \frac{P_{вст.}}{P_{св.} \cdot N_v}$
32. Приймаємо нову кількість світильників і визначаємо фактичні розриви між світильниками $l_{р факт.}$	$l_{р факт.} = \frac{A - l_{св} \cdot N_{ряда}}{N_{ряда}}$
33. При виконанні умови п.25 визначаємо встановлену потужність ламп $P_{вст.}$	$P_{вст} = P_{л} \cdot N$
34. Визначити питому потужність всієї установки $P_{пит.}$	$P_{пит} = \frac{P_{вст}}{S}$

1.5.10.4 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) (рисунк 1.5.14).

Основна розрахункова формула методу:

$$\Phi = \frac{1000 E_k}{\mu \Sigma e}, \quad (1.5.14)$$

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 .

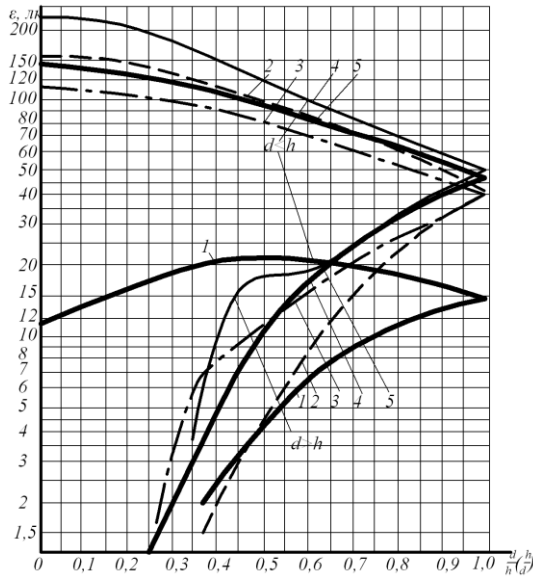


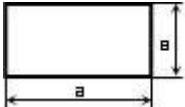
Рисунок 1.5.14 – Графіки просторових ізолюк для світильників:
1 – СВ і СВР; 2 – СПОР; 3 – СПО-2-200; 4 – СПП-200М; 5 – СПО-200

При розрахунках освітлення похилих поверхонь поступають наступним чином.

Через розрахункову точку похилої поверхні проводять допоміжну горизонтальну поверхню, на якій і ведуть розрахунок освітленості E_r (рис. 1.5.15). Освітленість похилої поверхні E_n у тій самій точці визначають по співвідношенню: $E_n = \Psi E_r$, де $\Psi = \cos\theta \pm (p/h) \sin\theta$.

Алгоритм даним методом наведеному таблиці 1.5.23.

Таблиця 1.5.23 – Алгоритм розрахунку освітлення входів точковим методом просторових ізолюкс

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Визначити вихідні дані заданого приміщення.	 $a =$ $b =$
2. Визначити вид освітлення.	Дивись рекомендації п.1.5.4
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.1.5.5
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.1.5.5
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .	Дивись рекомендації п.1.5.7
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .	Таблиця 1.5.13 – 1.5.14
7. Визначити значення висот: - підвісу h_n ; - робочої поверхні $h_{p.n.}$; - розрахункової H_p .	<p>Дивись розділ 1.5.9</p> $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
8. Визначити відстань в плані від розрахункової точки до проекції світильника d .	$d = \sqrt{a^2 + (b/2)^2}$
9. Визначитись з умовою вибору сумарної відносної освітленості.	$\frac{h_{n\dot{o}}}{d} \leq 1 \quad \text{або} \quad \frac{d}{h_{n\dot{o}}} \leq 1$
10. По графікам просторових ізолюкс визначити e_i .	<p>Дивись рисунок 1.5.14</p> $e_i = \sum e_i$
11. Визначаємо необхідний світловий потік лампи $\Phi_{л.}$	$\Phi_{розр.} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot h_{n\dot{o}}^2}{\sum e_i}$

Продовження таблиці 1.5.23

1	2
12. Вибрати тип лампи з світловим потоком най-ближчим до розрахункового $\Phi_{лр}$.	По таблиці 1.4.3 $\Phi_{лр} =$
13. Порівняти світловий потік лампи розрахунковий $\Phi_{лр}$ та фактичний $\Phi_{лф}$ і перевірити виконання умови.	$-0,1\Phi_{лр} \leq \Phi_{лф} \leq 0,2\Phi_{лр}$
14. Якщо умови п.14 не виконуються:	Змінити висоту підвісу світильника і перейти до виконання пунктів 8-14

По результатам світлотехнічних розрахунків виробничих приміщень любом із методів повинна складатися світлотехнічна відомість. Приклад оформлення світлотехнічної відомості приведено в табл. 4 (додаток 1).

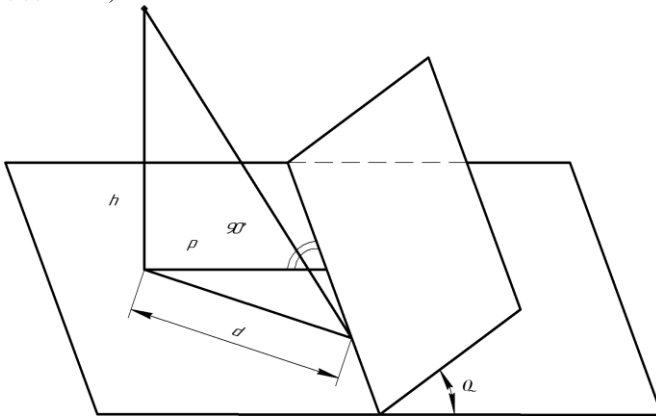


Рисунок 1.5.15 – До розрахунку освітленості похилої поверхні

1.5.11 Типові схеми керування освітлювальними установками

Більшість технологічних процесів сільськогосподарського виробництва пов'язане з життєдіяльністю живих організмів, які еволюціонували в природних умовах, де сильну дію на їх розвиток справляло випромінювання Сонця.

При утриманні тварин та птиці в штучних умовах світлове випромінювання також грає важливу роль у їх розвитку і життєдіяльності.

Світловий фактор впливає на біологічні ритми тварин і при оптимальних умовах позитивно впливає на ріст і розвиток молодяку,

нормалізує білковий, мінерально-вітамінний і вуглеводний обміни, що, у свою чергу, призводить до підвищення продуктивності та відтворювальної функції сільськогосподарських тварин.

Основними параметрами видимого випромінювання, яке діє на тварин, є періодичність освітлення, рівень освітленості і спектральний склад.

Періодичність освітлення впливає на статеве дозрівання тварин та птиці: короткий світловий день його затримує, а довгий - прискорює. В залежності від освітленості змінюються фізіологічний стан, продуктивність тварин і якість приплоду. Дослідженнями виявлено вплив спектрального складу видимого випромінювання на продуктивність птиці. Так, наприклад, опромінення курей монохроматичним випромінюванням помаранчевого та червоного кольору збільшує їх живу масу та несучість на 5 ... 12 %.

Якщо застосовувати автоматичне управління режимом роботи освітлювальних установок можна зекономити електроенергію, оптимізувати вихід продукції при мінімальних енерговитратах.

На економічність, надійність і довговічність роботи освітлювальних установок істотний вплив роблять коливання і відхилення напруги мережі живлення. Так, допустиме в сільськогосподарських електроустановках відхилення напруги +5 % скорочують термін служби розрядних ламп на 15%, а ламп розжарювання в 2 рази і т.д.

Таким чином, автоматичне керування освітлювальними установками - це і економія електроенергії, і збільшення фактичного терміну служби джерел випромінювання, і покращення якості освітлення.

Необхідна тривалість світлового дня в тваринницьких приміщеннях коливається від 8 до 18 год. і залежить від виду тварин, їхнього віку та стану. Доступ природного світла у тваринницьке приміщення обмежений. Освітленість у більшості випадків не перевищує 1 % зовнішньої і різко зменшується до центру приміщення. Разом з тим у світлий час доби на площах, що примикають до стін з вікнами, рівень природної освітленості може бути цілком достатнім. У подібних приміщеннях повинна бути передбачена можливість відключення рядів світильників, найближчих до світлових проходів.

Найбільш високі вимоги висувають до режимів освітлення у птахівництві. Поступове зміна тривалості світлового дня, подібно сезонним природним змінам, підвищує продуктивність курей-несучок на 10...15 %. Ще 2...2,5 % надбавки продуктивності дає плавна (або ступінчаста) зміна освітленості на початку і кінці світлового періоду. Розбіжності у продуктивності птиці при ступінчастій і плавній зміні освітленості не виявлено. При двохступеновому переході від темряви до

світла рекомендують у першу ступінь включати 15 ... 20 % світильників. Між включеннями першого і другого ступенів досить 2...3 хв. З настання сутінків лампи відключають поступово у зворотному порядку.

Суворе дотримання світлового режиму з імітацією «світанку» і «заходу» можливе лише в без віконних пташниках.

При вирощуванні м'ясних курчат (бройлерів) ефективний режим переривистого освітлення, наприклад періодичне включення і відключення освітлювальної установки через визначені (у тому числі нерівні) проміжки часу. Поступово повинен знижуватися й рівень освітленості в пташнику з 20 до 3 лк.

Найпростіший і найбільш поширений прилад автоматичного програмного керування світлотехнічними установками - двопрограмне моторне реле часу 2РВМ. Заведення пружини його годинникового механізму здійснюється електричним приводом автоматично. Диск має дві програми розраховані на 24 год. кожна. Інтервали включення і відключення навантаження можуть бути задані з точністю ± 15 хв. для однієї програми і ± 20 хв - для іншої.

Реле 2РВМ використовують в системах управління освітленням пташників та тваринницьких приміщень, УФ та ІЧ опромінення тварин, птиці, а також рослин в теплицях.

Для програмного автоматичного управління технологічним освітленням у пташнику розроблена установка ПРУС-2. Вона може задавати будь-яку програму зміни тривалості світлового дня для птиці всіх видів.

Основний елемент установки - годинниковий механізм КТ (рис. 1.5.16), подібний застосованому в реле 2РВМ. Програма задається механічно за допомогою косо усіченого циліндра.

Зчитується вона через важелі-копіри двома мікровимикачами SQ1 і SQ2, які через магнітні пускачі КМ1 і КМ2 включають або відключають певну групу світильників в пташнику. Копіювальний механізм забезпечує спрацювання мікро вимикачів з інтервалом 2...5 хв. Цього достатньо для того, щоб при ступінчастій імітації «світанку» і «заходу» не допустити стресу птиці.

В сільських електричних мережах зі значними коливаннями і відхиленнями напруги доцільно застосовувати тиристорні обмежувачі напруги ТОН, розраховані на роботу в трифазній мережі напругою 220/380 В з навантаженням до 100 кВ·А.

В таблиці 1.5.24 приведено технічні характеристики ТОН для фазової напруги 220 В.

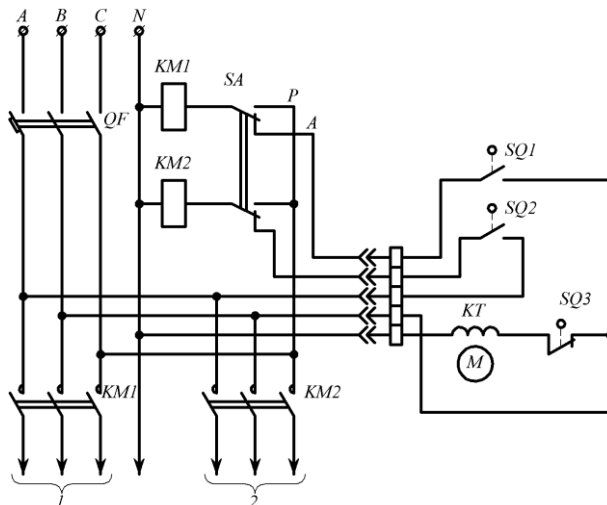


Рисунок 1.5.16 – Принципова електрична схема установки ПРУС-2

Таблиця 1.5.24 – Технічні характеристики ТОН

Тип	Допустимий струм, А	Регулювання		Число фаз	Габарити, см	Маса, кг
		межі, %	спосіб			
ТОН-3-63	63	0...+30	автоматичний	3	36×40×80	49
ТОН-3-100	100	0...+30	автоматичний	3	36,8×40×80	50
ТОН-01-ТО	25	+10	ручний	По заказу	64,5×40×21	15

Принципова трифазна схема вмикання РЛ (розрядна лампа) показана на рис. 1.5.17.

З курсу ТОЕ відомо, що для виділення гармонійної складової потрійної частоти досить струмоприймачі поєднати в зірку (фільтр третьої гармоніки), як це показано на рис. 1.5.17. Якщо схема зібрана на лампах ЛБ-40 або ЛД-40, то вольтметр PV показує напругу 40 В, а при замкнутому ключі SA2 амперметр показує струм 90 мА. Це струм і напруга третьої гармоніки. Осцилограф, включений замість вольтметра, підтверджує це. Якщо РЛ замінити ЛР (лампа розжарювання), то стрілки обох приладів залишаться на нульовій позначці. Електричний струм у трифазній схемі частотою 150 Гц виробляється (генерується) РЛ.

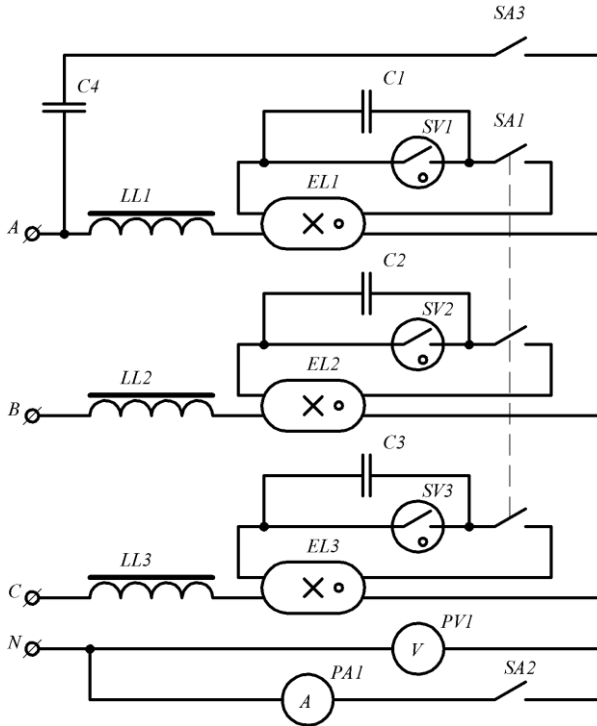


Рисунок 1.5.17 – Трифазна схема вмикання РЛ

Схеми управління тиристорними ключами різноманітні і складні. Вони містять елементи порівняння, синхронізації, затримки і т. п. При проходженні струму через нуль тиристор закривається. Для відкриття його треба на управляючий електрод подати імпульс напруги однакової полярності з робочою напругою. На рис. 1.5.18 наведено осцилограми, отримані при фазовому тиристорному регулюванні.

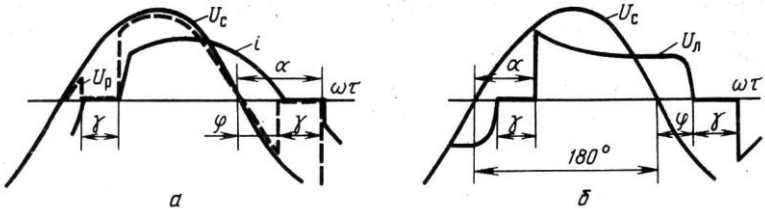


Рисунок 1.5.18 – Осцилограми, які отримані в колі з тиристорним регулюванням: а) напруги; б) струму

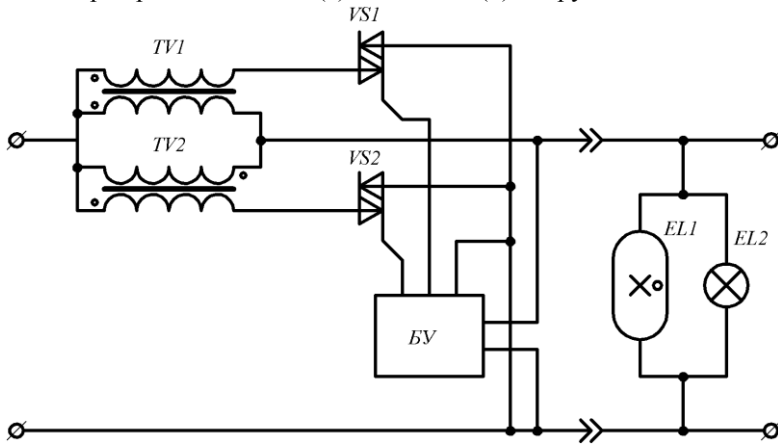
Чинне значення вихідної напруги U_p визначається тривалістю включення тиристорного ключа. На цьому рисунку φ - кут відставання струму від напруги, γ - кут шпаруватості, $\alpha = \varphi + \gamma$ - кут регулювання.

ТОН зручний при постійній підвищеній напрузі. Знижену напругу він не регулює. У цьому випадку в ланцюг необхідно включити вольтододатковий трансформатор з вторинною напругою, рівною різниці номінальної і мінімальної напруг.

Тривала перерва струму в описаних вище схемах призводить до небажаних ефектів. Різко зростає коефіцієнт пульсації, в тому числі і у ЛР. У газорозрядних лампах, крім того, знижується потік випромінювання приблизно пропорційно $2\gamma/\pi$ при номінальній діючій напрузі.

Тираспольський завод «Електромаш» випускає стабілізатори напруги СТС2 потужністю 10, 16, 25, 40, 63 і 100 кВА, які дозволяють з високою точністю стабілізувати вихідну напругу ($\pm 1\%$) при зміні напруги живильної мережі в межах $(0,85\dots 1,1) U_n$ при збереженні синусоїдальності. Їх робота заснована на автотрансформаторному принципі, тому поряд зі складною схемою їм властива висока маса - від 200 до 775 кг, і вони, як правило, застосовуються у вимірювальних схемах і інших відповідальних установках.

Недоліки тиристорного фазового регулювання можуть бути подолані за рахунок використання вольтододаткових і вольтозменшуючих трансформаторів (рис. 1.5.19 (1)). Додавка напруги і віднімання відбуваються кожні півперіода. Момент включення кожного з трансформаторів визначається рівнем напруги, що підводиться. На рис. 1.5.19 (2) наведені осцилограми вихідної напруги такого стабілізатора при номінальній (а) і зниженій (б) напрузі.



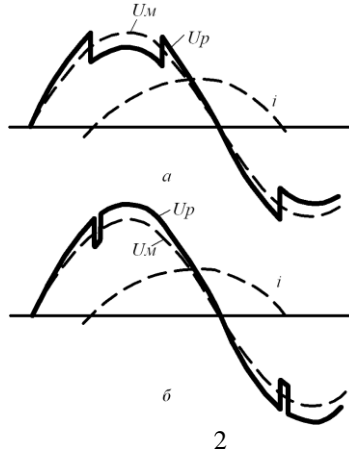


Рисунок 1.5.19 – 1 - стабілізатор напруги з вольтододатковими трансформаторами; 2 - осцилограма напруги стабілізатора з вольтододатковими трансформаторами і тиристорними ключами при $\cos\varphi = 0,5$; U_c - напруга мережі; U_p - напруга на навантаженні; а - при номінальній напрузі; б - при зниженій напрузі мережі

Відсутність пауз струму знімає всі недоліки фазового регулювання робочої напруги. Маса таких стабілізаторів визначається головним чином масою вольтододаткових трансформаторів, що залежить від величини вольтодобавки. Для стабілізації напруги з параметрами $(0,9 \dots 1,1) U_n$ їх маса складає близько 25 % маси силового трансформатора потужністю, рівної потужності, споживаної освітлювальною мережею.

Опір холодної нитки ЛР у 14 ... 16 разів менше робочого опору. Включення ЛР супроводжується кидком струму приблизно тієї ж кратності. Це призводить до значних динамічних навантажень на спіраль нитки. Перегоряння ЛР спостерігається найчастіше саме в цей момент. Плавне підвищення напруги живлення дозволяє заощадити до 30 % ЛР. Плавне автоматичне регулювання передбачене в ТОН-3. За відсутності заводських установок можна на місці виготовити простий пристрій обмеження пускових струмів (рис. 1.5.20).

Трансформатор TV на 24/220 В вибирається за потужністю в межах 7,0 % споживаної повної потужності S . В якості реле часу застосований стартер СК-40 для схем з ЛЛ. Пусковий струм схемою знижується до 2-3-кратного. Цей трансформатор декілька більшої потужності $(0,10S)$ можна використовувати для ступінчатого регулювання напруги.

На рис. 1.5.21 представлена схема електрична принципова установки «ТІРОС».

Установка «ТІРОС» призначена для забезпечення світлового режиму при вирощуванні курчат бройлерів.

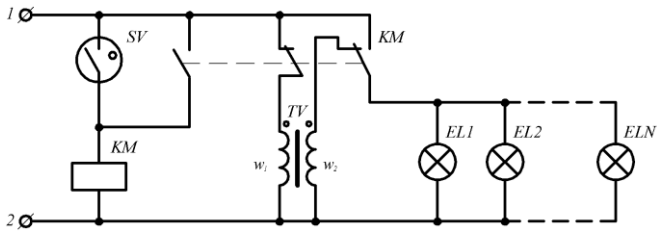


Рисунок 1.5.20 – Схема пристрою для обмеження пускових струмів ЛР

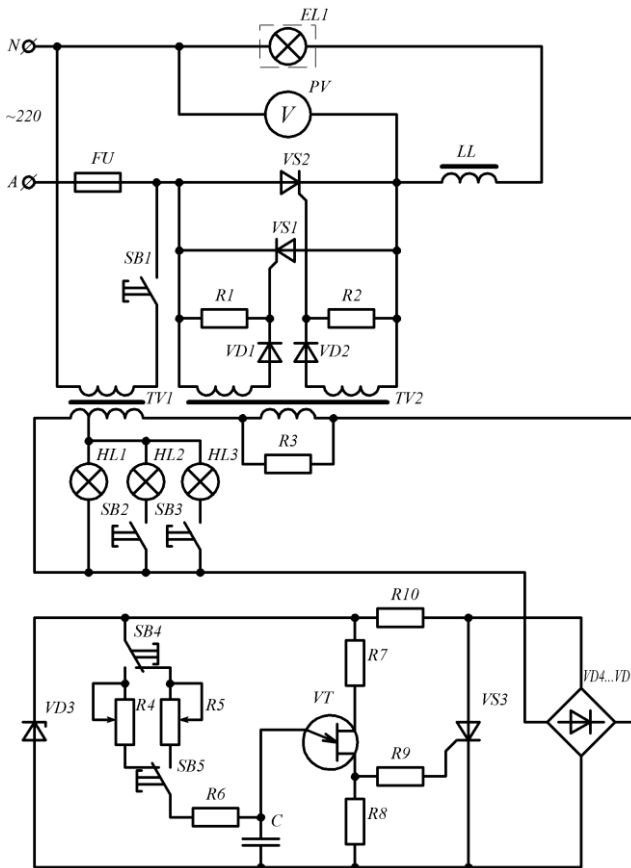


Рисунок 1.5.21 – Схема електрична принципова установки «ТІРОС»

Принцип дії даної установки заключається в наступному: при включенні кнопки SB1 подається напруга живлення 220В на первинну обмотку реформатора TV1. Загоряється лампочка HL1, сигналізуючи про наявність напруги живлення.

Напруга вторинної обмотки трансформатора ~ 110 В через первинну обмотку трансформатора управління TV2 поступає на випрямляч VD4- VD7.

Випрямлена напруга поступає на анод-катод тиристора VS3 і через баластний резистор R10 - на стабілітрон VD3.

Стабілізована напруга через резистори R7, R8 поступає відповідно на бази 2 і 1 одноперехідного транзистора VT. При включенні однієї із кнопок вибору режиму освітленості SB2 загоряється відповідно одна з сигнальних ламп HL2 або HL3 і утворюється коло заряду конденсатора С від стабілізованої напруги через резисторів R4 або R5. Протягом частини півперіоду напруги живлення конденсатор С заряджається до величини напруги пробою переходу емітер-база 1 транзистора VT. В цей момент настає розряд конденсатора С через управляючий електрод тиристора VS3. Розрядний струм конденсатора вмикає тиристор VS3.

Так як по випрямленій стороні міст виявляється закороченим через тиристор VS3, то напруга вторинної обмотки трансформатора TV1 ~ 110 В виявляється практично повністю прикладена до первинної обмотки трансформатора TV2. Ця напруга від вторинної обмотки трансформатора через діоди VD1 і VD2 потрібної полярності поступає на управляючі електроди силових тиристорів VS1, VS2. Вмикається той з них, до якого в даний напівперіод прикладена напруга мережі в провідному напрямі.

По закінченні напівперіоду напруг живлення вмикається тиристор VS3 і один з включених тиристорів VS1 або VS2. **Знову** починає заряджатися конденсатор С до напруги пробою. Потім процес повторюється.

Змінюючи величину опору резистора R4 або R5 можна регулювати кут включення тиристорів VS1 або VS2, і таким чином середнє значення напруги на лампах розжарювання EL.

Для зниження перешкод по мережі, викликаних несинусоїдальною формою напруги живлення, послідовно з навантаженням включається дросель LL, який подає високу напругу для вищих гармонічних складових.

Захист тиристорів від струмів коротких замикань здійснюється швидкодіючим запобіжником FU типу ПНБ.

Послідовність включення установки:

- ввімкнути кнопку SB1. Повинна загорітися лампа HL1, сигналізуючи про наявність напруги живлення на схемі управління;

- ввімкнути кнопку вибору режиму освітленості SB2, повинна загорітися лампа HL2 першого режиму освітленості. За допомогою резистора R4 по вольтметру установити потрібну величину напруги ламп EL для першого режиму;

- вимкнути кнопку SB2 і ввімкнути кнопку SB3, повинна загорітися лампочка HL3 другого режиму освітленості.

За допомогою резистора R5 по вольтметру установити потрібну величину напруга на лампі EL для другого режиму. Надалі по мірі необхідності зробити переключення з одного режиму на другий шляхом вимикання SB2 і включення кнопки SB3 (або SB2).

Для пташників без вікон широке застосування знайшов регулятор освітленості РОП-15-16-24 (установка «РАССВЕТ»).

В основу роботи регулятора положено принцип управління в часі вихідною напругою трифазного випрямляча. Процес зчитування програми і перетворення її в змінення напруги випрямляча здійснюється логічно зв'язаними електронними блоками: програмуючого пристрою, пристрою імпульсно-фазового управління, пристрою синхронізації, таймера, фотолічильної головки, механізму крокового переміщення, блоку тиристорів, блоку живлення.

На рисунку 1.5.22 представлена схема електрична структурна регулятора освітленості РОП-15-16-24.

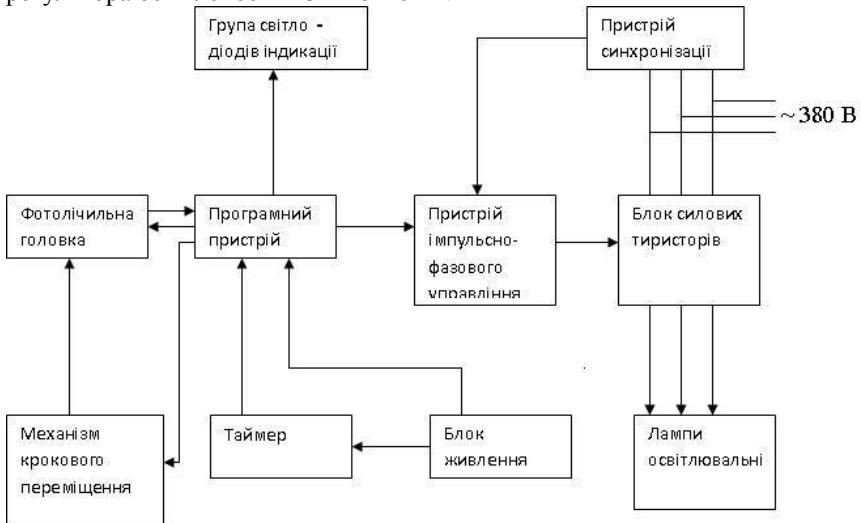


Рисунок 1.5.22 - Схема електрична структурна регулятора освітленості РОП-15-16-24

Освітлення територій сільськогосподарських підприємств у нічний час включається автоматично за допомогою різноманітних пристроїв, серед них: фотореле, фото вимикачі.

Фотореле ФМ призначено для автоматичної вмикання і вимикання вуличного освітлення в залежності від природної освітленості. На рис. 1.5.22 представлено схему електричну принципову фотореле ФР-2

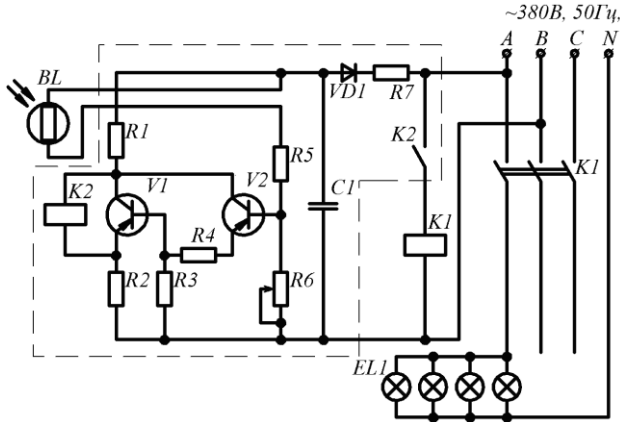


Рисунок 1.5.22 - Схема електрична принципова управління вуличним освітленням за допомогою фотореле ФР-2

У якості фотодатчика VL фотореле ФР-2 використовується фоторезистор типу ФСК-ПІ в герметичному виконанні. Фоторезистор може бути вмонтованим в корпус приладу або в залежності від умов експлуатації може розміщуватись окремо від реле. Фоторезистор треба встановити так, щоб на його поверхню не потрапляли прямі сонячні промені. Принцип роботи фотореле полягає в наступному:

Збільшення освітленості зменшує опір фотодатчика. При цьому змінюється потенціал на базі транзистора VT2. Транзистор VT2 відкривається і відкриває транзистор VT1, який шунтує при цьому обмотку реле K2. Це приводить до відключення магнітного пускача K1. При зменшенні освітленості опір фотодатчика збільшується, транзистори VT1 та VT2 зачиняються, спрацьовує реле K2 і вмикається магнітний пускач. Налаштування схеми виконується зміною опорів R6. Завод-виробник виготовляє фотореле настроєним на вмикання вуличного освітлення при 5лк і вимикання при 10 лк.

Для автоматичного вмикання і вимикання вуличного освітлення широко застосовується фотовимикач ФВ-2, який призначений для автоматичного вмикання і вимикання вуличного освітлення в залежності від рівня природної освітленості. Технічні відомості фотовимикача ФВ-2:

- вмикання навантаження при освітленості, лк $1,3 \pm 1$
- вимикання навантаження при освітленості, лк 7 ± 2
- тривало допустимий струм, А 20А

В основу роботи фотовимикача покладено принцип змінення опору фотодатчика BL в залежності від освітленості. В якості датчика використовується фоторезистор ФСК-Г2

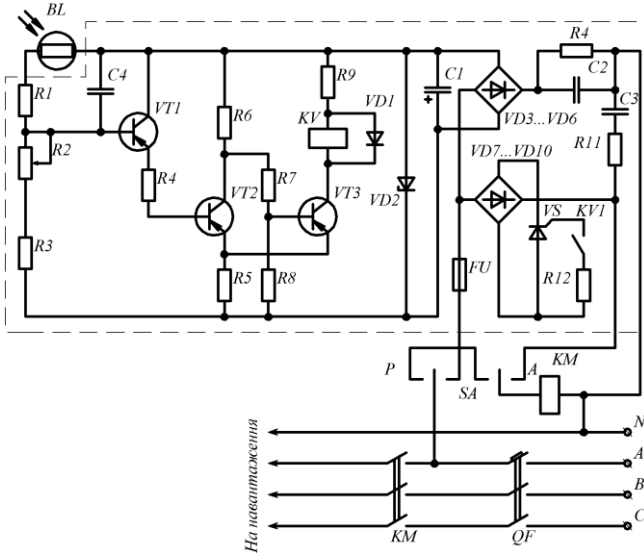


Рисунок 1.5.23 – Схема електрична принципова фотовимикача ФВ-2

Електрична схема фотовимикача (рис. 1.5.23) складається з автоматичного вимикача тригера Шміда на транзисторах VT1, VT2, VT3, мостового тиристорного ключа на випрямляючому блоці VD7-VD10, тиристора VS і магнітного пускача KM. Керування тиристорним ключем здійснюється контактами реле KV.

При збільшенні освітленості до 7 ± 2 лк Опір фотодатчика зменшується, до бази транзистора VT1 прикладається негативне зміщення, транзистор VT1 відкривається, викликаючи збільшення негативної напруги на базі транзистора VT2, який починає відкриватися. Негативна напруга на транзисторі VT3 зменшується, транзистор VT3 починає закриватися. Негативна напруга зворотного зв'язку на резисторі R5 зменшується, що сприяє розвитку лавиноподібного процесу, в результаті якого транзистор VT2 переходить в режим насичення, а транзистор VT3 закривається. Реле KV лишається живлення, тиристор VS закривається, магнітний пускач KM вимикає освітлювальне навантаження.

При зменшенні освітленості до $1,3 \pm 1$ лк опір фотодатчика

збільшується, негативне зміщення на базі транзистора VT1 зменшується, транзистор закривається, що веде до зменшення негативної напруги на базі транзистора VT2. Транзистор VT2 починає закриватися. Негативна напруга на базі транзистора VT3 збільшується. Транзистор VT3 починає відкриватися. Негативна напруга зворотнього зв'язку на резисторі R5 збільшується, що сприяє розвитку лавиноподібного процесу, в результаті якого транзистор VT2 закривається, а транзистор VT3 переходить в режим насичення. При відкритому транзисторі VT3 реле KV спрацьовує, тиристор VS відкривається, магнітний пускач KM вмикає освітлювальне навантаження. Регулювання діапазону спрацювання схеми здійснюється резистором R2.

Перемикач режимів роботи SA має три положення: «ВКЛ», «0», «АВТ»

2 ЕЛЕКТРИЧНЕ ОПРОМІНЕННЯ

2.1 Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту

2.1.1 Типи опромінювачів і установок для опромінення, їх характеристики

Україна географічно знаходиться в зоні помірного клімату з річними коливаннями температури навколишнього середовища від мінус 25 до плюс 35 °С, тому питання про застосування теплиць для вирощування рослин у зимовий період є одним з найважливіших.

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 обмежувачим 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. 2.1.1 (та рис. 11, додаток 3)

і в табл. 2.1.1.

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. 2.1.2).

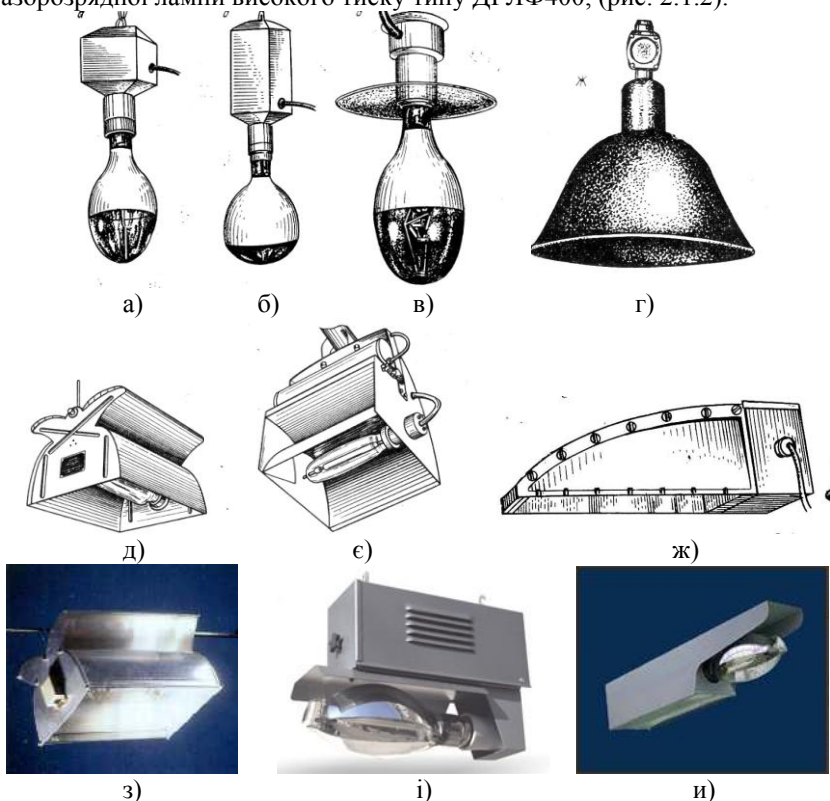


Рисунок 2.1.1 - Загальний вигляд тепличних опромінювальних установок:

- а) ОТ-400; б) ОТ-1000; в) ССП03-750-001; г) ГСП26-400-001;
- д) ОГС «Фотос»; е) ЖСП18-400; ж) 020П «Світлотрон»;
- з) ГСП 30-2000-001; і) ЖСП-70-400; и) ЖСП62-400 «Флора»

Таблиця 2.1.1 – Технічна характеристика освітлювальних і опромінювальних приладів в рослинництві

Назва, тип	Напруга, В	Тип лампи, потужність	Габарити, мм	Маса, кг
ОТ-400 МИ-045-У5	220	ДРЛФ-400-1	155×560	7,9 без ПРА
ОТ-400 МЕ-046-У5	220	ДРЛФ-400-01	155×680	10,8
ОТ-1000 МИ-049-У4	220	ДРЛФ-1000	280×440	16,0
ОГС01-1000-УХЛ «Фотос-1»	380	ДРИ-1000	350×500	4,5 без ПРА
ОГС01-1000-002-УХЛ 4«Фотос-2»	380	ДРИ-1000	350×500	3,3 без ПРА
ОГС01-2000-001- УХЛ4«Фотос-3»	380	ДРИ-2000	350×600	6,0 без ПРА
ОГС01-2000-002- УХЛ4«Фотос-4»	380	ДРИ-1000	350×600	4,0 без ПРА
ОГС01-3500-001- УХЛ4«Фотос-5»	380	ДРИ-3500	350×600	6,0 без ПРА
ОГС01-3500-002- УХЛ4«Фотос-6»	380	ДРИ-3500	350×600	4,0 без ПРА
020П-ДРИ-2000- УХЛ4 «Світлотрон»	380	ДРИ-2000	490×1470	20,8 без ПРА
Світильник ЖСП18- 400-001-УХЛ4	220	ДНаТ-400	450×375	11,0
Світильник ССП03- 750-001-УХЛ4	220	ДРВ-750	270×440	4,0
Світильник ГСП26- 400-001-УХЛ4	220	ДРИ-400	440×540	2,0 без ПРА
КОП2-001-УХЛ4 «Світлотрон»	380	ДРИ-2000-6	36000×1080	3000-12 шт.
ГСП30-2000-001-У5	380	ДРИ-2000-6	650×434	3,8
ЖСП70-400-001-У5	380	ДНаТ-400	360×245	-
ЖСП62-400-001-У5 «Флора»	380	ДНаЗ-400	-	-

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.

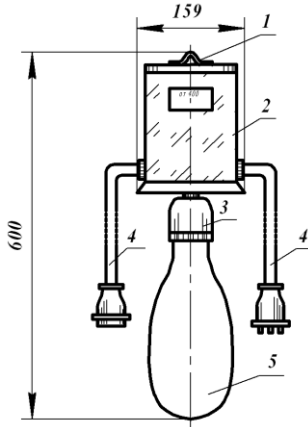


Рисунок 2.1.2 – Тепличний опромінювач ОТ-400: 1 – вузол підвіски; 2 – ПРА джерела випромінювання; 3 – фарфоровий патрон із ущільнювачем; 4 – кабель живлення опромінювача; 5 – лампа ДРЛФ-400

Опромінювачі підключають до однофазної мережі напругою 220 В за допомогою вилок і розеток попарно, які створюють герметичні обривні 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. 2.1.1, б). Його технічні параметри: напруга живильної мережі - 220 В, ККД - не менше 90 %. У корпусі опромінювача разом з індуктивним баластовим пристроєм встановлено універсальний імпульсний запалювальний пристрій типу УИЗУ-220-02ХЛ.

Опромінювач ССП03-750-001 (рис. 2.1.1, 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. 2.1.1 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. 2.1.1 (є) показано загальний вигляд опромінювача ЖСП18-400-001-ХЛ4, а на рис. 2.1.3 елементи конструкції даного опромінювача.

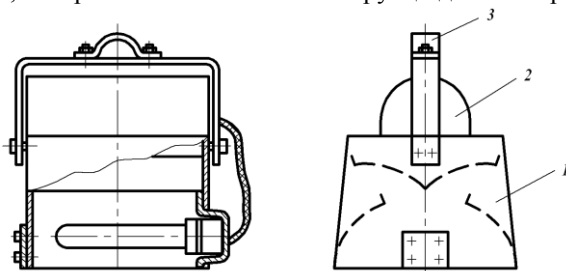


Рисунок 2.1.3 - Елементи конструкції опромінювача ЖСП18-400-001-ХЛ4:
1 – корпус з дзеркальним відбивачем; 2 – блок ПРА; 3 – вузол підвісу

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 запалюючим 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 високоєфективна 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. 2.1.4.

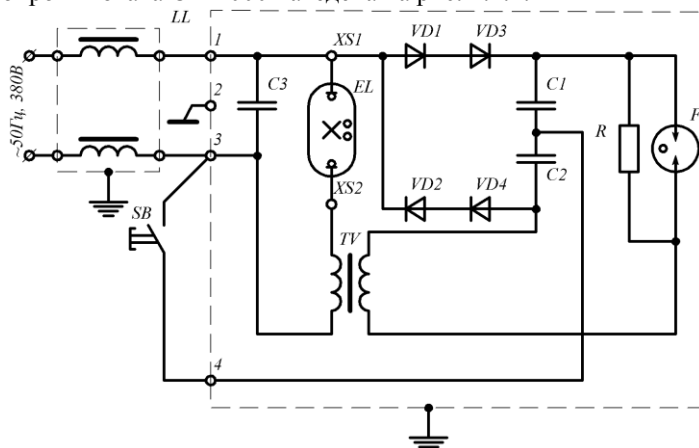


Рисунок 2.1.4 – Схема електрична принципова включення опромінювача ОТ-2000

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 (табл. 2.1.1). 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. 2.1.1, 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, паралельній 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. 2.1.1, 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 опромінення 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; груповою 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 ДКсГЛ 10000, блоку управління запаленням 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 опромінення 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 та 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 РСР15-2000, ЖСП18-400, ГСП26-1000 та серії ОГС01 «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, ОГС01-2000 «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, ДМ4 6000 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 $\text{фйт} \cdot \text{м}^{-2}$ відповідно). Тривалість опромінення розсади для 0...3 світлових зон - не менше 12...16 год/добу, для 4...6 світлових зон - до 12 год/добу. 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 $\text{фйт} \cdot \text{м}^{-2}$ відповідно). Тривалість опромінення огірків 12...14, томатів 14...16 год/добу. Для квіткових і декоративних рослин необхідно забезпечити рівень опромінення в області ФАР до $15 \dots 30 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, а в селекційних теплицях, фітотронах і фітокамерах без природної освітленості - $100 \dots 300 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ 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.

На рис. 11 (додаток 3) показано загальний вигляд тепличних опромінювальних установок.

2.1.2 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 установок 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 загальноприйнятою;
- 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.

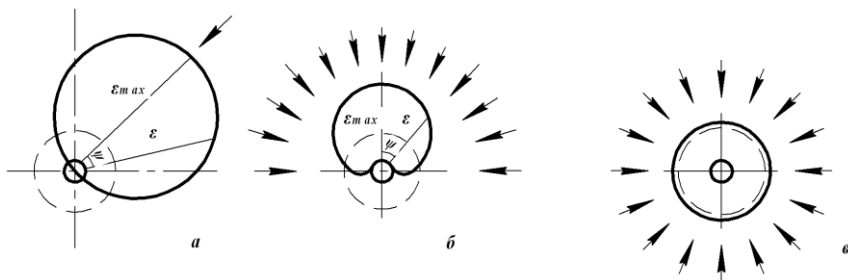


Рисунок 2.1.5 – До визначення сферичного опромінення при різних видах випромінювачів

При точковому джерелі (рис. 2.1.5, а) сферична опроміненість в даній точці сфери дорівнює:

$$\varepsilon_{сф} = \varepsilon_{\perp} \cos \psi , \quad (2.1.1)$$

де ψ - кут між нормаллю в даній точці сфери і прямої, що з'єднує центр сфери з джерелом;

ε_{\perp} - опроміненість ділянки сфери, зверненого до випромінювача, фгт·м⁻².

Поєднавши центр сфери з початком полярних координат, відкладемо вздовж радіусів в прийнятому масштабі значення опромінення, що визначаються за висловом (2.1.1). З'єднавши кінці відкладених відрізків плавною кривою, одержимо, як це впливає з виразу (2.1.1), коло (суцільна лінія на рис. 2.1.5, 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:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \frac{\varepsilon_{\max}}{4} . \quad (2.1.2)$$

Якщо випромінювачем є рівномірно випромінююча верхня півсфера (рис. 2.1.5,б), то сферична опроміненість визначається за виразом

$$\varepsilon_{сф} = \varepsilon_{\perp} \cos^2 \frac{\psi}{2} , \quad (2.1.3)$$

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:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \frac{\varepsilon_{\max}}{2}. \quad (2.1.4)$$

Якщо випромінювачем є рівномірно випромінююча сфера (рис. 2.1.5, 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

$$\varepsilon_{сф.ср} = \varepsilon_{\max}. \quad (2.1.5)$$

В даний час питання нормування за сферичною опроміненістю недостатньо розроблені. Тому в переважній більшості випадків користуються поняттям горизонтальної опроміненості.

2.1.3 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 мінімального опромінення $Z = \frac{E_{\phi, \min}}{E_{\phi, \max}}$ не слід

приймати менше 0,8.

На рис. 2.1.6, (а) h і r мають однаковий масштаб. Користуючись кривою просторового розподілення потоку випромінювання (рис. 2.1.6 а, крива 1) прийнятого типу опромінювача, будують криву розподілу

створюваної ним опроміненості як функції відстані r при $h = \text{const}$ (крива 2, рис. 2.1.6, а).

Ординати шуканої кривої для різних значень r обчислюють за такими виразами:

- для горизонтальної опроміненості на підставі виразів (1.2.23) і (1.2.40)

$$E_{\phi} = I_{\alpha} \cos \varphi (l_{\alpha} \cdot m_l)^{-2} K_{\phi}, \quad (2.1.6)$$

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_l - масштаб l_{α} ;

- для сферичної опроміненості на підставі виразів (2.1.5) і (1.2.40)

$$E_{\phi_{сф}} = I_{\alpha} 0,25 (l_{\alpha} \cdot m_l)^{-2} K_{\phi}. \quad (2.1.7)$$

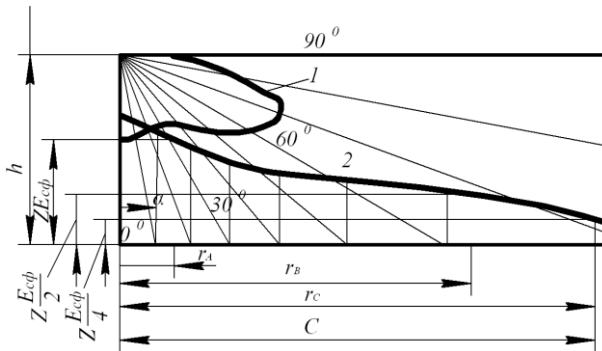


Рисунок 2.1.6 – До розрахунку опромінювальної установки з точковими випромінювачами: побудова характеристики розподілу опроміненості по стелажу

Розрахунок за сферичною опроміненістю виконують наступним чином.

Розташували на плані стелажу опромінювачі, знаходять характерні точки, в яких опромінення може виявитися мінімальним. На рис.2.1.7 в якості прикладу показано розташування опромінювачів по вершинам квадратів.

Припустимо, що найгіршими за умовами опромінення є точки А, В і С. Щоб забезпечити у цих точках виконання умови $E_{сф} \geq E_{сф, \max} Z$,

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. 2.1.6, крива 2) знаходять r_A , при якому $E_{Acф} \geq E_{сф.max} Z$. 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 $E_{сф} \geq E_{сф.max} Z$.

Для цього по кривій 2 визначають r_B при $E_{Bсф} = \frac{E_{сф.max}}{2} Z$ і r_C при

$E_{Cсф} = \frac{E_{сф.max}}{4} Z$. 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.

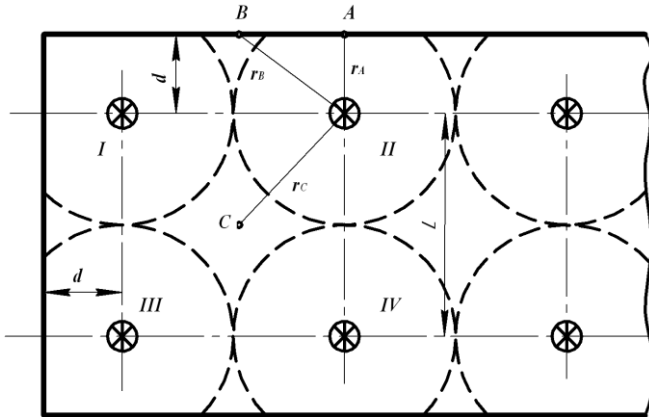


Рисунок 2.1.7 - До розрахунку опромінюючої установки з точковими випромінювачами: розміщення опромінювачів на плані стелажу і визначення найменших допустимих відстаней між ними

2.1.4 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. 2.1.8) можна обчислити за виразом:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\lambda} K_{\phi}}{Ll} (n-1) \eta_{\text{от}}, \quad (2.1.8)$$

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 фітах;

Φ – світловий потік в люмінах;

n – кількість ламп в блоці ($n > 1$);

$\eta_{\text{от}}$ – коефіцієнт корисної дії блоку ламп, що залежить від величини втрат потоку випромінювання за рахунок поглинання його суміжними лампами і втрат в навколишній простір.

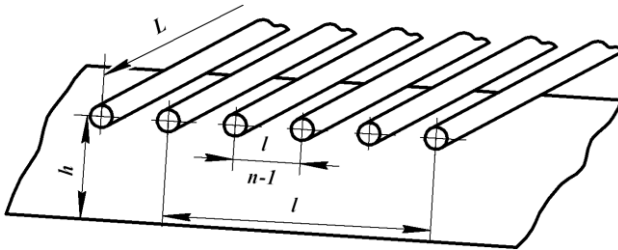


Рисунок 2.1.8 - До розрахунку опроміненості, створюваної на стелажу блоком люмінесцентних ламп

У виразі (2.1.8) дріб правої частини є для даного типу люмінесцентних ламп величиною постійної і може бути позначений через μ . Запишемо вираз (2.1.8) інакше:

$$E_{\phi} = \mu e_{\phi}, \quad (2.1.9)$$

де $\mu = \frac{\Phi_l K_\phi}{Ll}$ - постійна величина, що залежить від каталожних

даних джерела випромінювання і ширини опромінюючого стелажа;

$e_\phi = (n - 1)\eta_{\text{бл}}$ - 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 (2.1.9) і довідковим графіком $e_\phi = f(n)$ (рис. 2.1.9), можна визначити питома 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 .

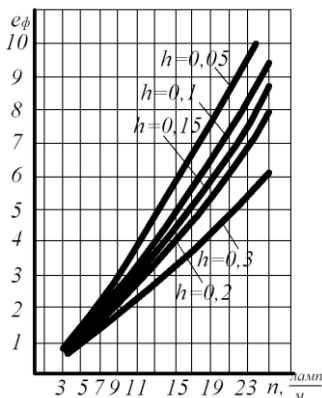


Рисунок 2.1.9 – Залежність відносної опроміненості від числа люмінесцентних ламп в блоці і висоті їх розміщення над опромінювальною поверхнею

Виходячи з вимог опромінення, підраховують:

$$e_\phi = \frac{E_{\phi,z}}{\mu} \quad (2.1.10)$$

По графіку залежності відносної опроміненості від питомого числа ламп в блоці та висоті їх розташування над опромінювальною поверхнею (рис. 2.1.9) 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:

$$E_{\phi.c\phi} = (0,57 \dots 0,67) E_{\phi,z} \quad (2.1.11)$$

3.1 Установки ультрафіолетового опромінення

3.1.1 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 і резистентність 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.

3.1.2 Типи стаціонарних і рухомих установок для опромінення, їх характеристики і особливості безпечно 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 (табл. 3.1.1) 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 пиловологозахищеному виконанні у вигляді відбивача з тонколистової сталі, покритої антикорозійною фарбою з досить високим коефіцієнтом відображення ультрафіолетових променів (рис. 3.1.1, 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.

Таблиця 3.1.1 – Технічні дані ультрафіолетових опромінювальних установок

Тип ультрафіолетових опромінювальних установок	Тип джерела	Кількість джерел	Встановлена електрична потужність, Вт	Номінальна напруга живлення, В	Габарити, мм	Маса, кг
Стационарні: ЭО1-30М ОЭ-1 і ОЭ-2 ОЭСП02-2×40	ЛЭ30-1	1	40	220	1000×250×155	6,5
	ЛЭ30-1	1	40	220	975×280×120	5,0
	ЛЭР40	1				
	ЛБР40	1	100	220	1305×190×685	9,5
Переносні: ОРК-2 ОРКШ	ДРТ400	1	500	220	Випромінювач 340×205×215 Пристрій живлення 175×115×250	3,7 6,5
	ДРТ400	1	500	220	480×480×1810	25
Рухомі: УО-4 УОК-1	ДРТ400	4	2400	380/220	Приводна станція 516×500×240 Шафа керування 540×430×160	31,5 33,0
	ДРТ400	2	1400	380/220	Випромінювачі 714×448×165 1290×830×2163	400 140

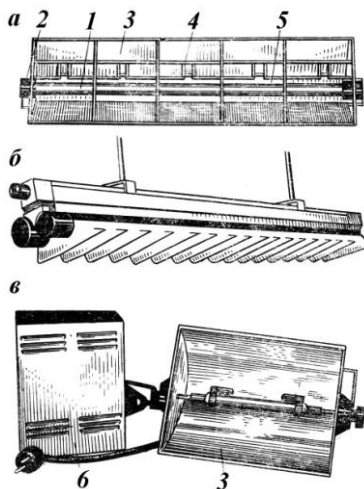
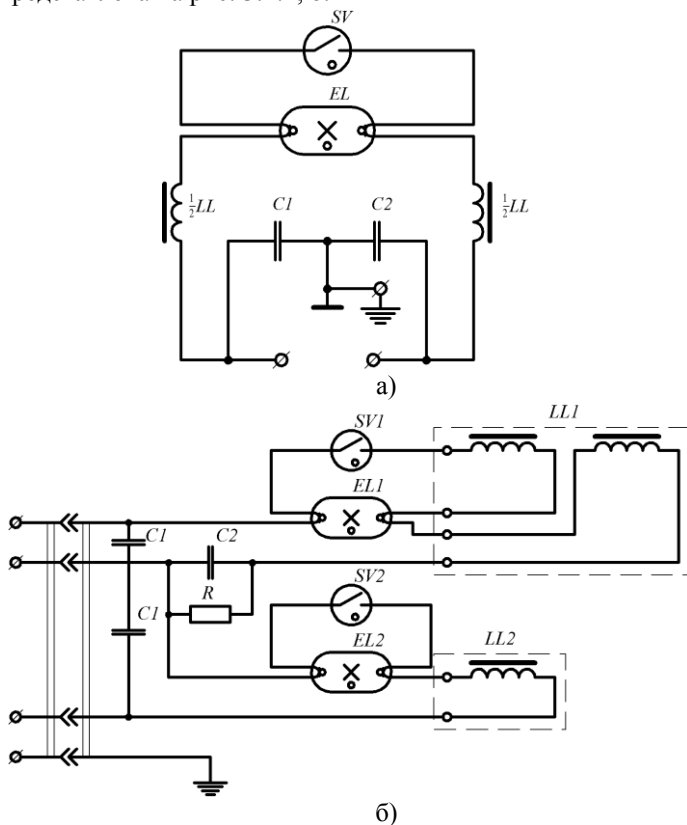
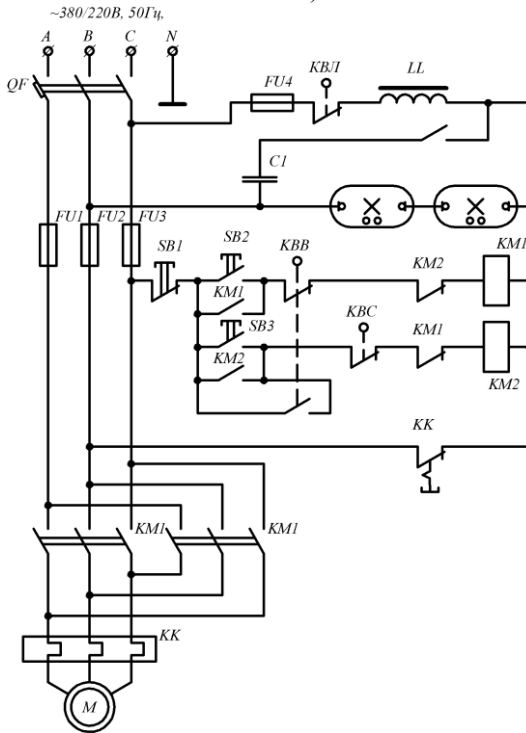
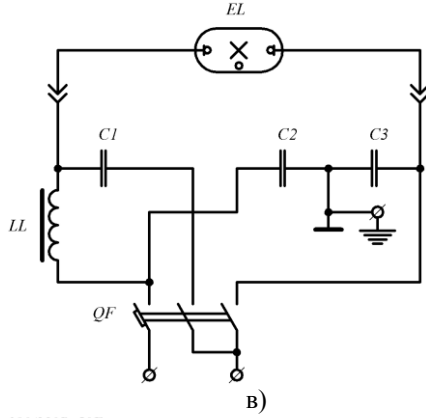


Рисунок 3.1.1 - Загальний вигляд ультрафіолетових опромінювальних установок: ЭО1-30М (а), ОЭСП02-2×40/П5'Х-01 (б) і ОРК (в);
1 - вітальна лампа; 2 - лампотримач; 3 - відбивач; 4 - захисна сітка;
5 - пуско-регулююча апаратура; 6-пуско-регулюючий пристрій

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 пиловологозахищеному виконанні. Схема електрична включення опромінювача ЭО1-30М представлена на рис. 3.1.2 а.

Світильник-опромінювач ОЭСП02-2×40/П5'Х-01 (рис.3.1.1, 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. 3.1.2, б.





г)

Рисунок 3.1.2 – Схеми електричні принципи: а) опромінювача ЭО1-30М; б) світильника-опромінювача ОЭСР02-2×40/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 бризкозахищеного 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 розрізання останніх.

Світильник-опромінювач ОЭСР02-2×40/П5'Х-01 виконаний в частково пиле-вологозахищеному 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 з лампою ДРТ400 і живлячого пускорегулювального пристрою, з'єднаних між собою гнучким кабелем довжиною 15 м (рис. 3.1.1 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. 3.1.2 в.

Призначення, будова, електрична схема і деякі технічні характеристики опромінювача ОРКШ аналогічні випромінювачу ОРК-2.

На рис. 3.1.3 представлено загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6.

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.

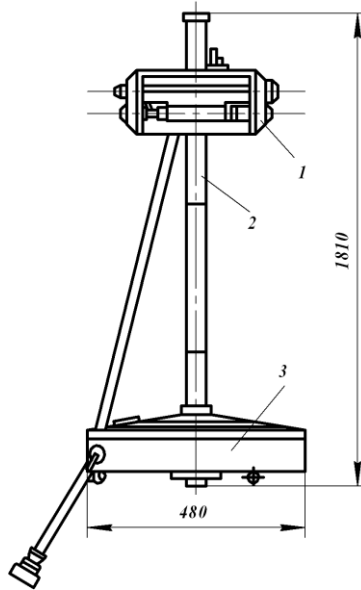


Рисунок 3.1.3 - Загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6: 1 - відбивач з лампою ДРТ-400; 2 - стійка; 3 - живлюча пускова регулююча апаратура

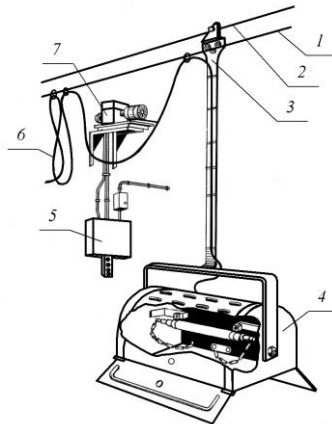


Рисунок 3.1.4 – Опромінювальна установка УО-4: 1 – несучий дріт; 2 – ведучий грос; 3 – роликва каретка; 4 – опромінювач з лампою ДРТ400; 5 – шафа керування; 6 – кабель живлення опромінювачів; 7 – приводна станція

Установка складається з 4-х рефлекторних опромінювачів з лампами ДРТ400, шафи управління, привідної станції і несучої конструкції (рис. 3.1.4). Несучу конструкцію виконують зі сталеві оцинкованої проволочки, 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 привідної 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. Кожний опромінювач може переміщатися зі швидкістю 0,3 м/хв. на відстані 35...42м. 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. 3.1.5). 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 зворотно 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 зубчатою 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.

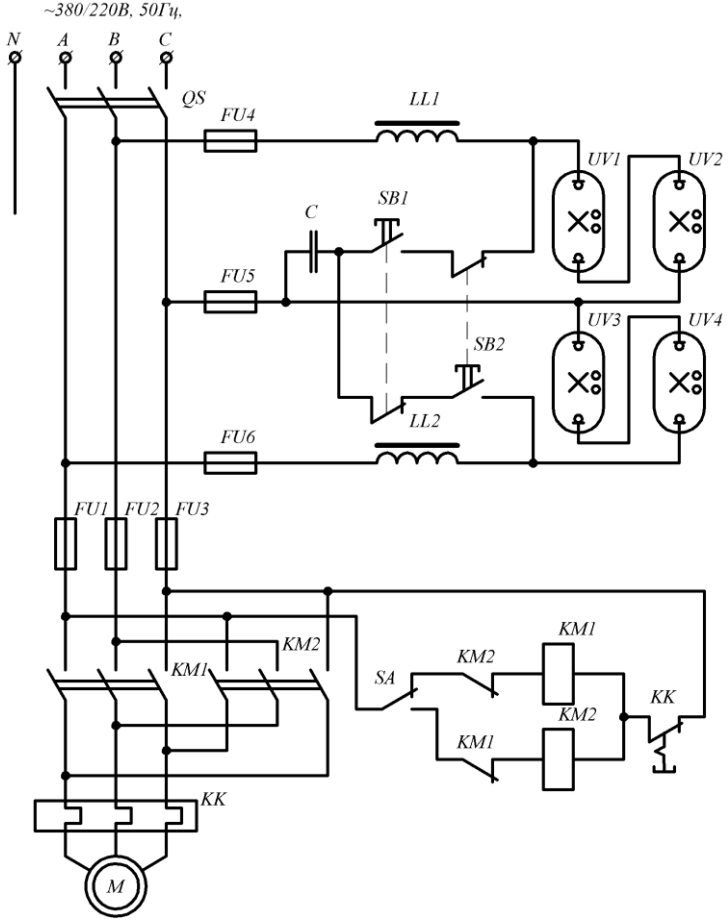


Рисунок 3.1.5 – Принципова електрична схема управління установкою ультрафіолетового опромінення УО-4

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.

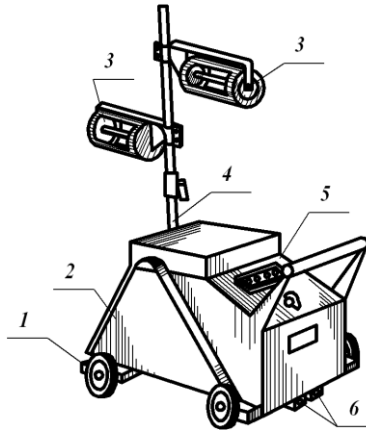


Рисунок 3.1.6 – Установа для опромінення птиці УОК-1: 1 – самохідне шасі; 2 – привод від електродвигуна до ведучих коліс і пристрою укладки кабелю; 3 – опромінювачі з лампами ДРТ400; 4 – штанга; 5 – панель управління; 6 – кінцеві вимикачі

Схема електрична принципова установки УОК-1 представлена на рис. 3.1.2 г.

З розглянутих ультрафіолетових опромінювальних установок у практиці сільськогосподарського виробництва перевагу віддають стаціонарним опромінювачам. Причому останнім часом намічається тенденція поєднання в одному пристрої джерел видимого і ультрафіолетового (бактерицидного і вітального) випромінювання. При розробці таких установок слідують двома шляхами: поєднанням в одному опромінювачі ламп видимого та ультрафіолетового (бактерицидного і вітального) випромінювання з незалежними схемами включення, як це виконано в опромінювача типів ОЭСП02-2×40, 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 замінять використовувані в даний час опромінювачі ОЭСП02-2×40 і ЭО1-30М відповідно.

3.1.3 Методика розрахунку стаціонарних і рухомих установок ультрафіолетового опромінення

Дозоване ультрафіолетове опромінення при стаціонарній установці опромінювачів ведеться за час її роботи при відомому значенні опроміненості на розрахунковій поверхні. Тому розрахунок стаціонарних установок ультрафіолетового опромінення зводиться до визначення кількості опромінювачів, опроміненості та часу опромінення, за яке опромінювальний об'єкт отримує необхідну добову дозу H_{Σ} (табл. 3.1.2).

Таблиця 3.1.2 – Рекомендуючі дози опромінення тварин

Вид та вікова група тварин	Допустима опроміненість, мер/м ²	Допустима нерівномірність	Доза опромінення за добу, мер·год/м ²
Телята до шести місяців	430	1,36	120 – 140
Телята старші шести місяців	570	1,28	160 – 180
Телиці та нетелі	650	1,35	180 – 210
Корови та бики	930	1,34	270 – 290
Поросята підсосні	83	1,5	20 – 25
Поросята - від'ємні	230	1,76	60 – 80
Свині на відгодівлі та свиноматки	250	1,7	80 – 90
Ягнята	480	1,27	220 – 240
Вівцематки	440	1,3	245 – 260
Курчата при утриманні на підлозі	58	1,76	15 – 20
Курчата при утриманні в клітках з решітчастими передніми стінками	75	1,57	20 - 25
Теж, але із штампованими передніми стінками	150	1,57	40 – 50
Кури – несучки при утриманні на підлозі	150	1,57	40 – 50
Кури несучки при клітковому утриманні	75	1,57	20 – 25

Для визначення опроміненості принципово можна застосувати відомі методи розрахунку освітлювальних установок з обов'язковим урахуванням деяких особливостей ультрафіолетового опромінення:

- 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_{Φ} , який приймають рівним 0,5...0,64 незалежно від кута падіння променів на поверхню (для сфери зазвичай приймають $K_{\Phi} = 0,5$, а для циліндра - 0,64);

- в якості розрахункової точки при визначенні тривалості роботи установки ультрафіолетового опромінення приймається точка з найбільшим опроміненням, що виключає переопромінення і опіки тварин 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 опромінення на горизонтальній поверхні. Коефіцієнт нерівномірності опромінення - відношення максимального опромінення 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 ЛЄ 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 (1.5.3 ... 1.5.9).

Основна розрахункова формула методу використання ефективного потоку наступна:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_B \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\Sigma} \cdot K_{\Phi}}{K_3 \cdot S}, \quad (3.1.1)$$

де E_{cp} – середня вітаопроміненість об'єкту, мвіт·м⁻²;

Φ_B – вітальний потік випромінювання в ефективних одиницях, віт.;

N_{Σ} – сумарна кількість джерел в установці ультрафіолетового опромінення, шт.;

η_0 – 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, м².

Коефіцієнт використання ефективного потоку визначається за табл. 3.1.3 з урахуванням індексу установки, який розраховують за формулою:

$$i = \frac{S}{H_p(a + b)}, \quad (3.1.2)$$

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:

$$E_{cp} \cdot K_3 \cdot z \leq E_{доп}. \quad (3.1.3)$$

де $E_{доп}$. – допустима вітаопроміненість, яка залежить від виду і віку тварин і птиці (табл.3.1.3).

При виконанні вимоги 3.1.3 виключаються місцеві опіки ультрафіолетовими променями поверхні тіла тварини.

Таблиця 3.1.3 – Значення коефіцієнта використання ефективного потоку в установках з ультрафіолетовими опромінювачами

Індекс установки	Опромінювачі з лампами ДРТ в стандартній арматурі	Опромінювачі з лампами ЛЕ і ЛЕО в стандартній арматурі	Індекс установки	Опромінювачі з лампами ДРТ в стандартній арматурі	Опромінювачі з лампами ЛЕ і ЛЕО в 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 H_{Σ} і середньої віта – опроміненості поверхні E_{cp} тривалість опромінення визначається за наступною формулою:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{CP}}, \quad (3.1.4)$$

де H_{Σ} – рекомендована добова вітальна експозиція опромінення, мвіт·м² (табл. 3.1.2).

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. 3.1.7), висоти підвісу джерела і нормованою вітальною експозицією опромінення H_{Σ} тобто:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_v K_a}, \quad (3.1.5)$$

де K_a - коефіцієнт, що враховує вплив арматури на перерозподіл променистого потоку в необхідному напрямку, $K_a = 1,2 \dots 1,4$.

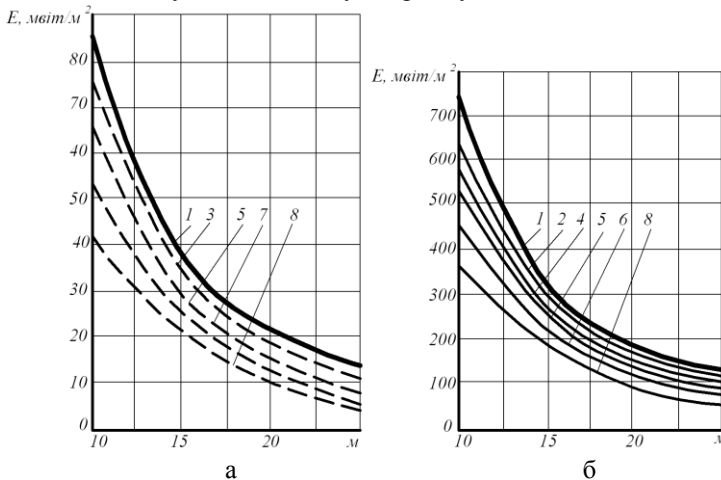


Рисунок 3.1.7 - Залежність вітальної опроміненості, створюваної лампою ЛЭЗ0-1 (а) і ДРТ400 (б), від відстані до опромінювальної поверхні та тривалості горіння ламп: 1 - нова лампа; 2 - після 100 год. експлуатації; 3 - після 150 год.; 4 - після 200 год.; 5 - після 300 год.; 6 - після 500 год.; 7 - після 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:

$$E_{\alpha} = \frac{\mu K_{\phi}}{H^2_p K_3} \sum_{i=1}^{N_s} I_{\alpha_i} \cos^2 \alpha_i, \quad (3.1.6)$$

де I_{α_i} - сила вітального випромінювання опромінювача під кутом α_i до вертикальної осі симетрії випромінювача, мВт·ср⁻¹;

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. 3.1.8).

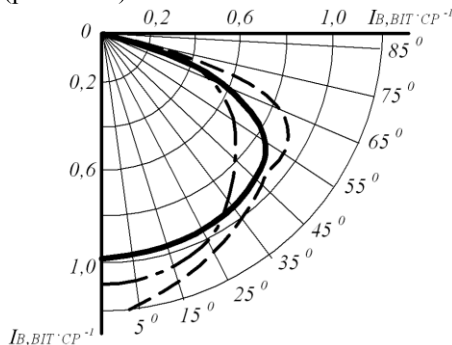


Рисунок 3.1.8 - Криві просторового розподілу сили вітального випромінювання опромінювальних установок УО-4М (——), ОРК-2 (— — —) і крива $I_{\alpha} = I_n \cos \alpha$ (—•—•—)

Розрахунок рухомих установок ультрафіолетового опромінення зводиться до визначення вітальної експозиції опромінення за один прохід

опромінювачів і кількості проходів при відомій розрахунковій висоті підвісу і швидкості переміщення опромінювачів.

Випромінювачі, пересуваючись зі швидкістю V на висоті H_p над розрахунковою точкою M , створюють в точці M змінну за значенням вітальну опроміненість, миттєве значення якої завжди можна визначити за формулою:

$$E_{ai} = \frac{K_\phi I_{ai} \cos^2 \alpha_i}{K_3 H_p^2}. \quad (3.1.7)$$

Як бачимо, при визначенні миттєвого значення вітальної опроміненості змінними є значення сили вітального випромінювання випромінювача під кутом α_i , до вертикальної осі симетрії опромінювача I_{ai} і квадрата косинуса кута α_i . Якщо тепер криву розподілу вітального потоку опромінювача з певним припущенням прийемо за косинусну, як це виконано для опромінювальної установки УО-4 на рис. 3.1.8, і апроксимуємо формулою виду:

$$I_\alpha = I_t \cos \alpha, \quad (3.1.8)$$

то загальна вітальна експозиція опромінення тварин або птиці при одноразовому проході опромінювачів приблизно визначиться за формулою:

$$H_1 = \frac{2K_\phi I_n \sin \alpha_k}{K_3 H_p v}, \quad (3.1.9)$$

де I_n - сила вітального випромінювання при $\alpha = 0$ для кривої $I_\alpha = I_n \cos \alpha$, апроксимуючої криву розподілу сили вітального випромінювання опромінювача.

У формулі (3.1.9) кут α_k визначається захисними властивостями арматури опромінювача або відстанню, при якій об'єкт опромінення потрапляє в тінь (рис. 3.1.9). Якщо об'єкт не затінюється різного роду стінками і захисний кут арматури опромінювача невеликий, то

$$\sin \alpha_k = \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + 4H_p^2}}, \quad (3.1.10)$$

а

$$H_1 = \frac{2K_\phi I_n}{K_3 H_p v} \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + 4H_p^2}}, \quad (3.1.11)$$

де L' - довжина повного проходження опромінювачів, м.

Знаючи нормовану добову вітальну експозицію опромінення тварини чи птиці H_{Σ} , зможемо визначити розрахункову кількість проходів опромінювача:

$$m = \frac{H_{\Sigma}}{H_1}, \quad (3.1.12)$$

або розрахункову тривалість роботи опромінювачів:

$$t = m \frac{L'}{v}, \quad (3.1.13)$$

при якій дійсна вітальна експозиція опромінення тварини чи птиці буде відповідати нормованій. При визначенні довжини ходу випромінювачів L' необхідно врахувати, що випромінювачі не повинні доходити до осі 0-0 і краю майданчика на відстань $l = 0,58 H_p$. В іншому випадку тварина, що знаходиться під цією віссю, отримає подвійну дозу опромінення.

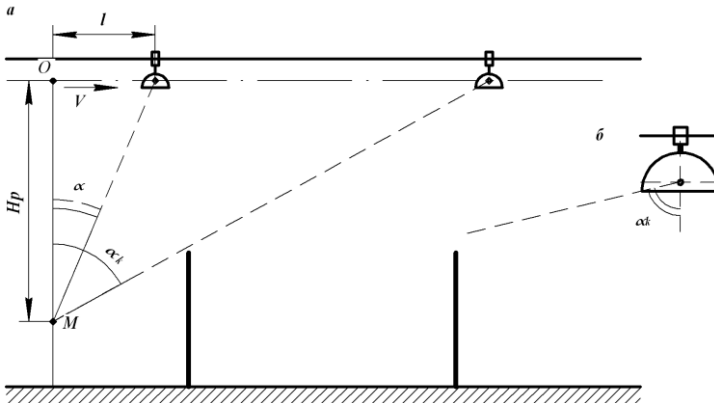


Рисунок 3.1.9 – До визначення α_k за умови затінення об'єкта опромінення стінкою станка (а) або арматурою опромінювача (б)

Задачу можна вирішити не тільки для визначення кількості проходів, але і висотою підвісу або швидкості переміщення опромінювачів при заданому до розрахунку кількості проходів. Наприклад, скориставшись формулами (3.1.9 і 3.1.12) розрахункову висоту підвісу опромінювачів визначимо як:

$$H_p = \frac{2K_{\phi} m l_n \sin \alpha_k}{K_3 H_{\Sigma} v}. \quad (3.1.14)$$

Орієнтовні значення часу роботи і висоти підвісу опромінювачів для необхідного виду і віку тварини і птиці можна визначити також скориставшись рекомендаціями табл. 3.1.4

Слід особливо відзначити, що важливою умовою успішної дії ультрафіолетового випромінювання є суворе дотримання його дозування та режиму. Загальновідомо, що на живі організми воно може бути добродійним, гнітючим або згубним, в залежності від його якості (спектрального складу) та кількості. Одну й ту ж експозицію тварина або птиця можуть отримати при безлічі поєднань опроміненості з тривалістю опромінення. Рекомендується використовувати більшу тривалість опромінення в поєднанні з малою опроміненістю. Однак при цьому тривалість опромінення не повинна перевищувати тривалості світлового дня.

Для точного дозування ультрафіолетового опромінення необхідно автоматизувати опромінювальну установку: стаціонарну - за тривалістю роботи випромінювачів, рухома - по кількості проходів.

При автоматизації необхідно звернути увагу на багатofакторний вплив на джерела ультрафіолетового випромінювання умов навколишнього середовища і відхилень напруги живильної мережі від номінального значення. Опромінювальні установки тваринницьких приміщень працюють в умовах хімічно активного навколишнього середовища, підвищеної вологості повітря, запиленості і т. п. Температура навколишнього повітря істотно впливає на потік ультрафіолетового випромінювання вітальних ламп. Найбільший вітальний потік лампи типу ЛЭ випромінюють при температурі навколишнього повітря близько 20°C. При підвищенні або зниженні температури повітря він зменшується, знижуючись до 85 % максимального значення вже при 35°C і 7°C. При підвищенні відносної вологості повітря в приміщенні дія ультрафіолетового випромінювання погіршується, що пояснюється зниженням вітального опромінення об'єкта у разі підвищення вмісту вологи в повітрі в наслідок зменшення його прозорості. Істотний вплив на ефективний потік має запиленість приміщення. За агрозоотехнічними вимогам проводиться чищення джерел і опромінювачів від пилу не рідше 1 разу на місяць, так як вітальний потік перед чищенням знижується за рахунок запилення на 25...28 % номінального.

На кожен відсоток зміни напруги мережі в 2 % оцінюється зміна вітального потоку джерел і не тільки кількісно, але і якісно. У зв'язку з цим для забезпечення необхідної дози опромінення при зниженні напруги мережі на 10 % час опромінення об'єкта випромінювачем з лампою ДРТ400 за інших рівних умов необхідно збільшити на 45%, а не на 20%.

Потік ультрафіолетового випромінювання також знижується в процесі експлуатації джерел навіть в межах номінального терміну служби. Наприклад, для лампи ДРТ400 ультрафіолетове випромінювання на 100 год. роботи зменшується на 10...12 %, за 200 год. - на 17...20 %, за

500 год. - на 35...40 % і до кінця терміну служби - більше ніж на 50 %. Для лампи типу ЛЭ ультрафіолетове випромінювання за 200 год. роботи зменшиться на 14...16 %, за 400 год. - на 26...28%, за 600 год. - на 36...40 % і до кінця терміну служби - на 50...55 %.

Таблиця 3.1.4 – Орієнтовні значення тривалості роботи і висоти підвісу ультрафіолетових опромінювачів і установок

Опромінюючі установки		Телята до 6 міс.	Телята старші 6 міс.	Телиці та нетелі	Корови та бики	Поросята-сисуні	Поросята від'ємні	Свиноматки і поросята на відгодівлі	Ягнята від трьох-денного віку	Вівцематки	Курчата при утриманні на підлозі	Кури-несучки	Опромінення яєць
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЗОІ-30М, ОЗ-1, ОЗ-2	Висота підвісу опромінювача від підлоги, м	2-2,2	2-2,2	2-2,2	2-2,2	1,8-2	1,8-2	1,8-2	1,8-2	1,8-2	2-2,2	2-2,2	-
	Площа опромінювальної поверхні випромінювача, м ²	15-20	15-20	15-20	8-10	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25	25-30	15-20	-
	Тривалість опромінення за добу, год.	3-3,5	3,5-4	4-4,5	8-10	1-1,5	2-2,5	2,5-3	4-5	5-6	1-1,5	2,5-3	-
ОЗСП02-2×40	Висота підвісу випромінювача від підлоги, м	2,2-2,5	2,2-2,5	2,2-2,5	2,2-2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	Площа опромінювальної поверхні випромінювача, м ²	15-20	15-20	15-20	15-20	-	-	-	-	-	-	-	-
	Тривалість опромінення за добу, год.	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3-4	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження таблиці 3.1.4

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ОРК-2, ОРКШ	Висота підвісу випромінювача від спини тварин, м	1,5	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	0,8 від лотка
	Тривалість опромінення за добу, год.	15-20	20-25	15-20	25-30	5	10	10	30-35	30-35	5	10	2-3
УО-4	Висота підвісу опромінювача від спини тварин, м	1,5	1,5	1,0	1,0	-	1,5	1,5	-	1,5	2-2,2 від підлоги	2-2,2 від підлоги	-
	Кількість проходів за добу	2	2	3	3	-	1	1	-	4	1 через добу	1	-

З урахуванням вищевикладеного вітальна експозиція опромінення, одержуваного об'єктом, може зменшитися до 30% від початкового до кінця терміну служби джерелом навіть при виконанні всіх вимог щодо застосування ультрафіолетового випромінювання. У цьому випадку продуктивність опромінюваних тварин або птиці не лише не досягне очікуваних величин, але може і зменшитися. Тобто, недооблік при дозуванні ультрафіолетового опромінення дії перерахованих факторів приводить до значних відхилень експозиції опромінення, одержуваного об'єктом, від нормованого значення, що здатне викликати негативний ефект або, в кращому разі, не визиває ніякого технологічного ефекту. Вплив зазначених факторів, і в першу чергу старіння джерел при експлуатації, в якійсь мірі враховується введенням коефіцієнта запасу. Однак в цьому випадку для нових джерел фактична вітаопроміненість значно вища, ніж розрахована за формулами. Тому тривалість опромінення і число проходів тут необхідно скоротити до:

$$t_n = \frac{t}{K_3}, \quad (3.1.15)$$

$$m_n = \frac{m}{K_3}. \quad (3.1.16)$$

По мірі старіння ламп t і m слід збільшувати з урахуванням зміни ефективного потоку ламп. Необхідно також коректувати час опромінення чи кількість проходів з урахуванням температури, вологості і запиленості приміщень, значення напруги живильної мережі.

Крім того, програму на початку опромінення тварин або птиці потрібно задавати частками від повної розрахункової тривалості з перервами в декілька діб. До повної норми можна переходити через 7...15 днів після початку опромінення. Це викликано тим, що організм тварин і птиці, особливо молодняку, повільно адаптується до ультрафіолетового випромінювання.

3.1.4 Використання ультрафіолетового опромінення в різних технологічних процесах сільськогосподарського виробництва

Крім розглянутих випадків використання УФ випромінювання у тваринництві та птахівництві, УФ опромінення використовується як технологічний прийом ще більш ніж у 20 процесах сучасного сільськогосподарського виробництва.

Водопостачання сільських населених пунктів і ферм часто виконують на базі відкритих водоймищ (ріки, водосховища), колодязів шахтного та артезіанського типу. За даними державних стандартів в 1 літрі води джерел питного водопостачання може утримувати до 10^3 мікробних тіл. Тому перед подачею в розподільні водопроводи вода повинна пройти очищення і бути знезаражена.

Чиста вода, в якій відсутні зважені частинки і колоїдні речовини, добре пропускає короткохвильове УФ випромінювання, що володіє сильною бактерицидною дією. Властивість випромінювань з довжиною хвилі менше 280 нм згубно діяти на бактерії покладено в основу способу знезараження води УФ випромінюванням.

УФ знезараження води має наступні перевагами перед широко поширеним знезараженням води методом хлорування: природний склад, смакові якості та хімічні властивості води не змінюються, випромінювання згубно діє на всі види бактерій, експлуатація УФ установок простіша і зручніша, ніж установок хлорування, вартість обробки води випромінюванням в 2 ... 3 рази нижча, ніж хлоруванням. Витрата електричної енергії на обробку води з підземних джерел дорівнює $10...15 \text{ Вт}\cdot\text{год}\cdot\text{м}^{-3}$, з відкритих джерел після освітлення фільтрами - $30 \text{ Вт}\cdot\text{год}\cdot\text{м}^{-3}$. У знезаражувальних установках застосовують бактерицидні лампи типу ДБ і ртутно-кварцові лампи високого тиску ДРТ 1000.

Відомі два види установок УФ знезараження води - з незануреними і зануреними джерелами випромінювання.

Установка з незануреними джерелами випромінювання представляє собою кілька лотків, над якими в параболічних відбивачах розташовані бактерицидні лампи типу ДБ 60. Вода в лоток надходить самопливом через перфоровану перегородку, проходячи через отвори, в

яких вона завихрюється і перемішується. Протікаючи по лотку, вода піддається опроміненню і знезараженню. Поперек лотка встановлена перегородка, над якою тонким шаром вода проходить зону найбільшого опромінення. Минувши один лоток, вода надходить у наступний, і процес її знезараження повторюється знову. Подібні установки мають невелику потужність, розраховані на малі витрати води та призначені для роботи без водяного напору. Приклад установки з незануреними джерелами показано на рис. 3.1.4

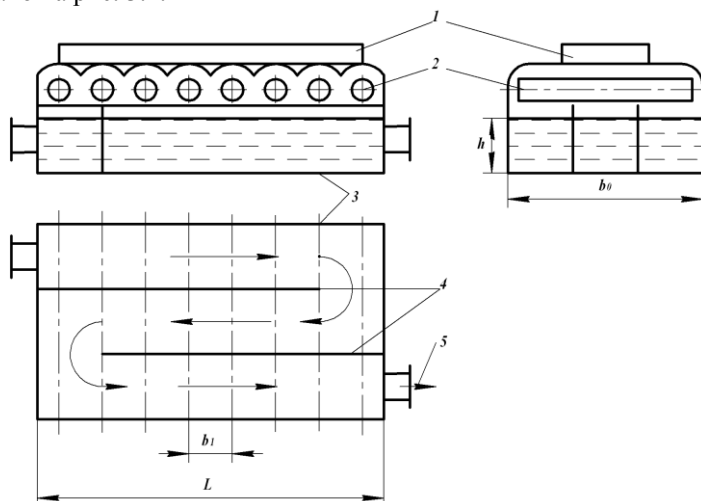


Рисунок 3.1.4 – Ескіз установки для знезараження води з незануреними джерелами бактерицидного випромінювання: 1 – пускова регулююча апаратура ламп; 2 – бактерицидні лампи; 3 – корпус установки; 4 – перегородки; 5 – напрямлення руху води

Більшого поширення набули установки з зануреними джерелами випромінювання. У них знезаражена вода безперервним потоком по спіралі обмиває циліндричні кварцові чохла, усередині яких розміщені бактерицидні лампи ДБ 60, ДРТ1000 або спеціальні ртутно-кварцові лампи РКС2,5 потужністю 2,5 кВт. Деякі установки для очищення кварцових чохла від осаду забезпечені щітковим механізмом зі спіральними турбінками, які приводяться в обертання потоком води (установка ОВУ-6П АКХ-ВІЕСГ). Подібні установки включаються безпосередньо в мережу водопроводу. Приклад установки з зануреними джерелами показано на рис. 3.1.5.

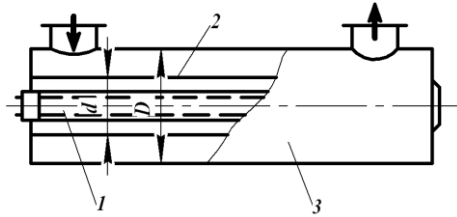


Рисунок 3.1.5 – Установа проточного зануреного бактерицидного випромінювача (секції ОП-1П): 1 – лампа типу ДБ; 2 – кварцовий чохол; 3 – корпус випромінювача

Знезараження тваринницьких стоків перед використанням їх як добрива - дуже важлива і складна проблема, пов'язана з охороною навколишнього середовища від забруднення і запобігання людей і тварин від гельмінтового зараження.

У РІЕСГе (Росія) проведено лабораторні експериментальні дослідження з виявлення ефективності знезараження тваринницьких стоків УФ випромінюванням. Дослідження довели, що при опроміненні вільно збігаючої по поверхні бактерицидної лампи шару рідини товщиною 1,5 мм вже через 3...4 с гинуть яйця фасциол і 20...30 % яєць свинячої аскариди.

Пастеризація молока УФ випромінюванням з довжиною хвилі 254 нм в 6...8 разів дешевше теплової обробки. Дослідженнями ЦНІПТМЕЖ Південної зони і РІЕСГ (Росія) встановлено режими та ефективні дози знезараження молока УФ випромінюванням. Дозоване опромінення молока при температурі 10...24°C зменшує вміст у ньому мікроорганізмів на 93...99,7 %, підвищує вміст вітаміну D не змінюючи натуральних властивостей молока.

Знезараження повітря УФ випромінювання все частіше застосовують в продуктових складах, овочесховищах, молочних відділеннях, профілакторіях, пунктах штучного осіменіння.

УФ випромінювання згубно діє на завислі в повітрі мікроорганізми, що поширюють багато інфекційних захворювань.

Для знезараження повітря, стін приміщень і предметів які знаходяться в них, використовують бактерицидні лампи типу ДБ30, ДБ60 в відповідних опромінювачах, виходячи з питомої потужності $0,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-3}$ у великих приміщеннях і до $2,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-3}$ у малих. Якщо знезараження проводиться у присутності людей, то щоб уникнути запалення слизових оболонок очей і дихальних шляхів бактерицидна опроміненість не повинна перевищувати $0,5\cdot 10^4 \text{ мкб}\cdot\text{м}^{-2}$ при восьмигодинному перебуванні людей в опромінюваному приміщенні і $0,1\cdot 10^4 \text{ мкб}\cdot\text{м}^{-2}$ при цілодобовому.

Опромінювачі з бактерицидними лампами слід розміщувати на висоті 1,8...2 м від підлоги, попадання прямого випромінювання ламп в очі людини повинно бути виключено.

Відомі позитивні результати використання бактерицидних ламп ДБ30, встановлених у пташниках з розрахунку: одна лампа на 50 м³ повітря. Під дією випромінювання ламп, що включаються три рази на добу на 1 год., мікрофлора знижується на 50...70 %, підвищується біологічна активність повітря за рахунок його іонізації та знезараження, несучість курей збільшується на 5...7 %.

Досить перспективним представляється знезараження повітря УФ випромінюванням у вентиляційних каналах. Досвід використання такої установки показав, що установка на початку вентиляційного каналу двох дифузорів з 30 лампами ДБ 30 кожен знизилася бактеріальну забрудненість в пташнику на 80...95 %, поліпшила йонний склад повітря, знизилася концентрація вмісту сірководню та вуглекислого газу, здійснила дезодоруючу дію за рахунок окислення озonom газів складових, що володіють поганим запахом. Повітря, що піддається обробці УФ випромінюванням, повинно бути вільне від пилу, який різко знижує ефективність опромінювачів і вимагає їх частого періодичного чищення.

Значний ефект дає застосування бактерицидних ламп для знезараження повітря в приміщеннях, де зберігаються швидкопсуваючі продукти. Питома потужність установки повинна становити не менше 0,6 Вт·м⁻³, тривалість опромінення - більше 9 годин. При УФ опроміненні в камерах холодильників, рефрижераторах і у продуктових камерах кораблів температура зберігання може бути підвищена на 4...5° по відношенню до стандартної при відносній вологості повітря 95...98 % і не менше ніж п'ятикратної його заміни на годину.

Стерилізація посуду і тари - добре відома в нас у країні і за кордоном область застосування ультрафіолетового випромінювання. Тривалість опромінення визначається застосовуваним джерелом випромінювання і характеристиками опромінювальної поверхні. Відомі установки для обробки транспортних молочних ємностей (ВНДІТ, Росія) з двома лампами ДБ30 знижують бактеріальну зараженість на 84...97 % за 40 хв. опромінення; установка з лампою ДРТ 400 дозволяє досягти 100 % стерилізації за 24 хв., а з лампою ДРТ 1000 - за 3...6 хв. Опромінення лампою ДБ15 оцинкованого заліза або дерев'яної поверхні з відстані 0,2 м за перші 30 с знижує 90...95 % не споруутворюючих мікроорганізмів. Для знищення спор тривалість опромінення необхідно збільшити до 5...15 хв. Забрудненість і шорсткість поверхні значно знижують ефект опромінення.

Обробка насіннєвого матеріалу УФ випромінюванням в оптимальних дозах вказує позитивну дію на його якість (схожість, енергія

проростання) і в підсумку на терміни дозрівання і врожайність. При опроміненні насіння цукрових буряків урожайність зростає на 7...9 %, вміст цукру збільшується на 15...19 %. Збільшуються врожаї кормової моркви, вирощеної з насіння, обробленого УФ випромінюванням. Насіннєве зерно після опромінення має на 3...5 % більш високу схожість і на 10...15 % більшу енергію проростання. Опромінене насіння дає більш ранні і дружні сходи, термін дозрівання врожаю зменшується на 2...3 дні.

Для обробки насіннєвого матеріалу застосовують опромінювальну установку УОЗ-2 (рис. 3.1.6). Зерно з бункера 2 переміщується по вібруючому лотку 5, протягом 55...60 с під дев'ятьма лампами ДРТ 1000 1. Лоток довжиною 6 м і шириною 0,9 м приводиться в рух електродвигуном 6 потужністю 0,6 кВт. Під першою секцією лотка розміщується пиловідсмоктувач 3 з повітряпроводом і вентилятором 4, що приводиться в обертання електродвигуном потужністю 0,25 кВт. Дугові ртутно-кварцові лампи установки розміщені на висоті 0,65 м над транспортером в коробчастому кожусі-відбивачі і включені через регулюючі активні баластні опори. Потужність установки 16 кВт, продуктивність 1...1,5 т зерна на годину.

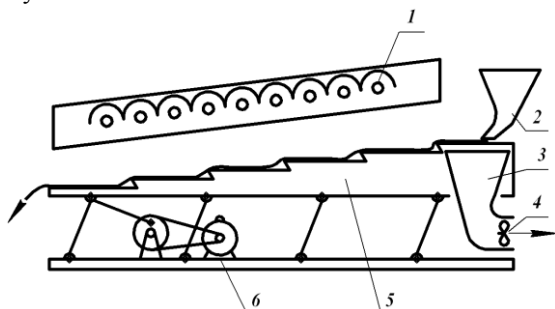


Рисунок 3.1.6 – Схема установки УОЗ-2 для передпосівної обробки зерна УФ опроміненням: 1 – лампа ДРТ1000 в кожусі – відбивачі; 2 – бункер подачі зерна; 3 – піловідсмоктувач; 4 – вентилятор; 5 – вібруючий лоток; 6 - електродвигун

Залучення і знищення комах за допомогою оптичних пасток дозволяють прогнозувати масовий вивід і наліт комах-шкідників. Хімічний засіб боротьби з комахами-шкідниками, широко використовуваний в даний час, наносить непоправної шкоди живим організмам в обробленій зоні. Гинуть тварини і птахи, відзначені випадки отруєння людей, отрутохімікати накопичуються в ґрунті і тривалий час надають негативну дію на флору і фауну. У той же час комахи-шкідники знаходять імунітет до отрутохімікатів, і нерідко після тимчасового спаду кількості шкідників настає період їх бурхливого розмноження.

Ультрафіолетове випромінювання в нічний час привертає комах до пасток, де вони знищуються. Залучені комах засмоктуються вентилятором, поблизу якого встановлені УФ джерела випромінювання, або уражаються електричними розрядами при торканні металевих сіток, на які подано напруга 1,5...10 кВ з вторинної обмотки трансформатора пастки.

В якості джерел УФ випромінювання в оптичних пастках використовуються лампи типів ЛЭ, ДБ або ДРТ.

Для боротьби з комахами на великих площах треба було б велике число пасток і вельми розгалужені і протяжні електричні мережі. У цьому випадку економічно виправдане використання мобільних агрегатів для електрофізичної боротьби з комахами-шкідниками сільськогосподарських рослин. Один з таких агрегатів у вигляді тракторного навісного обладнання розроблений в ВІММЕССе (Болгарія) (рис. 3.1.7).

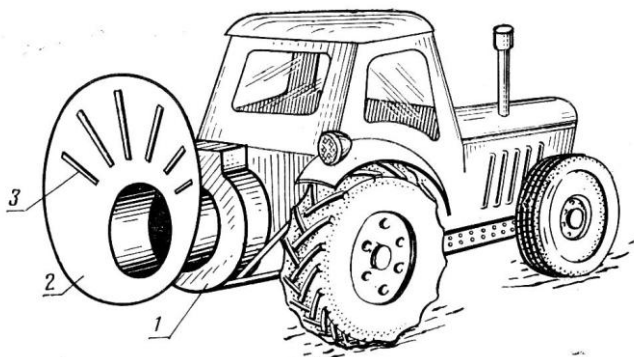


Рисунок 3.1.7 - Мобільний агрегат для боротьби з комахами-шкідниками:

- 1 - вентилятор для знищення комах; 2 - дифузор вентилятора;
- 3 - еритемні люмінесцентні лампи ЛЭ15

Мобільний агрегат являє собою трактор з навішеним на нього осьовим вентилятором 1, що приводиться в обертання валом відбору потужності трактора. Засмоктуючий отвір вентилятора забезпечено дифузором 2 спеціальної форми, який забезпечує захоплення потоком повітря комах. Комах залучаються лампами 3 ЛЭ15, розміщеними на поверхні дифузора і отримують живлення від синхронного генератора змінного струму потужністю 3,6 кВт, встановленого на тракторі.

Експлуатація таких агрегатів в яблуневих садах Болгарії знижує витрати на боротьбу з комахами-шкідниками на 30 % в порівнянні з хімічними методами боротьби і зменшує залишкову кількість ядовитих хімікатів у плодах в 3,3 рази.

4.1 Установки інфрачервоного опромінення

4.1.1 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 недосконалий. 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 молодняку 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 пухопір'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. 4.1.1 показано спектр поглинання ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними тканинами людини, а на рис 4.1.2 спектри поглинання води, тіла чорного і білого теляти.

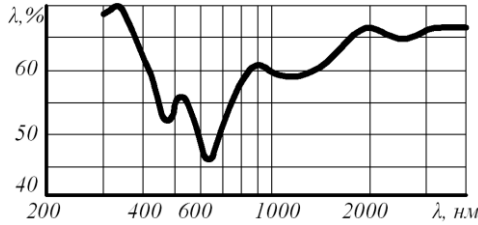


Рисунок 4.1.1 - Спектр поглинання ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними тканинами людини

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.

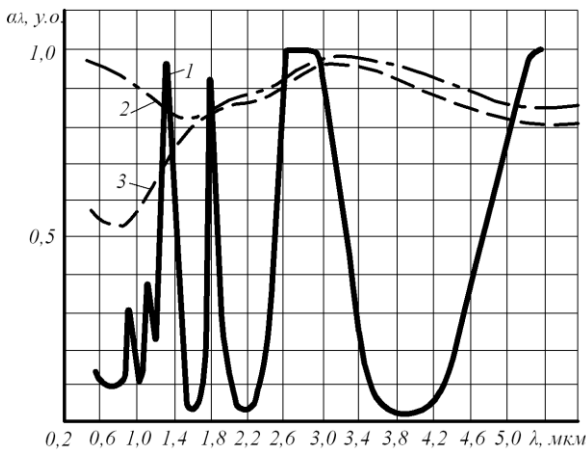


Рисунок 4.1.2 – Спектр поглинання: 1 – води; 2 – тіла чорного теляти; 3 – тіла білого теляти

На рис. 4.1.2 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.

На рис. 4.1.3 наведено дані про глибину проникнення монохроматичного випромінювання (у відсотках).

В і д о б р а ж е н н я

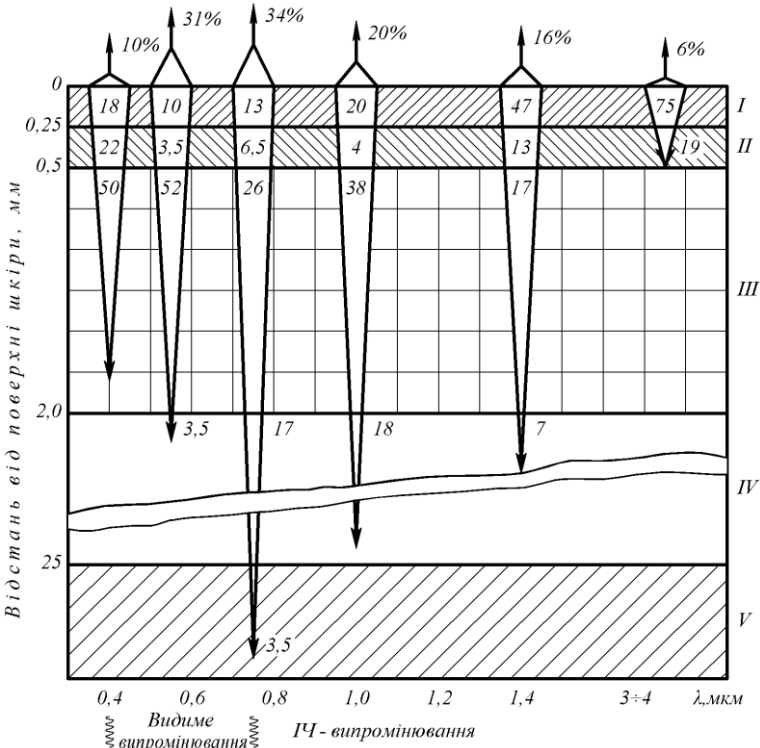


Рисунок 4.1.3 - Глибина проникнення видимого та інфрачервоного випромінювання в шкіру та підшкірні тканини тварини

Шкіра являє собою комплекс, що складається різних шарів – епідермісу I, мальпігійового шару II, сполучнотканинної частини III. Потім розміщується підшкірна тканина IV і більш глибоко лежать тканини V. З рис. 4.1.3 видно, що видиме випромінювання повністю поглинається шкірою, тоді як короткохвильове випромінювання в значній мірі проникає в підшкірну тканину. 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, проникає 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-опромінювання на відміну від інших засобів місцевого обігріву не тільки охороняє тварин від переохолодження, а й викликає посилення біологічних процесів в організмі, сприяє підвищенню ефективного тонусу і природних захисних сил організму.

Специфічність дії дозволяє також використовувати ІЧ-опромінювання 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-опромінювання в організмі тварини відбувається активація кровотворних органів і спостерігається збільшення в крові кількості еритроцитів і лейкоцитів, вмісту гемоглобіну, зміни у вмісті білкових фракцій крові, підвищується рівень імунологічної реактивності організму до різноманітних захворювань.

4.1.2 Опромінювачі та установки для опромінювання 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. 4.1.4) розроблений на базі світильника «Астра-12» і модифікований до лампи типу ИКЗК 220-250.



Рисунок 4.1.4 – 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. 4.1.5, а, б) випускається з лампою типу ИКЗ 220-500 - ОРИ-2 - з лампою типу ПС-70/Е-11010-375.

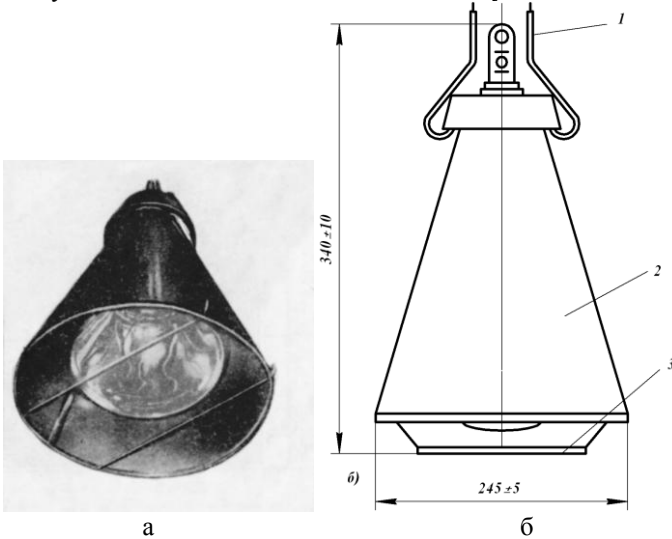


Рисунок 4.1.5 – Інфрачервоний опромінювач типу ОРИ-1: а) загальний вигляд; б) схема конструкції: 1 – підвіска; 2 – корпус; 3 – сітка

Опромінювач ветеринарний типу ОВИ-1 (рис. 4.1.6) 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.

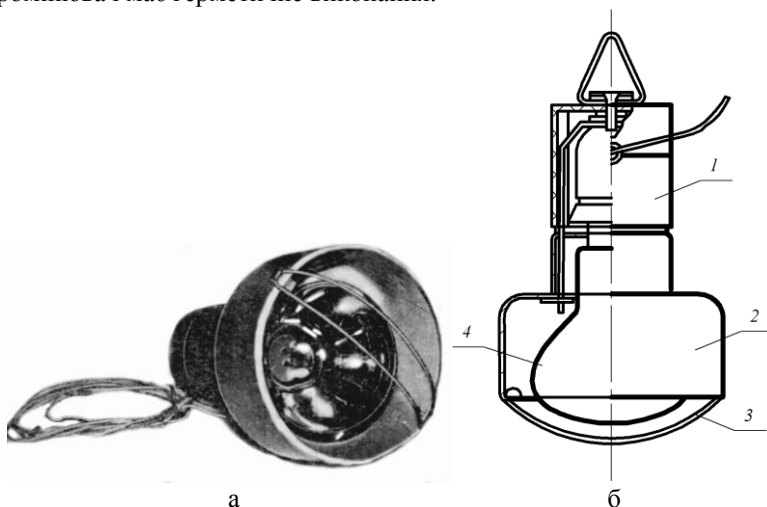


Рисунок 4.1.6 – Опромінювач ветеринарний типу ОВИ-1: а) загальний вигляд; б) розріз: 1 – корпус; 2 – пластмасовий ковпак; 3 – захисна сітка; 4 – ІЧ-лампа

В даний час серійно випускається опромінювач «Латвіко» з лампою типу КИ 220-1000. Корпус випромінювача коробкової форми, виготовлений з оцинкованої жерсті. Всередині корпуса розташована лампа з відбивачем, захищена знизу металевою сіткою. Опромінювач підвісний, кріпиться до натягнутого тросу за допомогою дроту за вушка корпуса.

Розроблено опромінювач типу ОЭИ-500. Зовнішній вигляд аналогічний «Латвіко». Всередині закріплені фарфорових патрона для ламп типу ИКЗК 220-250. Підвішується випромінювач до тросу на ланцюгах, це дозволяє змінювати висоту підвісу. Параметри деяких ІЧ-опромінювачів наведено в табл. 4.1.1.

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.

Таблиця 4.1.1 – Параметри ІЧ-випромінювачів

Тип опромінювача	Тип джерела	Габарити, мм	Маса, кг
ССП01-250-001	ИКЗК-220-250 або ИКЗС-220-250	250×390	1,4
ОРИ-1	ИКЗК-220-500	340×245	1,5
ОВИ-1	ИКЗК-220-500	320×185	1,5
ОВИ-2, ОРИ-2	ИКЗК-220-250	180×320	1,5
ОСХ-01-1000	КГТ-220-1000	440×250×220	2,5
ССП05-250	ИКЗК-220-250	230×362	0,9
ОКГ-1376А	ТЭН-400×3	500×290	6,9
«Латвіко»	КИ-220-1000	400×250×220	2,5
ОЭИ-500	ИКЗК-220-250 (2)	470×250×400	4,0

В Англії для обігріву курчат фірми «Елтекс» і «Шелдон» випускають опромінювачі з ІЧ-лампами потужністю 250 Вт. Корпус опромінювача представляє собою алюмінієвий абажур, покритий емаллю, діаметром 290 мм. Опромінювач розрахований на 75 курчат. Опромінювачі спеціальними засобами можуть бути з'єднані по два, відстань між центрами лампи біля 450 мм. Такий опромінювач розрахований на 150 курчат.

Фірма «Філіпс» випускає опромінювачі з лампами потужністю 250 Вт, які використовуються для обігріву поросят, телят, ягнят. Колба лампи матова або рубінова, чи синього кольору.

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. 4.1.7) представляє собою сталений кожух з закріпленими у верхній його частині трьома ТЕНами.



Рисунок 4.1.7 – 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. Основні параметри обігрівачів ОКБ-3296 і ОКБ-1376А приведені в табл. 4.1.2.

Таблиця 4.1.2 – Основні параметри опромінювачів ОКБ-3296 і ОКБ-1376А

Тип	Потужність, Вт	Напруга, В	Габаритні розміри, мм	Маса, кг	Тип цоколя	Термін служби, год
ОКБ-3296	500	220	290×460	3,0	E40/45	9000
ОКБ-1376А	3×400	380/220	500×290	6,9	-	9000

Для місцевого обігріву молодняка 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. 4.1.8 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.4.1.8 б). Опромінювачі R1..R4 зібрані в схему рівно плечового мосту, в діагональ якого включена сигнальна лампа HL2, яка запалюється при перегоранні одного з ТЕНів.

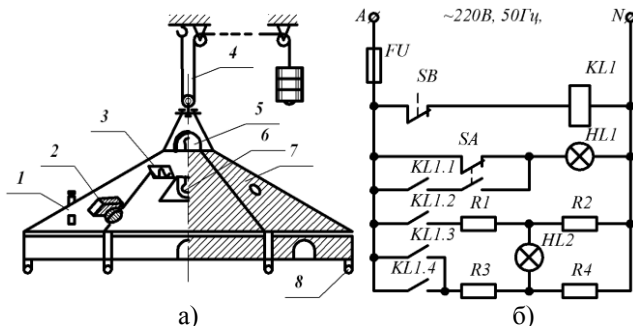


Рисунок 4.1.8 – а) Загальний вигляд брудера БП-1, б) Принципова електрична схема брудера БП-1: 1 – контрольний термометр; 2 – терморегулятор; 3 – ІЧ-опромінювач; 4 – тросова підвіска з противагами; 5 – сигнальна лампа перегорання ТЕНів; 6 – лампа освітлення; 7 – корпус; 8 – упори

Температура під парасолькою брудера підтримується на заданому рівні з точністю до 2...3 °С температурним реле на базі сильфону з легко випарною рідиною. При підвищенні температури рідина в сильфоні випаровується, обсяг сильфону 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 HL1, яка під час встановлення температурного режиму може включитися 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.

4.1.3 Методика розрахунку і вибору установок інфрачервоного випромінювання

В основу розрахунків установок локалізованого ІЧ-опромінювання молодняка покладено точковий метод, використання якого обумовлено необхідністю врахування нерівномірності розподілу опромінювання. Потрібну рівномірність опромінювання 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 опромінюваності, а також у забезпеченні в зоні обігріву рівномірного опромінювання.

Такий підхід до розрахунку ІЧ опромінювальних установок відповідає вимогам мінімізації енерговитрат в процесі локалізованого обігріву молодняка тварин і птиці.

На рис. 4.1.9 наведена крива $E(r)$ розподілу опроміненості на горизонтальній поверхні під опромінювачем.

Нерівномірність ІЧ опромінення не повинно виходити за межі:

$$Z = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}. \quad (4.1.1)$$

Така зона обігріву являє собою в плані коло радіусом r . За його межами опроміненість нижче допустимої - $E < E_{\min}$

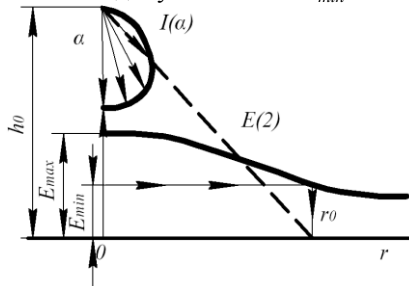


Рисунок 4.1.9 - Розподіл ІЧ опроміненості на горизонтальній поверхні під опромінювачем

Щоб виключити непродуктивні витрати енергії, необхідно площу, зони опромінення прийняти рівною тій площі, яка потрібна виділеному числу тварин при локалізованому обігріві:

$$\pi r_p^2 = n_m S_m, \quad (4.1.2)$$

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, м².

Радіус зони опромінення з допустимою нерівномірністю прямо пропорційний висоті розташування опромінювача:

$$\frac{r_p}{h_p} = \frac{r_0}{h_0}, \quad (4.1.3)$$

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 (4.1.2.) і (4.1.3) розрахункова висота розташування опромінювача:

$$h_p = \frac{h_0}{r_0} \sqrt{\frac{n_m S_m}{\pi}}. \quad (4.1.4)$$

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} :

$$E_{mp} = n_l E_{л.р.}, \quad (4.1.5)$$

де n_l - число ламп в опромінювачі;

$E_{л.р.}$ - опроміненість, Вт/м², 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, Вт/м², в зоні обігріву

$$E_{л.р.} = E_{л.н.} \left(\frac{U_p}{U_n} \right)^2, \quad (4.1.6)$$

де $E_{л.н.}$ - опроміненість, створювано однією лампою при розрахунковій висоті h_p і номінальній напрузі живлення, Вт/м²;

U_p - напруга, що підводиться, В.

З урахуванням відношення (4.1.6) вираз (4.1.5) прийме вигляд:

$$E_{mp} = n_l E_{л.н.} \left(\frac{U_p}{U_n} \right)^2. \quad (4.1.7)$$

За формулою (4.1.7) можна визначити необхідну кількість ламп і розрахункову напругу на установці. Розрахункове число $n_{л.р.}$ ламп знаходять при номінальній напрузі на установці $U_p=U_n$:

$$n_{л.р.} = \frac{E_{m.p.}}{E_{л.н.}}. \quad (4.1.8)$$

Фактично прийняте число ламп в опромінювачі повинно бути цілим і більше розрахункового ($n_l \geq n_{л.р.}$).

Розрахункову напругу на опромінювачі визначають за формулою (4.1.7) з урахуванням відношення (4.1.5) при прийнятому числі n_l ламп в опромінювачі:

$$U_p = U_n \sqrt{\frac{E_{m.p.}}{E_{л.р.} \cdot n_l}} = U_n \sqrt{\frac{n_{л.р.}}{n_l}}. \quad (4.1.9)$$

В якості необхідної опроміненості може бути прийняте будь-яке її значення в межах зони обігріву $E_{\max} \geq E_{\text{тр}} \geq E_{\min}$. Однак зручніше скористатися E_{\min} або E_{\max} , значення яких вже відомі. Прийнявши максимальні значення, отримаємо:

$$E_{mp} = K_m (t_{n \max} - t_n), \quad (4.1.10)$$

де $t_{n \max}$ - максимальна рекомендована температура в зоні локалізованого обігріву, $^{\circ}\text{C}$.

Опроміненість $E_{л.н}$ при номінальній напрузі можна визначити, використовуючи відоме співвідношення висоти розташування опромінювача і опроміненості під ним

$$E_{л.н} = E_{л.\max} = E_{0\max} \frac{h_0^2}{h_p^2}, \quad (4.1.11)$$

де $E_{0\max}$ - реперне значення максимальної опроміненості в зоні обігріву, яке відповідає реперній висоті h_0 розташування опромінювача, Вт/м^2 .

Правильна експлуатація інфрачервоних опромінювальних установок, що забезпечує максимальне збереження і продуктивності молодняка тварин і птиці, передбачає систематичний контроль теплового режиму в зоні обігріву.

4.1.4 Автоматизовані установки інфрачервоного обігріву і ультрафіолетового опромінення молодняка тварин і птиці

В установках забезпечення оптимального температурного режиму утримання молодняка тварин і птиці широко використовується інфрачервоний обігрів. Однак він найбільш ефективний у поєднанні з одночасним ультрафіолетовим опроміненням.

Спільна дія інфрачервоних і ультрафіолетових променів надає найбільш сумарний біологічний вплив на тварин і птицю, недосягне 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 молодняка і на 10...15 % - збереження.

Для одночасного інфрачервоного і ультрафіолетового опромінення

молодняка сільськогосподарських тварин і птиці розроблені і серійно випускаються промисловою стаціонарні автоматизовані установки ИКУФ-1, ИКУФ-1М, «Луч» і «СОЖ»-1 (табл. 4.1.3).

Таблиця 4.1.3 – 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

Ці установки призначені для місцевого обігрівання порослят-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).

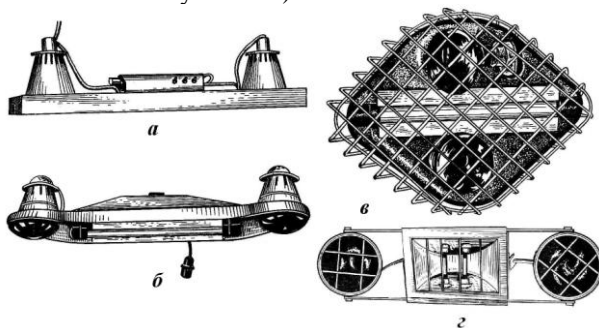


Рисунок 4.1.10 – Загальний вигляд опромінювачів автоматизованих установок інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення молодняка тварин та птиці: а) ИКУФ-1; б) ИКУФ-1М; в) «Луч»; г) СОЖ-1

Опромінювальні установки ИКУФ-1 і ИКУФ-1М (рис. 4.1.10 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.4.1.11). Знизу опромінювач закритий решіткою. За допомогою трипровідного шнура і штепсельного роз'єму він підключається до мережі. Підвішують опромінювачі над зоною відпочинку молодняку на тросі або підвісках із сталевого дроту за спеціальні дужки.

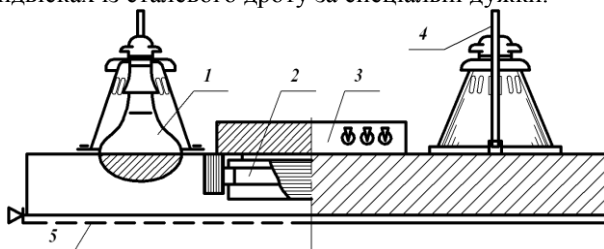


Рисунок 4.1.11 – Конструкція опромінювальної установки ИКУФ-1:
 1 – ІЧ-лампа; 2 – вітальна лампа; 3 – кожух ПРА з перемикачами;
 4 – підвіска; 5 – захисні решітки

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 пилевологозахисною, на них відсутні перемикачі, які призначені для індивідуального управління інфрачервоним обігрівом і ультрафіолетовим опроміненням молодняку.

Схема управління роботою установки ИКУФ-1 передбачає два режими роботи: автоматичний і ручний. (рис. 4.1.12). 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. 4.1.10, в). На опромінювачі під захисним кожухом розташована пускорегулююча апаратура ультрафіолетової лампи. Знизу опромінювач закритий металевою 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. (рис.4.1.13).

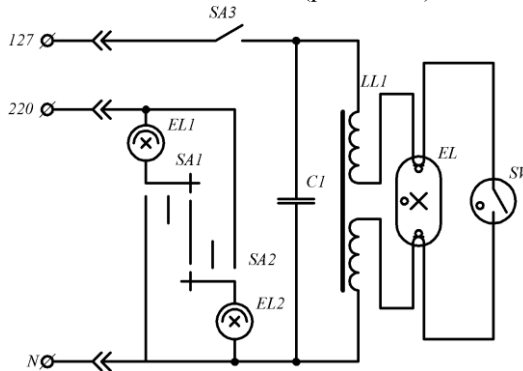


Рисунок 4.1.12 – Електрична принципова схема випромінювача ИКУФ-1

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. 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. 4.1.14). Для живлення вітальних ламп передбачається спеціальний понижуючий трансформатор 220/127 В, аналогічний, який використовується в установці ИКУФ-1.

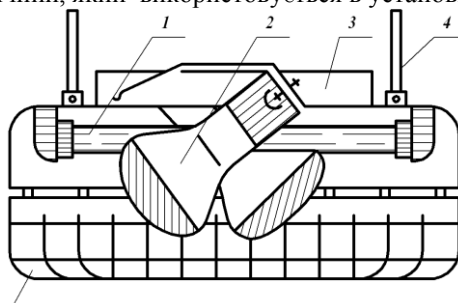


Рисунок 4.1.13 – Конструкція опромінювача установки «Луч»:
1 – вітальна лампа; 2 – ІЧ-лампа; 3 – кожух ПРА; 4 – підвіска;
5 – захисна металева решітка

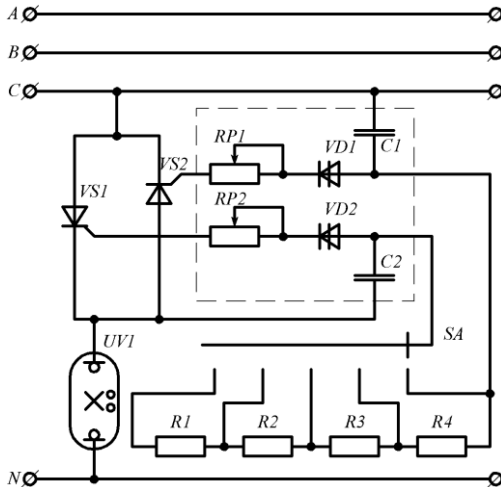


Рисунок 4.1.14 – Тиристорний регулятор установок «Луч» і «СОЖ» (інші дві фази виконані аналогічно)

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).

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 4.1.10, 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 кінцевому корпусі, бактерицидну лампу типу ДРТ100 для знезараження повітря та місць утримання молодняку і вітальну лампу типу ДРТ2-100 (рис. 4.1.10). 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 кроленят, 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, 70 пилевологозахисних 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 в РІЕСГ (Росія) 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 ягнення 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

і 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:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{cp}}, \quad (4.1.12)$$

де H_{Σ} – рекомендована добова вітальна експозиція опромінення, мвіт·год·м⁻²;

E_{cp} – середня віта опроміненість об'єкту, мвіт·м⁻².

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_e K_a}, \quad (4.1.13)$$

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 години, 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).

4.1.5 Використання інфрачервоного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва

Дозований вплив ІЧ випромінювання на насіння сільськогосподарських культур чинить благотворний вплив на їх посівні якості. При опроміненні насіння ярої пшениці ІЧ випромінюванням ТЕНів температура їх поверхні за 10...30 с підвищується до 25...45°C, що не тільки не знижує якості зерна, а й збільшує врожай.

Волгоградським СГІ розроблена установка ЕМПОС-2, яка призначена для опромінення насіння сільськогосподарських культур ІЧ і видимим випромінюваннями. Опромінюване насіння переміщується по вібруючому лотку під лампами розжарювання, включеними попарно-послідовно на напругу 380 В. За 40...60 с перебування зерна в машині воно нагрівається до 48...55°C. Обробкою зерна в машині досягають кілька цілей: зерно підсушується, піддається дезінсекції, проходить передпосівну обробку, підвищує всхожість, якість рослин і врожайність. Дія дезінсекції ІЧ випромінювання заснована на селективному впливі його на живі організми в залежності від вмісту в них вологи, яка володіє високим коефіцієнтом поглинання ІЧ випромінювання. Комахи, що знаходяться в зерні, за час обробки нагріваються до температур, що діють на них згубно.

Потужність установки 16 кВт, продуктивність 500 кг/год., питома витрата електроенергії 25...40 кВт·ч·т⁻¹.

Для *дезінсекції мішкотари* створено пересувний дезінсектор. Установка складається з двох плоских вертикальних ІЧ опромінювачів, серед яких нескінченним ланцюгом з гаками переміщуються мішки, що піддаються обробці. Протягом 70 с тканина нагрівається до 100°C, і комахи гинуть. Потужність установки 12,6 кВт, продуктивність 600 мішків за годину, питома витрата енергії 1 кВт·год на 5 мішків.

Сортування плодів і овочів. Більшість зрілих плодів, овочів і ягід відрізняється від незрілих своїм забарвленням, пошкоджені плоди - забарвленням і формою.

Відомі системи фотосортувальних машин, принцип дії яких заснований на оцінці оптичних характеристик досліджуваного продукту: відображення, пропускання і поглинання ним ІЧ і видимих випромінювань різних довжин хвиль.

В Росії під керівництвом І. Ф. Бородіна (МІСВ) розроблена серія машин для сортування томатів за ступенем зрілості, для відділень яблук з механічними ушкодженнями, непридатних до тривалого зберігання, для відділення картоплі від уражених захворюваннями бульб, грудок землі і каміння. Дія фотосортувальних машин заснована на оцінці коефіцієнтів відбиття від досліджуваного об'єкта оптичних випромінювань різних

довжин хвиль. Так, машина для сортування томатів визначає ступінь їх зрілості на підставі зіставлення коефіцієнтів відбиття від їх поверхні випромінювань з довжиною хвиль 550, 640 і 660 нм. Машина поділяє томати на 5 фракцій у момент руху їх через фотометричний пристрій зі швидкістю $0,12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. За командою електронного пристрою штовхачі скидають плоди в одну з п'яти прийомних ємностей.

Пастеризація молока ІЧ випромінюванням володіє істотними перевагами перед традиційним способом обробки молока в теплообмінних апаратах. При дії ІЧ випромінювання за 3...4 с знищується 99,8...99,9% бактерій, після чого молоко може зберігатися при температурі $+5^\circ\text{C}$ протягом 8...10 діб. Дослідники (В. Г. Гізатуллін, А. Е. М'янд та ін.) відзначають збереження природного смаку, швидку обробку, скорочення питомих витрат енергії на пастеризацію молока в 1,5...2 рази.

Як джерело ІЧ випромінювання пропонується використовувати кварцові галогенні лампи розжарювання КГ 220-1000-1.

Сушіння лакофарбових покриттів при ремонті сільськогосподарської техніки і електродвигунів - один з перспективних напрямків у використанні ІЧ випромінювання. ІЧ лампи рекомендується розмішувати на відстані 0,2...0,5 м від пофарбованої поверхні і одна від одної, щоб забезпечити рівномірний розподіл ІЧ опроміненості по обігріваній поверхні. ІЧ лампи можуть бути вмонтовані в стіни сушильних камер або тунелів, по яких переміщуються просушені матеріали або вироби.

Дуже зручно використовувати інфрачервоні лампи, що мають малі розміри при відносно великій одиничній потужності, для сушки обмоток статорів електродвигунів без демонтажу останніх з фундаменту.

5.1 Електрична частина освітлювальних установок і установок для опромінення

5.1.1 Вибір системи живлячої та групової мереж, напруги і джерела живлення

Живлення сільськогосподарських виробничих об'єктів здійснюється, як правило, від трифазних понижувальних трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4 кВ, які можуть бути розташовані або в населеному пункті поблизу підприємства, або на території самого підприємства. Причому вони загальні для освітлювальних і силових навантажень.

Згідно Правил улаштування електроустановок (ПУЕ:2007), Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (ДНА ОП 0.00-1.32-01) освітлювальні установки можуть отримувати живлення по різних *системах* мережі і заземлення (**TN-S** або **TN-C-S**) та різного роду струму: *трифазній з нульовим (нейтральним N) робочим та з нульовим захисним (PE-провідник) проводами* (п'яти провідна); *трифазній без нульового робочого N, але з нульовим захисним (PE-провідником)* або *двофазній з нульовим робочим N та нульовим захисним (PE-провідником) проводами* (чотирьохпровідна); *однофазній з нульовим робочим N та нульовим захисним (PE-провідником) проводами змінного струму*; *двопровідній постійного струму*. Освітлювальні установки аварійного освітлення повинні отримувати живлення від **автономного** джерела електричної енергії змінного або постійного струму.

Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ:2007) визначені класи напруги, що застосовуються в освітлювальних мережах:

- для живлення світильників **загального освітлення** повинна застосовуватись напруга:

а) у системі при заземленій нейтралі - не вище **380/220 В** змінного струму;

б) у системі при ізольованій нейтралі - не вище **220 В** змінного струму;

в) у системах постійного струму - не вище **220 В**;

г) для живлення спеціальних ламп (ксенонових, ДРЛ, ДРИ, натрієвих, які розраховані на напругу 380 В) та пускорегулюючих пристроїв (ПРП) для газорозрядних ламп, які мають спеціальні схеми (наприклад, трифазні з послідовним включенням ламп), допускається використання напруги вище 220 В, але не вище **380 В**, у тому числі фазна напруга системи 660/380 В при заземленій нейтралі, але при виконанні наступних умов:

1) ввід у світильник та ПРП виконано проводами або кабелем з

мідними жилами і ізоляцією, яка розрахована на напругу не менш, ніж **660 В**;

2) забезпечено одночасне відключення усіх фазних проводів, які вводяться у світильник. Ця вимога поширюється на усі випадки, коли у багатолампові світильники з лампами любых типів вводяться проводи декількох фаз системи **380/220 В**, за винятком світильників, які встановлюються у приміщеннях без підвищеної безпеки;

3) коли у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо безпечних на світильниках нанесені добре помітні розпізнавальні знаки з вказівкою застосованої напруги (наприклад, «**380 В**»);

4) відсутній ввід у світильник двох або трьох проводів різних фаз системи **660/380 В**;

д) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо безпечних світильники повинні бути встановлені на висоті *не менш* **2.5 м** від підлоги;

е) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо безпечних при висоті установки світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ *менш* **2.5 м** необхідно застосовувати світильники, конструкція яких виключає можливість доступу до лампи без застосування інструменту. Ввід проводів у такі світильники повинно виконувати у металевій трубі, металевому рукаві, захищеними від механічних пошкоджень проводами або із застосуванням кабелів з захисною оболонкою;

ж) при неможливості виконання умов попереднього пункту, освітлення необхідно виконувати світильниками з лампами розжарювання на напругу **42 В**;

з) світильники з люмінесцентними лампами на напругу **127- 220 В** допускається встановлювати на висоті *менш* **2.5 м** від підлоги лише при умові, що їх струмоведучі частини не доступні для випадкових торкань;

к) для живлення окремих ламп, як правило, застосовують напругу не вище **220 В**;

л) у приміщеннях без підвищеної безпеки допускається для усіх стаціонарних світильників, незалежно від висоти їх установки, застосування напруги **220 В**;

- для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання необхідно застосовувати напругу:

а) у приміщеннях без підвищеної безпеки – не вище **220 В**;

б) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо безпечних – не вище **42 В**;

- для живлення ручних (переносних) світильників повинно застосовувати напругу:

а) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо

небезпечних – не вище **42 В**;

б) при наявності особливо несприятливих умов (незручне положення робітника, тіснота, стикання з великими металевими добре заземленими поверхнями (наприклад, робота у котлах) та інше) – не вище **12 В**.

Живлення установок місцевого освітлення і ручних (переносних) сві-тильників здійснюється від спеціальних понижуючих трансформаторів.

5.1.2 Компоновка освітлювальної мережі

5.1.2.1 Розмітка на плані приміщень місць встановлення електроприймачів та комутаційних апаратів системи електричного освітлення

При виконанні цього підпункту слід враховувати наступне:

- розмітку на плані приміщень виробничого об'єкту місць встановлення світильників виконують у відповідності з проведеними вище світлотехнічними розрахунками, тобто з урахуванням кількості світильників у приміщенні, кількості рядів світильників, кількості світильників в ряду, відстані між рядами світильників і світильниками в ряду, відстані рядів світильників від стін та інше;

- при установці вимикачів та розеток необхідно виконувати наступні вимоги ПУЕ:2007 та «Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» (ДНАОП 0.00-1.32-01):

а) вимикачі на стінах встановлюють на висоті **1,5 м** від підлоги;

б) розетки встановлюють на висоті **0,8 – 1,0 м** або **0,3 м** від підлоги;

в) у школах, дитячих садках, у приміщеннях для перебування дітей розетки встановлюють на висоті **1,5 м**;

г) розетки встановлюють таким чином, щоб гнізда розташовувалися по горизонталі;

д) вимикачі з важільними та клавійними рукоятками встановлюють так, щоб при вмиканні освітлення рукоятка рухалася уверх (натискання клавішу зверху);

е) вимикачі для керування загальним освітленням, а також розетки, які встановлюють біля входу в приміщення, як правило, розміщують так, щоб вони не загороджувалися відчиненими дверима;

ж) вимикачі та розетки для санвузлів встановлюють за межами цих приміщень;

- зображення світильників, вимикачів, розеток та інших елементів системи освітлення на плані приміщень повинні виконуватися у відповідності до вимог СПДБ. Зображення умовні графічні

електрообладнання і проводок на планах (ДСТУ Б А.2.4-19:2008).

5.1.2.2 Вибір місця установки освітлювальних щитків, знижувальних трансформаторів і способу їх живлення

Розміщення освітлювальних щитків та знижувальних трансформаторів повинно забезпечити зручність експлуатації системи освітлення і скорочення протяжності внутрішніх мереж. Для виконання цих вимог необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- освітлювальні щитки слід встановлювати:

а) по можливості поблизу основного робочого входу в приміщення з врахуванням підходів живлячої лінії;

б) по можливості в центрі навантажень;

в) в місцях, зручних для обслуговування і задовільними умовами середовища;

г) в місцях недоступних для випадкових пошкоджень;

д) якщо перераховані у попередніх пунктах вимоги не можливо здійснити, то вирішальним повинні бути економічні міркування;

е) освітлювальні щитки повинні отримувати живлення від окремого вводу. Допускається живлення освітлювальних щитків від загального з силовим навантаженням вводу при умові, що живлюча лінія забезпечить на вводі відхилення напруги від номінальної, не виходячи за допустимі границі: ± 5 і $\pm 2,5$ %;

ж) з місця встановлення освітлювального щитка повинно бути видно групу світильників, які вмикаються з цього щитка;

- щитки, які призначені для керування освітленням необхідно встановлювати на такій висоті, щоб відстань від підлоги до верхньої частини щитка було не більш **2,0 м**;

- щитки, які не використовують для керування освітленням, встановлюють на висоті до **2,5 – 3,0 м**;

- знижувальні трансформатори встановлюють, як правило, у центрі навантаження і на висоті доступній тільки для обслуговуючого персоналу.

Живлення освітлювальних щитків та знижувальних трансформаторів здійснюють, в залежності від необхідної системи живлення п'яти-, чоти-рьох- або трьохпровідними лініями, які можуть бути виконані у трубах, скрито або кабелем.

5.1.2.3 Розмітка на плані приміщень освітлювальних мереж

Після розміщення освітлювальних щитків всі світильники ділять на групи. При цьому все навантаження спочатку ділять рівномірно на три частини (по числу фаз живлячої мережі), а потім навантаження кожної

фази ділять на групи з врахуванням рекомендацій ПУЭ:2007:

а) кожна групова лінія повинна мати на фазі не більше **20** світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ і не більше **50** світильників з люмінесцентним и лампами;

б) групові лінії бажано виконувати однофазними в жилих, адміністративних і побутових приміщеннях невеликої площі з освітлюваними лампами розжарювання потужністю до **200 Вт**, а також в приміщеннях з малим числом світильників з люмінесцентними лампами;

в) кожна групова лінія з лампами розжарювання потужністю до **500 Вт**, з люмінесцентними лампами і штепсельними розетками повинна бути захищена автоматичним вимикачем або запобіжником на струм не більше **25А**, а лінії з лампами розжарювання більше **500 Вт** або з лампами ДРЛ – не більше **63А**;

г) світильники чергового та аварійного освітлення об'єднують в окремі самостійні групи: аварійна група або від окремого джерела живлення, або безпосередньо від вводу в приміщення; чергова група від системи загального освітлення;

д) в жилих та громадських будинках до однофазних груп освітлення сходів, коридорів, горищ допускається підключати до **60** ламп розжарювання потужністю до **60 Вт** кожна;

е) штепсельні розетки в жилих приміщеннях встановлюють по одній на кожні **6 м²** жилої площі і на **10 м²** площі коридорів, а також до трьох розеток на кухню. Потужність розетки приймають рівною або потужності підключеного струмоприймача, або **500 Вт**;

ж) групова мережа квартир і домів повинна бути розрахована на навантаження струмом **15 А** при увімкнених освітленні та побутових електроприладах потужністю до **2,0 кВт**;

з) у квартирах і домах з електроплитами повинно передбачити групову лінію на струм **30 А** при потужності плити **5,5 кВт** або на струм **40 А** при потужності плити до **8,0 кВт**;

к) у домах з плитами на твердому паливі розетки на струм до **10 А**, які встановлені на кухні і коридорі об'єднують в окрему групу;

л) у домах необхідно передбачати окрему групу на струм до **25 А** для живлення побутових електричних машин потужністю до **4,0 кВт**.

Після цього струмоприймачі, виділені в групи, з'єднують груповими лініями. При виборі траси прокладки освітлювальної мережі до уваги приймають:

- конструктивні особливості обраного типу проводки;
- вимоги, щодо максимального скорочення протяжності лінії;
- зручність подальшої експлуатації освітлювальної установки.

5.1.3 Вибір марки проводів і способів їх прокладки

Марку проводу освітлювальної мережі і спосіб прокладки визначають у відповідності з умовами навколишнього середовища, призначенням приміщення і розміщенням обладнання.

Для освітлювальних мереж сільськогосподарських об'єктів рекомендується вибирати алюмінієві ізольовані проводи та кабелі. Проводи та кабелі з мідними жилами прокладають лише у випадках, які оговорені у ПУЕ:2007 та (ДНАОП 0.00-1.32-01). В таблиці 5.1.1 наведено деякі рекомендовані провідники, кабелі і способи їх прокладки для освітлювальних мереж у виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств.

Спосіб прокладки може бути: на роликах та клінях, ізоляторах, скобах, в тру-бах, з несучим сталевим тросом, в трубах, під штукатуркою, у лотках та коробах, по поверхні стін, стель, перекриття, у траншеях. **По виду** електропроводки роз-діляються на: відкриті по негорючій та важко горючій основі; відкрито по горючим поверхням та конструкціям; приховані по негорючій та важко горючій основі; приховані по горючим поверхням та конструкціям. Спосіб прокладки проводок позначається буквами: **Т** – у сталевих трубах; **П** – у пластмасових трубах; **І** – на ізоляторах; **Р** – на роликах; **Т_с** – тросова проводка; **М_р** – у металорукаві; **Л** – у лотках; **К_р** – у коробах; **С_к** – на скобах.

Таблиця 5.1.1 - Рекомендовані проводи і кабелі для сільськогосподарських освітлювальних мереж

Проводка	Марка проводу, кабелю	Спосіб прокладки	Характеристика приміщення
Відкриті по негорючій та важко горючій основі	АПВ, АПРВ, АПР	На роликах	Нормальне середовище
	АПВ, АПРВ, АПР	На ізоляторах	Вологі, сирі, жаркі
	АВВГ, АПВ, АПП, АПВГ, АНРГ, АВРГ, АСРГ	На скобах	Всі, крім, взривонебезпечних «В»
	АПРТО	В трубах	Всі приміщення
Тросова	АВТС-1, АВТС-2	З несучим сталевим тросом. В сталевих трубах	Тваринницькі приміщення
Прихована та відкрита	АПРТО, АПВ	В сталевих трубах	Пожежонебезпечні «П» та ін.
Приховані по негорючій та важко горючій основі	АППВ, АПВ, АПРВ, АПН	В трубах під штукатуркою	Всі, крім «П» і «В»
Всі приміщення	АВВ, ААБ, АСБ	По стінам та в трубах	Всі, крім «П» і «В»

У виробничих приміщеннях широко застосовують відкриті проводки, які виконані у трубах, на тросах, у лотках та коробах, на базі шинопроводів. У жилих та адміністративних приміщеннях застосовують переважно скриту проводку.

При визначенні способу та виду проводки слід користуватися наступними рекомендаціями:

- відкриті електропроводки, як правило, прокладаються по стінам, по стелі або фермам;

- відкриту прокладку незахищених ізольованих проводів безпосередньо по будівельним основам, на роликах і ізоляторах виконують на висоті не менш **2,5 м** від рівня підлоги або площадки обслуговування. Зменшення цієї висоти до **2,0 м** дозволяється у приміщеннях без підвищеної безпеки, а при напрузі **42 В** - у всіх приміщеннях;

- у виробничих приміщеннях спуск до вимикачів, розеток, пускових апаратів захищають від механічних пошкоджень до висоти не менш **1,5 м** від рівня підлоги;

- висота розміщення інших видів проводок (захищеними проводами, проводами у трубах, коробах, кабелями) не нормується;

- відкрито проводи прокладають таким чином, щоб вони не виділялися дуже різко на фоні стін і стель. З цією метою їх розміщують паралельно карнизам, укосам двірних та віконних прорізів;

- при прокладці у приміщеннях незахищених проводів на роликах та ізоляторах останні встановлюють від стелі або стіни на відстані, яка дорівнює полуторній – подвійній висоті ролика або ізолятора;

- проводи АППВ, ППВ, АППР, АПРН, ПРН прокладають паралельно лініям перетинання стін із стелею на відстані **100 – 200 мм** від стелі або на відстані **50 – 100 мм** від карнизу або балки;

- перетинання відкрито прокладених незахищених та захищених проводів з трубопроводами опалення, водопроводу та ін.) виконують на відстані від них не менш **50 мм**, а трубопроводів з горючими або легкозаймистими рідинами та газами – не менш **100 мм**;

- паралельно трубопроводам проводи і кабелі прокладають на відстані не менш **100 мм**, а від трубопроводів з горючими і легкозаймистими рідинами та газами – не менш **400 мм**;

- при прихованій прокладці проводів під шаром штукатурки або у тонкостінних (до **80 мм**) перегородках проводи повинні бути прокладені паралельно архітектурно-будівельним лініям;

- відстань горизонтально прокладених проводів від плит перекриття не повинно перевищувати **150 мм**;

- на лотках, опорних поверхнях, тросах, струнах, смугах та інших

несучих конструкціях дозволяється прокладати проводи і кабелі впритул один до одного пучками (групами) різної форми;

- використання лотків рекомендується при багат шаровій прокладці кабелів або прокладці їх пучками; при прокладці силових кабелів перерізом до **16 мм²**, проводів перерізом менш **120 мм²** та контрольних кабелів;

- висота розташування лотків і коробів не нормується, але у виробничих приміщеннях їх зазвичай розміщують на висоті не менш **2,0 м** для забезпечення проходів, а в необхідних місцях – проїзд транспорту;

- сталеві труби дозволяється застосовувати тільки у спеціально обґрунтованих у проекті випадках у відповідності до вимог нормативних документів;

- для виконання проводок у трубах рекомендується застосовувати полімерні труби.

5.1.4 Розрахунок перерізу проводів

Площа поперечного перерізу струмопровідних жил проводів і кабелів визначають, виходячи з двох основних умов: *тривалого допустимого струму* навантаження (інакше по *нагріву*) проводів і *допустимої втрати напруги*. Розрахунок за звичай виконують по одній із умов, а по другій – перевіряють.

Переріз провідників внутрішніх освітлювальних мереж у виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств згідно ПУЕ:2007 та (НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) розраховують за *допустимою втратою напруги*, а потім *перевіряють за умовою нагріву*. Згідно названих документів, для внутрішніх освітлювальних мереж, при номінальній напрузі на вводі, допустима втрата напруги дорівнює **2,5%**. Крім того, площі поперечного перерізу провідників повинні забезпечувати *механічну міцність* і бути *узгоджені з уставками* захисних апаратів.

При виборі перерізу проводів і кабелів за допустимою втратою напруги повинна бути витримана умова:

$$\Delta U_{\% \text{розр}} \leq \Delta U_{\% \text{доп}}, \quad (5.1.1)$$

де $\Delta U_{\% \text{розр}}$, $\Delta U_{\% \text{доп}}$ – відповідно, розрахункова та допустима втрати напруги, %.

Розрахункові втрати напруги $\Delta U_{\% \text{розр}}$ визначають за умовою, що навантаження по фазам розподілені рівномірно і на всіх ділянках прокладено однаковий провід:

- для лінії:

$$\Delta U_{\% \text{ розрі}} = \frac{\Sigma P_i l_i}{c S_i} = \frac{\Sigma M_i}{c S_i}; \quad (5.1.2)$$

- для однієї ділянки:

$$\Delta U_{\% \text{ розрі}} = \frac{P_i l_i}{c S_i} = \frac{M_i}{c S_i}, \quad (5.1.3)$$

де P_i – потужність i -ої розрахункової ділянки, кВт;

l_i - довжина i -ої розрахункової ділянки, м;

M_i – електричний момент навантаження i -ої розрахункової ділянки, кВт·м;

c - постійний коефіцієнт для даного провідника, який залежить від напруги мережі, кількості фаз та матеріалу провідника;

S_i - переріз провідника i -ої розрахункової ділянки, мм².

Починають розрахунок перерізу проводів із складанням розрахункової схеми освітлювальної мережі.

Площа поперечного перерізу проводів на кожній ділянці визначається за формулою:

$$S_i = \frac{M_i}{c \Delta U_{\% \text{ доп}}}. \quad (5.1.4)$$

Площа поперечного перерізу живлячої мережі на ділянці від розподільчого пристрою до групового щитка визначається за виразом:

$$S_{\text{жсм}} = \frac{M_{\text{жсм}} + \alpha \cdot (\Sigma M_i)}{c \cdot \Delta U_{\% \text{ доп}}}, \quad (5.1.5)$$

де α – коефіцієнт, що враховує зміну числа проводів на відгалуженнях;

$M_{\text{жсм}}$ – електричний момент навантаження живлячої мережі на ділянці від розподільчого пристрою до групового щитка, кВт·м.

Таблиця 5.1.2 – Значення коефіцієнта α при розрахунках перерізу проводів

Лінія	Відгалуження	α
Трифазна з нульовим робочим провідником	Однофазне	1,85
Трифазна з нульовим робочим провідником	Двофазна з нульовим робочим провідником	1,39
Двофазна з нульовим робочим провідником	Однофазне	1,33
Трифазна без нульового робочого провідника	Двох провідне	1,15

Отримане в результаті розрахунку значення перерізу провідника округляють до найближчого найбільшого стандартного значення (табл. 5.1.3, 5.1.4) та визначають фактичну втрату напруги для обраного провідника за формулами (5.1.2, 5.1.3).

Таблиця 5.1.3 – Тривало допустимі сили струму для проводів і шнурів з гумовою і поліхлорвініловою ізоляцією з мідними та алюмінієвими жилами

Переріз струмопро- відникової жили, мм ²	Струмові навантаження на провід, А					
	Прокладе- них від- крито	Прокладених в одній трубі				
		два одно- жильних	три одно- жильних	чотири одножильних	один дву- жильний	один три- жильний
З мідними жилами						
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1,0	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
З алюмінієвими жилами						
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	27	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	55	50	47	39	42	38
16	80	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65

Крім того, обраний стандартний переріз провідників слід перевіряти на механічну міцність, тобто на мінімально допустимий переріз провідника в залежності від виду, способу прокладки та матеріалу провідника (табл. 5.1.5). Якщо розрахунковий переріз буде менш допустимого, то треба обрати *рекомендований переріз* та перерахувати фактичну втрату напруги за формулами (5.1.2 – 5.1.3).

Таблиця 5.1.4 – Тривало допустимі сили струму для проводів з мідними жилами з гумовою ізоляцією у металевих захисних оболонках, кабелів з мідними жилами з гумовою ізоляцією у свинцевій, поліхлорвінілової, найритовій або гумовій оболонках, броньованих і неброньованих та кабелів з алюмінієвими жилами і гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, поліхлорвінілової та гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струмове навантаження на кабель, А				
	Одножильні прокладені відкрито	Двожильні		Трижильні	
		прокладених в повітрі	прокладених в землі	прокладених в повітрі	прокладених в землі
3 мідними жилами					
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
3 алюмінієвими жилами					
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	39
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115

Таблиця 5.1.5 – Допустимі мінімальні перерізи провідників для різних видів і способів проводки

Назва проводки	Допустимий переріз провідника, мм ²	
	мідного	алюмінієвого
1. Ввід в виробничі приміщення	4,0	4,0
2. Ввід в жиле приміщення	4,0	4,0
3. Внутрішня проводка:		
а) скрита, на роликах, на скобах, тросова	1,5	2,5
б) на ізоляторах з прольотом не менше двох метрів	2,5	4,0
4. Зовнішня проводка по конструкціям	2,5	4,0
5. Зарядка світильників	0,5	-
6. Голі провідники:		
а) в приміщеннях	2,5	4,0
б) повітряні лінії	6,0	16,0

Отриманий переріз проводів на ділянках *перевіряють* за умовою нагріву, за *тривало допустимим струмом*:

$$I_{TR.ДОП.} \geq I_{РОЗРАХ.}, \quad (5.1.6)$$

де $I_{TR.ДОП.}$ - тривало допустима сила струму для проводів, А;

$I_{РОЗРАХ.}$ - розрахункова сила струму, А.

Розрахункову силу струму визначають за формулами:

$$I_{РОЗР} = \frac{P_{РОЗР}}{U_H \cdot \cos \varphi} \quad \text{- для однофазної мережі,}$$

$$I_{РОЗР} = \frac{P_{РОЗР}}{2U_H \cdot \cos \varphi} \quad \text{- для двофазної мережі,} \quad (5.1.7)$$

$$I_{РОЗР} = \frac{P_{РОЗР}}{3U_H \cdot \cos \varphi} \quad \text{- для трифазної мережі,}$$

де $P_{РОЗР}$ - розрахункова потужність навантаження, Вт;

U_H - номінальна напруга ламп, В;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності ламп.

При визначенні робочих струмів ділянок мережі з газорозрядними лампами і пристроями групової компенсації необхідно враховувати, що від джерела енергії до точки вмикання конденсаторних батарей мережа має коефіцієнт потужності не менш, ніж **0,9**, а від вказаної точці до джерел світла та випромінювання – біля **0,6**.

Узгодження тривало допустимого струму обраного провідника, який визначається маркою проводу, площею поперечного перерізу його жил, способу прокладки, з *установками захисних апаратів* здійснюється за умовами, наведеними у табл. 5.1.6.

Тривало допустимий струм $I_{тр.доп.}$ вибирають по табл. 5.1.3, 5.1.4.

5.1.5 Вибір типу щита, апаратури керування та захисту мереж від коротких замикань та перевантажень

Освітлювальні щитки вибирають: *за умовами навколишнього середовища; конструктивному виконанню; в залежності від схеми мережі і числа відхідних груп; апаратури керування та захисту, яка*

установлена у щитку. Номенклатура деяких типів освітлювальних щитків, які широко застосовують в освітлювальних мережах сільськогосподарських об'єктів, наведена у табл. 5.1.7. Освітлювальні групові щитки у більшості комплектуються автоматичними вимикачами, але можуть бути укомплектовані пакетними вимикачами, запобіжниками та іншими пристроями захисту, магнітними пускачами, стабілізаторами-обмежувачами та іншою апаратурою комутації, керування та захисту.

Таблиця 5.1.6 – Нормовані співвідношення між тривало допустимим струмом провідників і номінальними струмами плавких вставок запобіжників і розчіплювачів автоматичних вимикачів

Провідники	Характеристика приміщення	Нормоване відношення для апаратів захисту			
		Плавкі запобіжники	Автоматичні вимикачі із зворотною залежною від струму характеристикою		Автоматичні вимикачі, які мають тільки електромагнітний розчіплювач
			нерегулюючий розчіплювач	регулюючий розчіплювач	
Мережі, які захищаються від струмів короткого замикання					
Провідники всіх типів	Всі приміщення	> 0,33	> 1,0	> 0,66	> 0,22
Мережі, які захищаються від перевантажень					
Відкрито прокладені ізолювані провідники з горючою оболочкою	Виробничі не вибухонебезпечні приміщення	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0
	Всі інші приміщення	> 1,25	> 1,0	> 1,0	> 1,25
Захищені провідники, кабелі з резиновою і пластмасовою ізоляцією, провідники в трубах	Виробничі пожежонебезпечні приміщення	> 1,0	> 1,0	> 1,0	> 1,0
	Приміщення торгові, службово-побутові, громадські та жилі приміщення, вибухонебезпечні установки	> 1,25	> 1,0	> 1,0	> 1,25
Кабелі з паперовою ізоляцією	Приміщення: пожежонебезпечні, торгові, службово-побутові, громадські та жилі приміщення, вибухонебезпечні установки	> 1,0	> 1,0	> 0,8	> 1,0

При виборі апаратів захисту освітлювальних мереж необхідно

дотримуватися наступних вимог:

а) захист від струмів короткого замикання застосовується:

1) у всіх випадках освітлювальні мережі повинні бути захищені від струмів короткого замикання;

б) захист від струмів перевантаження застосовується:

1) для будівель і приміщень, в яких необхідно створити особливо надійну та безпечну роботу освітлювальних мереж або при відсутності кваліфікованого обслуговування, окрім захисту від струмів короткого замикання, необхідно утворювати захист і від струмів перевантаження;

2) для мереж, які виконані відкрито прокладеними незахищеними проводами з горючою ізоляцією (АПР, ПРД та ін.);

Таблиця 5.1.7 – Групові освітлювальні щитки ЯРН і ЯРУ

Модифікація	Номинальний струм, А	Тип ввідного апарату	Тип і кількість вимикачів на відхідних лініях		
			трифазних	однофазних	
				ВА14-26-34	ВА14-26-14
8501-3801	63	-	-	6	-
8501-3802	63	-	1	3	-
8501-4003	100	-	-	12	-
8501-4004	100	-	2	6	-
8501-4205	160	-	-	18	-
8501-3810	63	ПВП11-2970	-	6	-
8501-3811	63	ПВП11-2970	1	3	-
8501-3812	63	ВА51-31	-	6	-
8501-3813	63	ВА51-31	1	3	-
8501-4014	100	ВА51-31	-	12	-
8501-4015	100	ВА51-31	2	6	-
8501-4216	160	ВА51-33	-	18	-
8501-4217	160	ВА51-33	3	9	-
8501-3723	50	-	-	-	6
8501-4024	100	-	-	-	12
8501-3725	50	ПВ3-60	-	-	6
8501-3726	50	ВА51-31	-	-	6
8501-4027	100	ВА51-31	-	-	12
8501-4028	100	ПВ3-100	-	-	12

3) для мереж житлових, громадських будівель, службово-побутових, торговельних, пожежонебезпечних приміщень та вибухонебезпечних установок, у тому числі і зовнішні класу В-Іг;

в) апарати захисту встановлюють:

1) групами у доступних та безпечних для обслуговування місцях на лініях, які відходять від щитів, щитків і інших розподільних пристроїв;

2) в місцях, де зменшується переріз проводів лінії. Допускається не встановлювати захисні апарати в місцях зменшення перерізу проводів, якщо провід входить у зону захисту сусіднього з боку джерела енергії захисного апарату;

3) у точках секціонування мереж для селективної дії захисних апаратів;

4) зі сторони високої та низької напруги знижувальних трансформаторів для живлення світильників на **42 В**;

5) якщо знижувальні трансформатори живляться окремою групою лінією та до неї підключено не більш трьох трансформаторів, то захищати з високої сторони кожний трансформатор необов'язково;

6) безпосередньо в місцях приєднання проводів, які захищаються, до живлячої мережі. Допускається відносити їх на відстань не більш **3,0 м** від місця приєднання;

7) у нульових робочих провідниках заборонено встановлювати запобіжники, автоматичні вимикачі та комутаційні апарати, за винятком мереж вибухонебезпечних приміщень класу В-1, в які автоматичні вимикачі встановлюють у фазному та нульовому провідниках, а для заземлення металевих частин освітлювальних установок прокладають спеціальний захисний провід;

г) при визначенні та виборі номінальних струмів плавких вставок $I_{не}$ та уставок автоматичних вимикачів (з розчіплювачами: тепловими I_m , електромагнітними $I_{ем}$, комбінованими I_k):

1) при захисті *запобіжниками*, автоматичними вимикачами з *теповими* або *комбінованими* розчіплювачами використовують наступні співвідношення:

- для ламп розжарювання:

$$I_{не} \geq I_p; \quad I_m \geq I_p; \quad I_k \geq 1,4 I_p, \quad (5.1.8)$$

- для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНаТ:

$$I_{не} \geq 1,2 I_p; \quad \text{при } I_p \leq 50 \text{ А: } \quad I_m \geq 1,4 I_p; \quad I_k \geq 1,4 I_p; \\ \text{при } I_p > 50 \text{ А: } \quad I_m \geq I_p; \quad I_k \geq I_p; \quad (5.1.9)$$

2) при захисті автоматичними вимикачами тільки з *електромагнітними* розчіплювачами використовують наступні співвідношення:

- для автоматичних вимикачів до 100 А:

$$I_{кз}^{(1)} \geq 1,4 k_3 I_{від}, \quad (5.1.10)$$

- для автоматичних вимикачів на струм більше 100 А:

$$I_{кз}^{(1)} \geq 1,25 k_3 I_{від}, \quad (5.1.11)$$

де I_p - робочий струм освітлювальної установки, А;

$I_{кз}^{(1)}$ - струм однофазного короткого замикання в освітлювальній мережі, А;

$I_{від}$ - струм відсічки автоматичного вимикача, А;

k_3 - коефіцієнт запасу; $k_3 = 1,1$;

3) для *забезпечення селективності* спрацьовування захистів номінальний струм кожного подальшого у напрямку до джерела живлення захисного апарату слід приймати не менш, ніж *на два ступеня* більше, ніж у попереднього апарата, якщо це не веде до збільшення площі поперечного перерізу проводів мережі.

В табл. 6 (додаток 2) наведено характеристики деяких автоматичних вимикачів, які застосовуються для захисту освітлювальних мереж.

5.1.6 Організація технічної експлуатації освітлювальних установок

Технічне обслуговування освітлювальних мереж і установок здійснюється персоналом електротехнічної служби сільськогосподарського підприємства. Основними обов'язками обслуговуючого персоналу є утримання устаткування системи електричного освітлення у працездатному стані шляхом своєчасного проведення поточних ремонтів та міжремонтного обслуговування. Обслуговування системи електричного освітлення виконується у відповідності до вимог Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС: 2007), Правил улаштування електроустановок (ПУЕ:2007); Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98)); Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд (ДБН В.2.5-27-2006).

Невиконання правил технічної експлуатації освітлювальних установок знижує ефективність їх роботи, створює небезпеку ураження електричним струмом людини та тварин. Теплові явища, які можуть виникати при аварійних режимах, викликають небезпечний перегрів окремих частин електроустаткування освітлювальної системи, що може привести до пожежі або вибуху.

Обслуговування освітлювальних установок дозволяється тільки спеціалістам-електромонтерам з кваліфікаційною групою не нижче 3-ої, а вмикати – з групою 2. Перед початком кожного сезону персонал інструктують стосовно правил поведінки з електроустановками.

При *прийманні* освітлювальних установок до експлуатації перевіряють:

- фактичну освітленість, яка забезпечується установкою;
- відповідності проекту марок провідників, площин поперечного перерізу та способів прокладки;
- схеми з'єднань провідників і розподілення навантаження по фазам;
- відповідність проекту захисних елементів;
- надійність закріплення ізольованих опор, апаратури, деталей, конструкцій;
- відповідність нормам опору ізоляції проводки.

При **технічному обслуговуванні** освітлювальних установок, яке проводиться один раз у 3 – 6 місяців (як правило, у період технологічних пауз) виконують наступний перелік робіт:

- вимірювання освітленості у контрольних точках;
- очистку від пилу і бруду;
- перевірку працездатності установок;
- перевірку відповідності ламп типу світильника;
- заміну скла, яке має тріщини або сколи;
- перевірку стану патрона і зачистку його контактів;
- підтяжку ослаблених затискачів;
- перевірку стану ізоляції проводів у місці вводу в арматуру, а також надійність приєднання нульового захисного проводу до затискачів на корпусі світильника;
- в установках з газорозрядними лампами додатково виконують технічне обслуговування пускорегулюючої апаратури.

При **поточному ремонті** освітлювальних установок, яке проводиться один раз у 12 – 24 місяці виконують наступний перелік робіт:

- очистка установок;
- розбирання світильників;
- виявлення несправностей та їх усунення;
- при необхідності виправлення і фарбування корпусу світильника;
- фарбування відбивачів і екрануючих ґрат білою емаллю;
- збирання схеми установок;
- перевірка опору ізоляції проводів і працездатності ламп, установка їх у сві-тильник;
- перевірка працездатності установки і створюваної нею освітленості;
- в установках з газорозрядними лампами додатково перевіряють:
 - а) стан захисного скла;
 - б) справність резисторів, конденсаторів і дроселя;
 - в) при необхідності відновлюють працездатність пускорегулюючої апаратури.

Для забезпечення захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом повинні виконуватися вимоги Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98):

- повинні бути здійснені заходи щодо уникнення появи напруги відносно землі в колах з нульовим робочим провідником:

- а) забезпечення симетричного навантаження по фазам;

- б) застосування електроприймачів у трифазному виконанні;

- в) використання однофазних електроприймачів потужністю не більше **1,3 кВт**, які підключаються до лінійної напруги;

- г) використання однофазних електроприймачів потужністю не більше **0,6 кВт**, які підключаються до фазної напруги;

- д) приєднання металевих частин електроосвітлювальних установок, які у результаті пробою ізоляції можуть виявитися під напругою, до нульового захисного провідника РЕ;

- на тваринницьких та птахофермах пускову та захисну апаратуру освітлювальної мережі рекомендується розміщувати поза приміщеннями, де утримуються тварини та птиця;

- безпосередньо біля робочих машин можливо встановлення тільки пунктів та кнопок керування;

- якщо неможливо розмістити апаратуру керування у спеціальних приміщеннях, то вживають заходів щодо захисту її від впливу навколишнього середовища або вибирають обладнання у виконанні, яке відповідає умовам приміщення (сільськогосподарського виконання);

- у приміщеннях особливо небезпечних та з підвищеною небезпечністю необхідно застосовувати освітлювальні прилади на напругу **12 В**, які вмикаються в мережу через знижувальний роз'єднувальний трансформатор;

- мати надійну систему заземлення.

Алгоритм виконання електротехнічної частини проекту освітлення наведено у табл. 5.1.9.

Таблиця 5.1.9 – Алгоритм виконання електротехнічної частини проекту освітлення

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Вибрати системи живлення магістральної та групової мереж, напруги і джерела живлення	Дивись рекомендації пункту 5.1.1

Продовження таблиці 5.1.9

1	2
2. Розмітити на плані приміщень місця встановлення електроприймачів та комутаційних апаратів системи електричного освітлення	Дивись рекомендації пункту 5.1.2
3. Вибрати місце установки освітлювального щитка, знижувальних трансформаторів і способу їх живлення	Дивись рекомендації пункту 5.1.2.2
4. Провести розмітку на плані приміщення освітлювальних мереж	Дивись рекомендації пункту 5.1.2.3
5. Вибрати марку проводу і спосіб їх прокладки	Дивись рекомендації пункту 5.1.3
6. Скласти розрахункову схему освітлювальної мережі	
7. Визначити момент навантаження живлючої мережі	$M_{\hat{A}_1-\hat{A}_2} = P_{A_1-A_2} \cdot I_{A_1-A_2},$
8. Визначити моменти для кожної групи	$M = P_1 \cdot I_1$
9. Визначити площу поперечного перерізу живлючої мережі на ділянці A_1-A_2	$S_{A_1-A_2} = \frac{M_{A_1-A_2} + \alpha \cdot (\Sigma M)}{C \cdot \Delta U_{\text{ДОП}}}$
10. Перевірити переріз проводу на ділянці A_1-A_2 на нагрівання за тривало допустимим струмом і механічної міцності	$I_{P.\hat{A}_1-\hat{A}_2} = \frac{P_{A_1-A_2}}{3 \cdot U_H \cdot \cos \varphi}$
11. Визначити фактичну втрату напруги на ділянці A_1-A_2	$\Delta U_{A_1-A_2} = \frac{M_{A_1-A_2}}{S_{A_1-A_2} \cdot C}$
12. Визначити площу поперечного перерізу на кожній ділянці	$S_i = \frac{M_i}{C(\Delta U_{\text{ДОП}} - \Delta U_{A_1-A_2})}$
13. Визначити втрати напруги на кожній ділянці	$\Delta U_i = \frac{M_i}{C \cdot S_{CT}}$
14. Перевірити переріз проводу на кожній ділянці на нагрівання за тривало допустимим струмом і механічної міцності	$I_{Pi} = \frac{P_i}{3U_H \cdot \cos \varphi}$
15. Вибрати типи щитів, апаратуру керування та за-хисту мереж від коротких замикань та перевантажень	Дивись рекомендації пункту 5.1.5

ДОДАТОК 1 (довідковий)

Таблиця 1 – Норми освітленості для деяких сільськогосподарських приміщень

Приміщення, ділянки, обладнання	Плоскість	Освітленість, лк	
		Газорозрядні лампи	Лампи розжарювання
Тваринницькі приміщення			
1	2	3	4
Приміщення для утримання корів і ремонтного молодняка	Г-00	75	30
Стійла, бокси, секції	Г-00	50	20
Приміщення для утримання биків	Г-00	75	30
Приміщення отьолу корів	Г-00	150	100
Приміщення санітарної обробки корів	Г-00	75	30
Профілакторії для утримання телят	Г-00	100	50
Телятники для ВРХ м'ясного направлення	Г-00	100	50
Секції для корів з телятами	Г-00	75	30
Приміщення для дорощування молодняка	Г-00	50	20
Приміщення для відгодівлі молодняка	Г-00	50	20
Приміщення для хряків, свиноматок, поросят сисунів	Г-00	75	30
Приміщення для ремонтного молодняка	Г-00	75	30
Приміщення свинарників відгодівельників	Г-00	50	20
Приміщення для овець	Г-00	-	30
Приміщення для коней	Г-00	50	20
Птахівничі приміщення			
Приміщення для напільного утримання курей	Г-00	75	30
Приміщення із клітковим утримання курей	Г-00	75	30
Приміщення для вирощування ремонтного молодняка курей	Г-00	75	30
Приміщення для напільного вирощування індуків	Г-00	75	30
Приміщення для вирощування гусей	Г-00	75	30
Приміщення для вирощування качок	Г-00	75	30
Приміщення сортування курчат	Г-00	300	200
Інкубаторій	Г-00	75	30
Загальні будівлі для тваринницьких приміщень і пташників			
Приміщення доїння, первинної обробки і зберігання молока	Г-00	75	30

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Преддоїльні площадки	Г-00	50	30
Доїльні зали і площадки	Г-00	200	150
Приміщення приймання, зберігання молока, розливочні	Г-00	150	100
Холодильні камери	Г-00	-	30
Цех фасування молока	Г-00	150	100
Кабінет ветеринарного лікаря, аптека	Г-00	200	150
Манеж-приймальна, діагностичний кабінет	Г-00	200	150
Мийна - стерилізаційна	Г-00	150	100
Кладова для біопрепаратів	Г-00	100	50
Приміщення для забюю	Г-00	100	75
Камера для тимчасового зберігання тушок	Г-00	-	30
Утилізаційна	Г-00	-	20
Приміщення дезінфекції тари, одягу, транспортних засобів	Г-00	-	30
Приміщення утримання хворих тварин	Г-00	100	50
Приміщення приймання та зберігання кормів	Г-00	-	20
Ділянка для обробки та змішування кормів	Г-00	150	100
Варочне відділення	Г-00	100	50
Площадка для приймання кормів	Г-00	5	5
Приміщення обробки гною	Г-00	-	20
Мийна, камера для дезінфекції яєць, упаковки яєць	Г-00	150	100
Лабораторії різного призначення	Г-00	300	150
Фуражні, приміщення інвентарю, мийні, дезінфекційні, запасу кормів, підстилки	Г-00	-	10
Будівлі для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції			
Склади для овочів та фруктів	Г-00	-	20
Сортировочна	Г-00	200	150
Вентиляційна	Г-00	50	20
Експедиція	Г-00	75	30
Приміщення пророщування картоплі	Г-00	100	50
Інвентарна	Г-00	-	10
Вантажні коридори	Г-00	75	30
Приміщення зберігання аміаку	Г-00	-	20
Зерносклади	Г-00	-	5
Приміщення обробки зерна	Г-00	-	10
Ремонтно-механічні ділянки			
Слюсарно-механічна ділянка	Г-0,8	300	-
Інструментальна, шліфувально-заточний	Г-0,8	300	-
Збірний, збірно-монтажний	Г-0,8	300	-
Заготівельний	Г-0,8	150	100
Кузнечний, термічний	Г-0,8	200	150

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Зварювальний, котельня	Г-00	200	150
Ділянки по обслуговуванню автомобілів			
Ділянка миття і прибирання автомобіля	Г-00	150	75
Відділення ремонту та обслуговування автомобілів	Г-00	200	150
Оглядові канали	Г-00	150	75
Відділення моторне, агрегатне, механічне, електротехнічне, карбюраторне	Г-0,8	300	200
Шиномонтажне відділення	Г-0,8	200	150
Приміщення зберігання автомобілів	Г-00	50	20
Площі для зберігання автомобілів	Г-00	5	5
Приміщення для електрокар і електронавантажувачів			
Приміщення стоянки і зарядки	Г-00	100	50
Електролітна, дистилаційна	Г-0,8	150	75
Приміщення ремонту електрокар і електронавантажувачів	Г-00	200	150
Ділянки для фарбування			
Склади і калдадові лакофарбних матеріалів	Г-00	30	-
Приміщення заготівлі фарби	Г-0,8	200	-
Ділянки для фарбування	Г-00	750	-
Електроремонтні ділянки			
Приміщення виготовлення ізоляційних матеріалів і деталей	Г-0,8	200	-
Ділянка виготовлення обмоток	Г-0,8	300	-
Ділянка укладення обмоток	Г-0,8	150	-
Ділянка прописування обмоток	Г-0,8	150	-
Збірні ділянки	Г-0,8	300	-
Ділянки прописування і сушіння	Г-0,8	150	-
Ділянка ремонту низьковольтної апаратури	Г-0,8	300	-
Відділення ремонту трансформаторів	Г-0,8	200	150
Відділення ремонту апаратів і приладів	Г-0,8	300	-
Електрощитова	Г-0,8	-	50
Норми освітлення деяких громадських приміщень			
Класи, аудиторії, лабораторії, лаборантські	Г-0,8	300	-
Кабінети і кімнати викладачів	Г-0,8	200	-
Читальні зали	Г-0,8	300	-
Читальні каталоги	Г-0,8	150	-
Приміщення для зберігання книг і архівів	Г-0,8	75	-
Зал для приймання їжі	Г-0,8	200	-
Роздаточна	Г-0,8	300	-
Гарячий цех	Г-0,8	200	-
Кондитерський цех	Г-0,8	300	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Приміщення для миття посуду, нарізання хліба, завідуючого виробництвом	Г-0,8	200	-
Приміщення для персоналу	Г-0,8	150	-
Експедиція	Г-0,8	100	-
Санітарно-побутові приміщення (умивальники, уборні)	Г-00	75	50
Санітарно-побутові приміщення (душова, гардеробна)	Г-00	50	30
Кімнати для проживання людей	Г-0,8	100	75
Кабінет реєстратури	Г-0,8	200	-
Приміщення для особової гігієни жінок	Г-00	75	-
Вестибюлі, гардеробні в вузах, школах, клубах, гуртожитках	Г-00	150	100
Коридори, проходи	Г-00	75	50

Таблиця 2 - Коефіцієнти використання світлового потоку установок із світильниками з люмінесцентними лампами, лампами розжарювання і ДРЛ

Характеристика світлорозподілення світильника	П, Д-2					Р, М					Р, М					П, Д-2					Н, Д-1				
Тип світильника	НСП21, НСП22, УМП15					НСП02, НСП03, НБО07, НПО20, НБО06					НСП04, НСП09, НСП11, ППР					НСП11, ППД					НСП11, ПСХ, НПО18				
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
t	Коефіцієнт використання, %																								
0,5	24	22	20	17	16	12	10	7	5	3	19	18	12	9	6	25	24	20	17	16	19	18	13	9	7
0,6	34	32	26	23	21	16	15	10	7	6	24	23	15	11	8	31	30	24	20	19	24	23	16	12	10
0,7	42	39	34	30	29	20	19	14	10	9	29	27	19	15	12	39	36	30	26	25	28	27	19	14	12
0,8	46	44	38	34	33	23	21	16	12	11	33	31	23	18	14	43	41	36	32	31	30	29	21	16	13
0,9	49	47	41	37	36	26	24	18	15	13	35	33	25	19	15	45	43	38	34	33	33	31	23	18	15
1,0	51	49	43	39	37	28	26	20	17	15	37	35	26	20	16	47	44	39	36	34	35	33	25	20	16
1,1	53	50	45	41	39	29	27	21	18	16	40	37	28	22	18	49	45	41	38	36	37	35	26	21	17
1,25	56	52	47	43	41	31	28	23	19	17	43	40	30	24	19	51	47	42	39	37	40	37	28	23	19
1,5	60	55	50	46	44	35	31	25	21	19	46	42	32	25	20	55	51	45	42	40	43	40	31	25	21
1,75	63	58	53	48	46	37	33	27	22	20	49	45	35	27	22	58	53	49	45	43	46	42	34	28	23
2	66	60	55	51	49	39	35	29	23	20	52	47	37	29	23	61	55	51	47	45	49	44	36	30	25
2,25	68	62	57	53	51	42	37	30	25	21	54	49	39	31	24	63	57	53	49	47	51	46	38	32	26
2,5	70	64	59	55	53	44	39	32	27	22	56	51	40	32	25	65	58	54	51	49	53	47	39	33	28
3,0	73	66	62	58	56	48	43	35	29	24	60	53	43	35	27	68	61	56	54	52	56	50	42	35	30
3,5	76	68	64	61	59	51	45	37	31	25	62	55	45	36	28	70	63	58	56	54	59	52	44	38	32
4,0	78	70	66	62	60	53	47	39	32	26	64	57	47	38	30	72	64	60	57	56	61	53	46	40	34
5,0	81	73	69	64	62	57	50	42	35	29	67	59	49	40	32	74	65	62	58	57	63	55	48	42	36
Φ нижня на півсфера, %	80					40 – 45					45 – 47					67					50 – 53				
Φ верхня на півсфера, %	0					25 - 30					30					0					12 - 15				

Продовження таблиці 2

Характеристика світлорозподілення світильника	П, Г-4					П, Л					П, Г-1					П, Д-1					П, Г-1									
Тип світильника	НСП17, ГС, ГеУ					НСП17, С, СУ					НСП20, УПД					НСП20, ППД					НСП22, УП-24									
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коефіцієнт використання, %																													
0,5	59	55	50	48	46	27	23	17	12	11	28	27	23	20	19	36	33	29	26	24	30	28	25	21	18					
0,6	62	59	54	51	50	36	35	27	23	21	36	34	28	25	24	41	38	33	30	29	33	31	26	23	22					
0,7	67	62	59	55	54	44	40	34	29	27	40	38	33	29	28	48	44	39	35	35	38	36	31	28	25					
0,8	70	66	62	58	57	49	45	38	33	32	44	42	36	33	31	53	48	43	39	38	41	39	34	30	29					
0,9	72	68	64	61	59	53	50	44	39	37	47	45	39	36	35	56	52	47	43	42	46	42	37	33	32					
1,0	75	70	66	63	62	58	54	48	44	42	50	47	42	39	38	59	55	50	47	46	48	45	40	37	36					
1,1	77	72	67	65	64	60	56	50	46	44	52	49	44	41	40	61	56	51	48	47	49	46	41	38	38					
1,25	80	74	70	67	66	63	59	53	49	47	57	52	47	44	43	63	58	53	50	49	52	47	43	40	40					
1,5	83	77	73	71	70	68	62	57	53	52	61	57	51	47	46	67	61	56	53	52	55	50	46	43	43					
1,75	86	79	76	74	73	72	65	60	57	55	65	60	56	50	49	70	63	59	55	54	58	52	49	46	45					
2	90	82	80	76	75	77	68	64	60	58	68	62	58	54	52	72	65	61	57	56	61	55	51	48	47					
2,25	92	83	81	77	76	78	70	66	63	60	71	64	60	56	55	74	66	62	59	57	63	56	52	49	49					
2,5	94	85	82	79	78	80	72	68	65	62	73	65	61	58	57	76	67	63	60	58	64	57	53	50	50					
3,0	96	86	83	80	79	84	75	71	68	65	77	67	64	61	59	78	69	65	63	61	67	59	56	53	52					
3,5	98	88	85	82	80	87	77	74	70	68	79	69	66	63	61	79	70	67	64	62	69	61	57	55	54					
4,0	99	88	86	83	81	90	79	75	72	70	81	70	67	64	62	81	72	68	65	63	71	63	59	57	55					
5,0	99	89	86	84	82	91	80	76	73	71	82	72	69	66	64	83	73	69	66	64	73	64	61	59	57					
Φ нижня на півсфера, %	80					80					75					65 - 67					67									
Φ верхня на півсфера, %	0					0					0					0					0									

Продовження таблиці 2

Характеристика світлорозподілення світильника	П, Д-1					П, Г-1					П, Д-2					П, Д-1					П, Г-1									
Тип світильника	НПП03, В4А-60					Н4БН-150					ВЗГ/В4А-200М					ВЗГ100А					ПЛК									
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коефіцієнт використання, %																													
0,5	19	18	14	10	8	19	19	18	14	12	19	18	15	12	12	13	13	8	6	6	16	15	14	13	-					
0,6	23	22	17	14	13	24	24	19	16	15	22	21	17	14	14	17	17	12	9	9	33	31	28	25	-					
0,7	27	26	20	17	16	28	27	22	19	18	24	23	19	17	16	21	20	16	13	12	42	38	34	31	-					
0,8	30	28	23	20	19	30	29	24	21	20	27	25	21	19	18	24	23	19	16	15	46	42	38	36	-					
0,9	33	30	25	21	21	32	31	26	24	23	29	27	22	21	20	25	24	20	17	16	48	46	42	40	-					
1,0	35	31	26	23	22	35	33	29	26	25	30	28	24	22	21	27	25	21	18	17	50	48	45	43	-					
1,1	37	33	28	24	23	37	35	30	28	26	32	30	26	24	23	28	26	22	19	18	51	49	45	43	-					
1,25	39	35	30	26	24	39	37	32	30	28	34	32	28	25	24	30	28	23	20	19	53	50	45	44	-					
1,5	42	37	32	29	26	44	40	36	33	32	38	35	31	28	27	32	29	24	22	21	54	51	47	45	-					
1,75	44	39	34	31	28	47	43	39	36	35	40	37	33	30	29	33	30	26	24	23	56	52	48	46	-					
2	46	41	36	32	29	49	44	41	38	37	42	38	35	32	31	34	31	28	25	24	57	52	49	46	-					
2,25	48	42	38	34	31	51	46	42	40	38	43	39	36	34	33	35	32	29	26	25	58	53	50	47	-					
2,5	49	44	39	36	32	52	47	44	41	40	45	40	37	35	34	36	33	30	28	26	59	54	51	48	-					
3,0	52	46	41	37	34	54	49	45	43	42	47	42	39	37	36	40	35	33	31	30	62	56	52	50	-					
3,5	54	48	43	39	36	56	50	46	44	43	49	43	41	39	38	42	37	34	33	32	63	57	53	51	-					
4,0	55	49	44	40	38	57	51	48	46	44	50	44	42	40	39	43	38	36	34	33	64	58	54	52	-					
5,0	58	51	46	42	39	60	53	50	48	46	52	46	43	41	40	45	39	37	35	34	67	59	56	54	-					
Φ нижня на півсфера, %	50					55					48 - 55					45					60									
Φ верхня на півсфера, %	0					0					0					0					0									

Продовження таблиці 2

Характеристика світлорозподілення світильника	Р, Д-1					Н, Д-2					О, Д-1					О, Д-1					П, Г-3				
Тип світильника	НПО16					НСО02					ПКР-300М					СК-300					РСП05, РСП08, РСП10, РСП13, ГСП17, РСП17, ГСП05				
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коефіцієнт використання, %																								
0,5	16	15	12	10	4	24	23	20	17	11	18	17	10	9	3	16	15	11	9	2	49	46	42	40	37
0,6	20	19	16	13	6	30	28	25	20	14	23	21	16	13	5	21	19	14	11	2	53	50	46	44	42
0,7	24	23	20	16	9	35	31	29	25	17	25	23	18	15	6	24	22	16	14	3	58	54	50	48	47
0,8	28	26	22	19	10	40	38	34	30	22	30	28	21	19	8	27	25	18	16	4	61	57	53	51	50
0,9	30	28	24	20	11	42	39	36	33	23	32	29	23	20	8	30	28	20	18	4	64	59	56	53	52
1,0	32	30	26	22	12	44	42	38	34	24	33	31	24	22	9	32	30	22	19	5	67	61	58	55	54
1,1	34	32	27	24	13	46	43	39	35	25	38	33	25	23	9	34	32	23	21	5	69	63	60	57	56
1,25	37	34	29	25	14	50	46	41	37	26	39	37	28	25	10	37	35	26	23	6	71	65	62	59	58
1,5	40	36	31	27	16	53	49	44	39	27	42	39	30	27	10	41	38	28	25	6	74	68	65	62	61
1,75	42	39	33	29	17	56	52	46	41	29	45	42	32	29	11	44	40	30	27	7	76	70	67	64	64
2	44	40	35	31	18	59	54	48	44	30	49	44	34	31	12	47	42	31	29	8	78	71	69	66	65
2,25	46	42	36	33	19	61	56	50	45	31	51	45	35	32	12	49	45	33	30	8	79	72	70	67	66
2,5	48	44	38	34	20	63	58	51	47	33	53	47	36	34	13	51	47	35	32	8	80	74	71	68	67
3,0	51	46	40	36	22	67	60	53	50	35	56	50	39	36	14	55	49	37	34	9	82	75	72	70	68
3,5	54	48	42	38	24	70	62	56	52	37	58	52	40	37	15	57	51	39	36	9	84	75	72	70	69
4,0	56	50	44	40	25	72	63	57	53	38	60	53	42	39	15	59	53	41	38	10	85	76	73	71	70
5,0	60	53	47	44	28	74	65	58	56	39	63	55	43	42	16	61	55	42	40	10	88	76	76	74	71
Φ нижня на півсфера, %	35					55					30					24					75 - 80				
Φ верхня на півсфера, %	30					20					48					56					0				

Продовження таблиці 2

Характеристика світлорозподілення світильника	П, Г-1					П, К-1					П, Л					П, Д-2					Н, Д-2									
Тип світильника	РСП05, РСП08, РСП13, РСП17, РСП20					РСП05, РСП08, РСП13, ГСП13					РСП08					ЛСП02, ЛСП06, ПВЛМ					ЛСП02									
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коефіцієнт використання, %																													
0,5	30	30	23	20	18	51	49	45	42	41	23	22	18	12	12	28	27	21	18	16	25	25	19	14	12					
0,6	37	36	30	27	26	56	54	49	46	45	30	30	22	18	16	33	32	25	22	20	31	29	22	18	16					
0,7	42	40	33	31	29	60	57	53	50	50	35	32	27	21	20	38	36	30	26	24	36	33	26	22	20					
0,8	45	43	37	34	33	63	60	56	53	53	40	38	30	25	23	42	39	33	29	28	39	36	30	25	22					
0,9	47	45	40	37	35	66	63	58	56	55	43	39	33	29	26	46	42	37	32	31	43	40	33	28	25					
1,0	49	47	41	40	38	68	65	61	59	57	47	40	37	31	29	49	45	40	35	34	46	43	36	30	28					
1,1	51	50	43	42	40	70	67	62	60	59	50	44	40	33	31	52	48	42	38	36	49	45	38	32	30					
1,25	55	53	47	44	42	73	68	64	62	61	53	50	42	37	34	55	50	45	40	39	52	47	40	35	32					
1,5	59	56	50	48	45	78	71	68	65	64	58	54	46	41	38	60	54	49	45	44	56	51	44	38	35					
1,75	62	58	53	50	48	81	73	70	68	66	62	57	50	44	41	63	57	52	48	47	59	54	47	42	38					
2	67	60	56	53	51	82	74	72	69	67	66	60	54	48	44	65	59	55	51	49	62	56	49	44	40					
2,25	69	62	57	54	52	84	75	72	70	68	68	62	56	50	45	68	62	57	53	52	64	58	51	46	42					
2,5	71	63	59	57	53	85	76	73	71	69	70	64	58	52	47	70	63	58	55	54	66	60	53	48	43					
3,0	73	66	60	58	56	86	78	74	73	70	74	67	60	56	50	73	65	61	58	56	69	62	55	50	45					
3,5	75	67	61	59	57	87	78	75	74	71	77	70	62	58	52	75	67	62	60	58	71	63	56	51	46					
4,0	77	69	63	61	58	89	79	76	74	72	79	71	63	59	53	77	68	64	61	59	73	64	58	53	48					
5,0	79	70	66	63	60	91	80	78	76	73	82	72	65	63	55	80	70	67	65	62	77	67	60	56	50					
Φ нижня на півсфері, %	70					75 - 80					80					70					75*									
Φ верхня на півсфері, %	0					0					0					0					0									

Продовження таблиці 2

Характеристика світлорозподілення світильника	П, Г-1					Н, Д-1					П, Г-1					Р, Г-2					Н, Д-1				
Тип світильника	ПВЛМ, Н4Т5Л, ЛПО03					ПВЛ1, ПВЛП, ЛСП14, ЛСП16, ЛСП18, ЛПО03, ЛПО16, ЛПО30					ЛСП02, НОДЛ, НОГЛ, ЛПО30					ЛСО02					ЛСП15, ЛСП21, ЛСХ10, ПВЛМ з лампами ЛБР без решітки				
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i	Коефіцієнт використання, %																								
0,5	26	24	20	17	16	22	18	13	11	9	20	20	16	13	12	19	19	14	11	8	28	27	20	13	11
0,6	32	31	25	21	20	25	23	17	14	12	26	25	20	17	16	23	22	18	15	10	33	32	22	17	14
0,7	37	35	29	26	24	28	27	20	16	15	30	29	24	21	20	26	25	21	18	11	38	36	27	20	17
0,8	41	38	32	28	27	31	29	23	19	17	34	31	27	24	22	29	27	23	20	13	42	40	30	23	20
0,9	45	41	36	32	30	34	32	26	21	19	37	34	30	26	25	32	30	25	22	14	47	44	34	26	22
1,0	48	44	39	35	33	37	34	28	23	21	40	36	32	29	28	34	32	27	24	15	51	47	37	29	25
1,1	50	46	41	37	36	39	36	30	25	23	42	38	34	31	30	36	34	28	26	16	54	50	39	31	27
1,25	53	48	43	39	38	42	38	32	27	25	44	40	36	33	32	38	36	30	28	17	57	53	42	34	29
1,5	57	52	48	44	42	46	42	36	30	28	48	44	40	37	36	42	48	32	30	19	63	57	47	38	33
1,75	60	55	51	47	4	54	44	38	33	30	50	46	42	49	38	45	41	34	32	20	67	61	50	42	36
2	63	57	53	49	48	51	46	40	35	32	52	48	44	41	40	47	42	36	34	21	70	63	53	44	38
2,25	65	59	55	51	50	53	48	42	37	34	54	49	46	43	42	49	44	37	35	22	73	66	55	47	42
2,5	67	60	56	53	51	55	50	43	39	35	56	50	47	45	44	50	45	39	36	23	76	68	57	49	42
3,0	70	62	58	55	54	58	52	45	41	37	58	52	49	47	45	53	47	40	38	24	80	71	60	52	44
3,5	71	64	60	57	55	60	53	47	43	39	60	53	50	48	46	54	48	41	39	24	82	73	62	54	46
4,0	73	65	61	59	57	61	54	48	44	40	61	54	51	49	48	56	49	42	40	25	85	75	64	56	48
5,0	77	67	64	62	60	65	57	51	48	43	64	56	53	52	50	59	51	44	42	26	90	79	69	61	52
Φ нижня на півсфера, %	65					65					60					30					85				
Φ верхня на півсфера, %	0					0					0					0									

Продовження таблиці 2

Характеристика світлорозподілення світильника						Н, Д-1					Р, Г-1					Р, Д-1				
Тип світильника	ПВЛМ з лампами ЛБР і решітками					ПВЛМ з лампою ЛБР 80					ЛСП05, ШОД					ЛПО09				
ρ стелі	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ стіни	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ підлоги	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
i																				
0,5	25	25	18	13	11	27	26	17	12	11	23	22	16	14	10	27	25	23	20	14
0,6	31	29	22	17	15	31	30	21	16	14	29	28	21	18	12	33	31	29	24	18
0,7	36	34	26	20	18	36	34	25	20	17	33	32	24	21	14	38	36	34	28	22
0,8	39	36	28	23	20	39	37	28	22	20	37	35	27	24	16	41	39	37	32	25
0,9	43	40	31	25	22	43	40	32	25	22	40	38	30	27	18	46	42	41	35	29
1,0	46	43	34	28	24	47	43	34	28	25	43	41	32	29	19	49	46	44	38	32
1,1	49	45	36	30	26	50	46	37	30	27	46	43	34	31	20	52	48	46	41	34
1,25	51	47	38	32	27	52	48	39	32	29	49	46	37	34	22	56	51	49	44	37
1,5	56	51	42	35	30	58	52	44	36	33	54	55	40	37	24	60	55	53	49	42
1,75	60	54	45	38	33	61	56	47	40	36	57	53	43	40	25	64	58	57	52	46
2	62	56	47	40	34	64	58	49	42	38	60	55	45	42	27	67	61	59	55	48
2,25	65	58	49	42	36	67	60	51	44	40	63	57	47	44	28	70	63	62	57	51
2,5	67	60	51	44	37	69	63	53	47	41	65	59	48	45	29	72	65	64	59	53
3,0	70	63	53	46	39	73	65	56	50	44	68	61	50	48	30	76	68	66	62	56
3,5	72	64	54	48	40	75	67	58	52	46	71	63	52	50	31	78	70	68	64	58
4,0	74	66	56	49	41	78	69	60	54	47	73	65	54	52	32	80	71	69	66	60
5,0	78	68	59	52	44	82	72	64	58	51	76	67	56	53	34	85	75	72	70	65
Φ нижня на півсфера, %						85*					42					60				
Φ верхня на півсфера, %											43					20				

* Сумарне значення світлового потоку світильника в відсотках по відношенню до світлового потоку умовного джерела (1000 лм)

Таблиця 4 – Світлотехнічна відомість

Номер приміщення на плані	Назва приміщення	Характеристика приміщення						Вид освітлення	Система освітлення	Загальне освітлення						Штеп. розетки		Встановлена потужність, Вт	Питома потужність, Вт/м ²	
		Довжина А, м	Ширина В, м	Площа S, м ²	Висога Н, м	Характеристика середовища	Коеф. відбивання			Е _л , лк	Коеф. запасу, КЗ	Світильники			Загальна потужність, Вт	Тип, потужність, Вт	Кількість			
							Р _{ст.} , %					Р _{пот.} , %	Тип	Потужність, Вт						Кількість
1	Секція для утримання ремонтних теличок	48	21	1008	2,6	Сире	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	75/50	1,3	ЛСП18	40	80	4000	-	-	4000	3,97
2	Приміщення теплового вводу	4,0	2,2	8,8	2,6	Вологе	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	20	1,15	НСП02	100	1	100	-	-	100	11,4
3	Приміщення для кормів	4,8	2,2	10,56	3,1	Пильне	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	20	1,15	НСП02	200	1	200	-	-	200	18,9
4	Лабораторія	5,5	2,15	11,8	2,6	Сухе	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	300	1,3	ПВЛМ	40	4	160	РШ-Ц-2-06 500	1	660	55,9
5	Мийна	2,86	1,85	5,3	2,6	Сире	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	150	1,3	ПВЛМ	40	2	80	-	-	80	15,1
6	Електрощитова	3,44	2,38	8,2	2,6	Сухе	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	100	1,3	ПВЛМ	40	2	80	-	-	80	9,7
7	Тамбур (2)	6	4	24	2,6	Вологе	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	20	1,15	НСП02	200	1	200	-	-	200	8,3
8	Тамбур двійний (2)	4,85	2	9,7	2,6	Вологе	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	20	1,15	НСП02	100	2	200	-	-	200	20,6
9	Площадка для штучного осмінення геличок (2)	3,1	3,2	9,92	2,6	Сире	50	30	Робоче	Загальна рівномірна	75/50	1,3	ЛСП15	40	2	80	-	-	80	8,1

Таблиця 3.1 – Значення питомої потужності загального рівномірного освітлення світильниками з лампами розжарювання (враховані значення $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$; $\rho_{\text{стіни}} = 30\%$; $\rho_{\text{робочої поверхні}} = 10\%$; $\kappa_3 = 1,3$; $z = 1,15$)

H _p , м	Площа приміщення, м ²	Питома потужність, Вт/м ² , при освітленості, лк, яка дорівнює						
		5	10	20	30	50	75	100
Світильники НСП21, НСП22 і УПМ15 з характеристикою світлорозподілення П, Д-2								
2 - 3	10 – 15	2,5	4,5	8	11,3	18,4	26,4	33,6
	15 – 25	2,1	8,7	6,5	9,1	14,5	21	26,7
	25 – 50	1,8	3,2	5,6	7,7	12,5	17,8	22,5
	50 – 150	1,5	2,7	4,7	6,5	10,6	15	19,4
	150 – 300	1,3	2,3	4,1	5,6	9,4	13,3	17
	>300	1,2	2,1	3,8	5,2	8,7	12,4	15,5
3 - 4	10 – 15	3,6	6,1	12,3	16,4	25	35,8	45,8
	15 – 20	2,9	4,9	9,1	12,9	21,4	28,7	38,8
	20 – 30	2,4	4	7,3	10,6	17,4	23,2	31
	30 – 50	1,9	3,3	5,8	8,5	13,4	18,8	24
	50 – 120	1,6	2,8	4,8	7,3	11,3	15,6	19,9
	120 – 300	1,3	2,3	4,1	6,1	9,5	13	16,7
	>300	1,1	1,9	3,6	5,3	8,2	11	14,6
Світильники НСП22, УП24 з характеристикою світлорозподілення П, Г-1								
3 - 4	10 – 15	2,9	5,1	9,6	13,5	21	30,4	37,6
	15 – 20	2,6	4,5	8,4	12,2	19,2	26	33,6
	20 – 30	2,4	4	7,5	10,9	17,4	23,6	30,4
	30 – 50	2	3,5	6,3	9,4	14,7	20,3	26
	50 – 120	1,7	3	5,3	7,9	12,3	17	22
	120 – 300	1,5	2,5	4,3	6,8	10,4	14,4	19,2
	>300	1,3	2,3	4	6,1	9,4	12,8	16,8
4 - 6	10 – 17	3,3	6,2	10,8	14,8	23,3	32,8	43,8
	17 – 25	2,8	5,1	9,2	12,8	20	29,6	39,4
	25 – 35	2,4	4,4	8,2	11,5	17,7	26,6	35,4
	35 – 50	2,2	3,9	7,4	10,6	16,1	23,6	31,5
	50 – 80	1,9	3,4	6,4	9,2	13,9	20,7	27,6
	80 - 150	1,6	2,9	5,4	7,6	11,6	17,6	23,4
	150 – 400	1,4	2,5	4,7	6,5	9,9	14,8	19,7
	>400	1,2	2,1	4	5,6	8,5	12,2	16,2
Світильники НСП20, УПД з характеристикою світлорозподілення П, Г-1								
4 - 6	10 – 17	3,7	6,8	12,4	19,8	30,2	42	56
	17 – 25	3	5,6	10	15,4	23	33,6	44,8
	25 – 35	2,5	4,7	8,5	12	18,7	28,9	38,5
	35 – 50	2,2	3,9	7,2	10,2	15,5	24	32
	50 – 80	1,8	3,3	6,2	8,7	13,3	19,7	26,3
	80 - 150	1,5	2,7	5,1	7,2	11	16,4	21,9
	150 – 400	1,2	2,2	4,1	5,6	8,8	13,2	17,6
	>400	1	1,8	3,4	4,6	7,3	10,8	14,4

Продовження таблиці 3.1

6 - 8	25 – 35	3,6	6	9,9	15,6	26	39	52
	35 – 50	2,9	5	8,7	13,2	22	33	44
	50 - 65	2,4	4,4	7,6	11,5	19,1	28,7	38,2
	65 – 90	2	3,9	6,6	9,9	16,5	24,8	33
	90 - 135	1,7	3,3	5,8	8,2	13,7	20,6	27,4
	135 - 250	1,4	2,7	4,7	6,8	11,4	17,1	22,8
	250 – 500	1,2	2,2	3,8	5,6	9,4	14,1	18,8
	>500	0,9	1,7	3	4,5	7,5	11,2	15
Світильники НСП17, С, СУ з характеристикою світлорозподілення П, Л								
4 - 6	10 – 17	4,7	9,4	19,6	34	42	65,2	87
	17 – 25	4	7,6	15,8	24,6	34	50,6	67,5
	25 – 35	3,1	5,8	10,6	15,6	24,2	35,2	47
	35 – 50	2,4	4,1	7,7	10,9	17	24,8	33
	50 – 80	1,7	3,1	5,8	8	12,8	18,6	24,8
	80 - 150	1,4	2,4	4,6	6,4	10	14,6	19,5
	150 – 400	1,2	2	3,9	5,5	8,4	12	16
	>400	1	1,7	3,3	4,7	7	10,1	13,5
6 - 8	25 – 35	4,5	8,2	17,1	26,8	39,4	59	78,7
	35 – 50	3,8	6,7	13,4	19,7	31,3	47	62,6
	50 - 65	3,1	5,4	10,3	14,4	23,5	35,2	47
	65 – 90	2,4	4,2	7,7	11	17,5	26,2	35
	90 - 135	1,7	3,1	5,7	8,4	13,2	19,9	26,5
	135 - 250	1,3	2,5	4,4	6,4	10,4	15,5	20,7
	250 – 500	1,1	2	3,7	5,2	8,4	12,6	16,8
	>500	0,9	1,7	3	4,2	7	10,5	14
Світильники НСП02, НСП03, НБОУ7, НПО20, НБОУ16 з характеристикою світлорозподілення Р, М								
1,5 - 2	10 – 15	3,4	6,7	13,3	20	33,2	50	66,5
	15 – 25	2,9	2,9	11,6	17,4	29	43,5	58
	25 – 50	2,4	4,8	9,6	14,4	24	36	48
	50 – 150	2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	150 – 300	1,6	3,1	6,2	9,3	15,5	23,3	31
	>300	1,4	2,7	5,4	8,1	13,5	20,2	27
2 - 3	10 – 15	5	10	20	30	50	75	100
	15 – 25	3,8	7,5	15	22,5	37,5	56,3	75
	25 – 50	2,8	5,7	11,4	17,1	28,5	42,7	57
	50 – 150	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,8	45
	150 – 300	1,9	3,8	7,5	11,3	18,8	28,1	37,5
	>300	1,5	3	6	9	15	22,5	30
3 - 4	10 – 15	9,4	18,8	37,6	56,5	94	141	188
	15 – 20	7	13,9	27,8	41,7	69,5	104,2	139
	20 – 30	5	9,9	19,8	29,7	49,5	74,2	99
	30 – 50	3,7	7,3	14,6	21,9	36,5	54,7	73
	50 – 120	2,8	5,6	11,2	16,8	28	42	56
	120 – 300	2,2	4,4	8,8	13,2	22	33	44
	>300	1,6	3,2	6,4	9,6	16	24	32

Продовження таблиці 3.1

Світільники НСП11, ПСХ, НПО18 з характеристикою світлорозподілення Н, Д-1								
1,5 - 2	10 – 15	2,6	5,1	10,2	15,3	25,5	38,2	51
	15 – 25	2,2	4,3	8,6	12,9	21,5	32,3	43
	25 – 50	1,8	3,6	7,2	10,8	18	27	36
	50 – 150	1,7	3,3	6,5	9,8	16,3	24,3	32,5
	150 – 300	1,5	3	6	9	15	21	30
	>300	1,3	2,6	5,2	7,8	13	19,5	26
2 - 3	10 – 15	3,5	7	14	21	35	52,5	70
	15 – 25	2,9	5,8	11,7	17,5	29,2	44	58,5
	25 – 50	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,7	45
	50 – 150	1,8	3,6	7,1	10,6	17,8	26,6	35,5
	150 – 300	1,5	3	5,9	8,4	14,8	22,4	29,5
	>300	1,3	2,6	5,2	7,8	13	19,5	26
Світільники НСП04, НСП09, НСП11, ППР з характеристикою світлорозподілення Р, М								
2 - 3	10 – 15	3,7	6,3	12,8	18,2	31	46,5	62
	15 – 25	3,1	5,3	9,7	14,4	23,4	35	46,7
	25 – 50	2,5	4,4	7,9	11,7	18,8	28,1	37,5
	50 – 150	2	3,6	6,4	9,2	15	22,5	30
	150 – 300	1,7	2,9	5,4	7,8	12,8	19,2	25,6
	>300	1,5	2,6	4,8	7	11,4	17	22,7
3 - 4	10 – 15	5,8	10	18,8	28,2	47	70,5	91
	15 – 20	4,1	7,8	15,5	23,2	38,6	58	77,3
	20 – 30	3,2	6,3	12,4	18,5	30,9	46,4	61,8
	30 – 50	2,6	4,8	9,3	13,9	23,2	34,7	46,3
	50 – 120	2,2	3,9	7,4	11,1	18,5	27,8	37
	120 – 300	1,7	3,1	6	8,9	14,9	22,4	20,8
>300	1,4	2,6	4,7	7,1	11,8	17,7	23,6	
Світільники НСП11, ППД з характеристикою світлорозподілення П, Д-2								
2 - 3	10 – 15	2,9	5,1	9,3	13,5	19,8	28,1	37,5
	15 – 25	2,3	3,9	7,3	9,6	15,7	22,4	29,9
	25 – 50	1,9	3,5	6,2	8,3	13,7	19,6	26,1
	50 – 150	1,6	2,9	4,9	6,8	11,3	16,4	21,8
	150 – 300	1,4	2,5	4,4	6,1	10	14,6	19,4
	>300	1,3	2,3	4	5,5	9,2	13,4	17,8
3 - 4	10 – 15	3,5	6	11,8	16,5	27,8	41,8	55,7
	15 – 20	3	5,2	9,8	14,4	23,2	34,7	46,3
	20 – 30	2,5	4,3	7,9	11,5	18,8	28,3	37,7
	30 – 50	2	3,4	6,1	9	14,9	22,4	29,8
	50 – 120	1,7	2,9	5,3	7,9	12,9	19,4	23,8
	120 – 300	1,4	2,5	4,4	6,5	10,7	16	21,4
>300	1,2	2,1	3,9	5,8	9,2	13,7	18,3	

Таблиця 3.2 – Значення питомої потужності загального рівномірного освітлення світильниками з люмінесцентними лампами (враховані значення $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$; $\rho_{\text{стіни}} = 30\%$; $\rho_{\text{робочої поверхні}} = 10\%$; $\kappa_3 = 1,5$; $z = 1,1$; $E = 100$ лк)

$H_p, \text{ м}$	Площа приміщення, м^2	Питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, для груп світильників і типів ламп								
		ЛБ - 40, ЛБ - 65	ЛХБ - 40, ЛХБ - 65 ЛБ - 80, ЛД - 40 ЛТБ - 40, ЛХБ - 65	ЛХБ - 80, ЛТБ - 80 ЛДЦ - 40, ЛД - 65	ЛД - 80	ЛДЦ - 65, ЛДЦ - 80	ЛБ - 40, ЛБ - 65	ЛД - 40, ЛД - 80 ЛХБ - 40, ЛХБ - 65 ЛТБ - 40, ЛТБ - 65	ЛХБ - 80, ЛТБ - 80 ЛДЦ - 65, ЛДЦ - 40	ЛД - 80, ЛДЦ - 65, ЛДЦ - 80
		ЛСП02, ЛСП06, ПВЛМ з характеристикою світлорозподілення П, Д-2					ПВЛМ, Н4Т5Л, ЛПО03 з характеристикою світлорозподілення П, Г-1			
2 - 3	10 - 15	9,8	11,0	12,4	14,9	8,7	9,9	11,6	13,4	
	15 - 25	7,8	8,7	9,7	11,2	7	8,1	9,2	10,7	
	25 - 50	5,8	6,8	7,5	8,6	5,7	6,6	7,4	8,6	
	50 - 150	4,4	5,4	6,0	6,9	4,5	5,3	6	6,9	
	150 - 300	4,0	4,7	5,2	6,1	4	4,7	5,3	6,1	
	>300	3,6	4,1	4,7	5,4	3,4	4	4,5	5,2	
3 - 4	10 - 15	13	15,2	17,6	20	14,8	15,2	16,2	18,4	
	15 - 20	11,6	13,6	15,5	18	11,3	12,5	14,2	15,9	
	20 - 30	9,9	11,2	13,0	15,6	8,4	9,7	11,3	13,3	
	30 - 50	7,7	8,6	10	12,1	6,8	7,9	9	10,3	
	50 - 120	5,5	6,4	7,4	8,4	5,5	6,4	7,3	8,4	
	120 - 300	4,4	5,2	5,9	6,7	4,5	5,2	5,9	6,8	
4 - 6	10 - 17	15	17,3	20,1	22	18	18,6	19,7	22	
	17 - 25	13,6	15,8	18,2	20	15,5	16,4	17,2	19,6	
	25 - 35	12,4	14,4	16,5	18,5	12,7	13,7	15	16,8	
	35 - 50	10,8	12,1	14,2	15,8	9,2	10,5	12,4	14,1	
	50 - 80	8,5	9,5	10,5	11,8	7,4	8,6	9,8	11,2	
	80 - 150	6,0	7	7,9	9,2	6,1	7,1	8,3	9,4	
150 - 400	4,6	5,4	6,2	7	4,8	5,6	6,4	7,4		
	>400	3,5	4,1	4,7	5,4	3,4	4	4,5	5,2	
		ЛСП02 з характеристикою світлорозподілення Н, Д-2					ПВЛ1, ПВЛП, ЛСП14 ЛСП15, ЛСП18, ЛПО03, ЛПО16, ЛПО30 з характеристикою світлорозподілення Н, Д-1			
2 - 3	10 - 15	9,6	10,9	12,5	14,6	12,4	14,5	17,4		
	15 - 25	7,6	9	10	11,6	9,4	11	13,4		
	25 - 50	6,1	7,2	8,1	9,4	7,4	8,9	10,7		
	50 - 150	4,9	5,8	6,6	7,6	5,9	7	8,4		
	150 - 300	4,4	5	5,7	6,6	5,2	6,1	7,4		
	>300	3,9	4,5	5	5,9	4,5	5,3	6,4		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 - 4	10 – 15	14,2	18,4	21	24	17,7	19,8	23
	15 – 20	11,2	14,5	16	18,6	15,1	17,5	20
	20 – 30	9,5	10,8	12,5	14,5	11,9	14,2	17
	30 – 50	7,6	8,9	10	11,4	9,3	10,9	13,2
	50 – 120	5,9	7	7,8	9,1	7,1	8,6	10,3
	120 – 300	4,8	5,7	6,5	7,5	5,8	7	8,3
	>300	3,9	4,5	5	5,9	4,5	5,3	6,4
4 - 6	10 – 17	21	26	28	30	21	23	25
	17 – 25	15,6	20	23	27	18,5	21	24
	25 – 35	12	16,1	17,2	20	16	18	21
	35 – 50	10,3	11,7	13,8	16	13,3	15,4	18,1
	50 – 80	8,1	9,5	10,7	12,3	10,2	12	14,4
	80 - 150	6,6	7,8	8,8	10,2	8,2	9,8	11,7
	150 – 400	5,3	6,2	7	8,1	6,2	7,4	8,9
	>400	3,9	4,5	5	5,9	4,5	5,3	6,4

ДОДАТОК 2 (довідковий)

Таблиця 1 – Технічні параметри галогенних ламп розжарювання для загального освітлення

Тип лампи	Напру-га, В	Потуж-ність, Вт	Світловий потік, клм	Тривалість горіння, тис. год.	Габарити, мм	
					діа-метр	дов-жина
Лампи для загального освітлення						
КГ220-400	220	400	6,4	0,5	8	280
КГ220-500	220	500	13,5 - 14	0,15	11	132
КГ220-1000-3(4)	220	1000	26 - 27	0,4 – 0,42	11	180
КГ220-1000-5	220	1000	22	2	12	189
КГ220-1000-6	220	1000	26 - 27	5 - 6	15	400
КГ220-1500	220	1500	33	2	12	254
КГ220-2000-2(3)	220	2000	54 – 54,9	0,45 – 0,47	11	236
КГ220-2000-4	220	2000	44	2	12	335
КГ220-5000-01-1	220	5000	125 - 127	2	20,5	990
КГ220-5000-1	220	5000	110	3	20,5	1000
КГ220-10000	220	10000	260	2	27	1230
КГ220-10000-1	220	10000	220	1,3	26	1230
КГ220-20000-1	220	20000	440	1,5	36	890
Лампа типу Plusline Pro Compact, Halogen Linear, Plusline Pro Large, фірми Філіпс						
Plusline Pro Compact	230	60	0,828	2	12	78,3
Halogen Linear	230	60	0,828	2	12	
Plusline Pro Compact	230	100	1,55	2	12	78,3
Halogen Linear	230	100	1,55	2	12	78,3
Plusline Pro Compact	240	100	1,55	2	12	78,3
Plusline Pro Compact	240	150	2,55	2	12	78,3
Plusline Pro Compact	230	150	2,55	2	12	78,3
Halogen Linear	230	150	2,55	2	12	78,3
Plusline Pro Compact	230	200	3,2	2	12	78,3
Plusline Pro Large	230	750	17,1	2	11	334
Plusline Pro Large	230	1000	24,2	2	11	334
Plusline Pro Large	230	1500	36,3	2	11	334
Plusline Pro Large	230	2000	48,4	2	11	334
Лампи – термовипромінювачі						
КГТ220-600	220	600	-	2 – 2,4	12	500
КГТ220-1000	220	1000	-	10	12	500
КГТ220-1000-1	220	1000	-	10	12	375
КГТ220-1500	220	1500	-	2 – 2,4	10,75	400
КГТД220-600	220	600	-	2 – 2,2	12	500
КГТД220-1000	220	1000	-	2 – 2,2	12	500
КГТО220-2500	220	2500	-	2 – 2,2	12	375
КГТО220-2500-1	220	2500	-	2	12	440
КГТО220-2500-2	220	2500	-	2 – 2,2	12	470

Таблиця 2 – Світильники з лампами розжарювання

Тип світильника	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Крива сили світла	КПД, %	Габарити ДхН, мм	Маса, кг
НСП-11-100-214	220	IP52	ЛН	E27	М	77	180x250	1,5
НСП-11-100-314	220	IP52	ЛН	E27	М	77	180x270	1,5
НСП-11-100-414	220	IP52	ЛН	E27	М	77	158x280	1,1
НСП-11-100-614	220	IP52	ЛН	E27	М	77	175x390	2,3
НСП-11-100-714	220	IP52	ЛН	E27	М	77	158x280	1,1
НСП-11-200-214	220	IP52	ЛН	E27	М	77	210x320	2,5
НСП-11-200-314	220	IP52	ЛН	E27	М	77	210x340	2,5
НСП-11-200-414	220	IP52	ЛН	E27	М	77	185x330	2
НСП-11-200-614	220	IP52	ЛН	E27	М	77	205x450	2,9
НСП-11-200-714	220	IP52	ЛН	E27	М	77	185x330	2

Тип світильника	Напруга, В	Ступінь захисту	Рівень і вид вибухо-захисту	Лам-па	Цо-коль	Крива сили світла	КПД, %	Габари-ти ДхН, мм	Маса, кг
НСП-18ВEx-60/75-111	220	IP65	1ExedellCT6	ЛН	E27	М	70	205x435	5,6
НСП-18ВEx-60/75-421	220	IP65	1ExedellCT6	ЛН	E27	М	70	205x445	6,2
НСП-18ВEx-60/75-511	220	IP65	1ExedellCT6	ЛН	E27	Д	55	420x455	7,6
НСП-18ВEx-60/75-821	220	IP65	1ExedellCT6	ЛН	E27	Д	55	420x455	7,1
НСП-18ВEx-100/150-111	220	IP65	1ExedellCT5	ЛН	E27	М	70	205x435	5,4
НСП-18ВEx-100/150-311	220	IP65	1ExedellCT5	ЛН	E27	М	70	205x445	6,2
НСП-18ВEx-100/150-511	220	IP65	1ExedellCT5	ЛН	E27	Д	55	420x445	7,6
НСП-18ВEx-100/150-711	220	IP65	1ExedellCT5	ЛН	E27	Д	55	420x445	7,1
НСП-18ВEx-200-111	220	IP65	1ExedellCT4	ЛН	E27	М	70	205x435	5,6
НСП-18ВEx-200-421	220	IP65	1ExedellCT4	ЛН	E27	М	70	205x445	6,2
НСП-18ВEx-200-511	220	IP65	1ExedellCT4	ЛН	E27	Д	55	420x455	7,6
НСП-18ВEx-200-821	220	IP65	1ExedellCT4	ЛН	E27	Д	55	420x455	7,1

Тип світильника	№ рис.	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Крива сили світла	КПД, %	Габарити ДхН, мм	Маса, кг
НСП-20-500-101	2	220	IP54	ЛН	E40	Д	75	450x495	5,2
НСП-20-500-102	2	220	IP54	ЛН	E40	Г	75	450x495	4,2
НСП-20-500-191	1	220	IP23	ЛН	E40	Д	80	420x480	3,2
НСП-20-500-192	1	220	IP23	ЛН	E40	Г	80	420x480	2,2
НСП-20-1000-191	3	220	IP23	ЛН	E40	Д	80	580x580	6,4
НСП-20-1000-192	3	220	IP23	ЛН	E40	Г	80	580x580	5

Тип світильника	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Крива сили світла	КПД, %	cosφ, %	Габарити DхН, мм	Маса, кг
НПП-01В-60	220	IP54	ЛН	E27	М	75	-	270x112x125	1,5
ЛПП-01В-7	220	IP54	КЛ	G23	Д	65	0,4	270x112x125	1,6
ЛПП-01В-9	220	IP54	КЛ	G23	Д	65	0,4	270x112x125	1,6

Тип світильника	Напруга, В	Ступінь захисту	Рівень і вид вибухо-захисту	Лампа	Цоколь	Крива сили світла	КПД, %	Габарити DхН, мм	Маса, кг
НСП-21ВEx-150-111	220	IP65	IExedellCT6	ЛН	E27	М	70	285x480	7
НСП-21ВEx-150-421	220	IP65	IExedellCT6	ЛН	E27	М	70	285x510	8,5
НСП-21ВEx-150-511	220	IP65	IExedellCT6	ЛН	E27	Д	55	385x480	9,3
НСП-21ВEx-150-821	220	IP65	IExedellCT6	ЛН	E27	Д	55	385x510	8,5
НСП-21ВEx-200-111	220	IP65	IExedellCT5	ЛН	E27	М	70	285x480	7,5
НСП-21ВEx-200-421	220	IP65	IExedellCT5	ЛН	E27	М	70	285x510	8,5
НСП-21ВEx-200-511	220	IP65	IExedellCT5	ЛН	E27	Д	55	385x480	9,3
НСП-21ВEx-200-821	220	IP65	IExedellCT5	ЛН	E27	Д	55	385x510	8,5
НСП-21ВEx-300-111	220	IP65	IExedellCT4	ЛН	E27	М	70	285x480	7,5
НСП-21ВEx-300-421	220	IP65	IExedellCT4	ЛН	E27	М	70	285x510	8,5
НСП-21ВEx-300-511	220	IP65	IExedellCT4	ЛН	E27	Д	55	385x480	9,3
НСП-21ВEx-300-821	220	IP65	IExedellCT4	ЛН	E27	Д	55	385x510	8,5

Таблиця 3 – Світильники з люмінесцентними лампами низького тиску

Тип світильника	№ рис.	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Крива сили світла	КПД, %	cosφ	Габарити LxВxН, мм	Маса, кг
ЛСП-02У-18-111,113	1	220	IP65	ЛБ	G13	М	70	0,9	660x70x155	2,9
ЛСП-02У-18-112,114	3	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,9	660x210x175	3,6
ЛСП-02У-18-221	2	220	IP65	ЛБ	G13	М	80	0,9	660x70x320	3,3
ЛСП-02У-36-111,113	1	220	IP65	ЛБ	G13	М	70	0,9	1268x70x155	4,1
ЛСП-02У-36-112,114	3	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,9	1268x210x175	5,4
ЛСП-02У-36-221	2	220	IP65	ЛБ	G13	М	75	0,9	1268x70x320	4,6
ЛСП-02У-58-111,113	1	220	IP65	ЛБ	G13	М	70	0,9	1570x70x155	4,7
ЛСП-02У-58-112,114	3	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,9	1570x210x175	6,4
ЛСП-02У-58-221	2	220	IP65	ЛБ	G13	М	80	0,9	1570x70x320	5,2
ЛСП-02У-2x18-111,113	4	220	IP65	ЛБ	G13	М	70	0,85	660x210x155	3,2
ЛСП-02У-2x18-112,114	5	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,85	660x210x175	3,9
ЛСП-02У-2x36-221,213	4	220	IP65	ЛБ	G13	М	75	0,85	1268x130x155	4,6
ЛСП-02У-2x36-212,214	5	220	IP65	ЛБ	G13	Д	70	0,85	1268x210x175	6,0
ЛСП-02У-2x58-111,113	4	220	IP65	ЛБ	G13	М	70	0,85	1570x130x155	5,4
ЛСП-02У-2x36-212,214	5	220	IP65	ЛБ	G13	Д	70	0,85	1570x210x175	7,1

Тип світильника	Напру- га, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Крива сили світла	КПД, %	cosφ	Габарити LxBxH, мм	Ма- са, кг
ЛПП-07В-1x18-311	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,5	660x100x100	1,7
ЛПП-07В-1x36-311	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1270x100x110	2,7
ЛПП-07В-1x58-311	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1570x100x110	3,4
ЛПП-07В-2x18-311	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,5	660x160x110	2,6
ЛПП-07В-2x36-311	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1270x160x110	3,8
ЛПП-07В-2x58-311	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1570x160x110	4,7
ЛПП-07В-1x18-211	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,5	660x100x110	2,1
ЛПП-07В-1x36-211	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1270x100x110	3,2
ЛПП-07В-1x58-211	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1570x100x110	4,2
ЛПП-07В-2x18-211	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,5	660x160x110	2,8
ЛПП-07В-2x36-211	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1270x160x110	5
ЛПП-07В-2x58-211	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1570x160x110	6,7

Тип світильника	Напру- га, В	Ступінь захисту	Лам- па	Цо- коль	Крива сили світла	КПД, %	cosφ	Габарити LxBxH, мм	Маса, кг
ЛСП-04У-18-011	220	IP65	ЛБ	G13	М	75	0,5	650x60x130	2,5
ЛСП-04У-58-011	220	IP65	ЛБ	G13	М	75	0,85	1555x60x130	5,7
ЛСП-04У-36-021	220	IP65	ЛБ	G13	М	80	0,85	1255x60x130	4,3
ЛСП-04У-18-012	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,5	650x210x155	4,3
ЛСП-04У-58-012	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,85	1555x210x155	6,9
ЛСП-04У-36-022	220	IP65	ЛБ	G13	Д	70	0,85	1255x210x155	5,5
ЛСП-04У-2x18-011	220	IP65	ЛБ	G13	М	75	0,92	650x130x130	2,7
ЛСП-04У-2x58-011	220	IP65	ЛБ	G13	М	75	0,92	1555x130x130	6,7
ЛСП-04У-2x36-021	220	IP65	ЛБ	G13	М	80	0,92	1255x130x130	5
ЛСП-04У-2x18-012	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	650x210x155	3,3
ЛСП-04У-2x58-012	220	IP65	ЛБ	G13	Д	65	0,92	1555x165x155	7,9
ЛСП-04У-2x36-022	220	IP65	ЛБ	G13	Д	70	0,92	1255x210x155	6,2

Тип світильника	Нап- ру- га, В	Сту- пін- нь захис- ту	Рівень і вид вибухо- захисту	Ла- м- па	Цо- коль	Крива сили світла	КПД, %	cosφ	Габарити LxBxH, мм	Ма- са, кг
ЛСП-03ВEx-1x65-512	220	IP54	2ExedellCT5	ЛБ	G13	М	72	0,4	1695x113x390	11
ЛСП-03ВEx-2x65-512	220	IP54	2ExedellCT5	ЛБ	G13	М	72	0,92	1695x230x405	20
ЛСП-03ВEx-1x80-412	220	IP54	2ExedellCT4	ЛБ	G13	М	72	0,4	1695x113x390	11
ЛСП-03ВEx-2x80-412	220	IP54	2ExedellCT4	ЛБ	G13	М	72	0,92	1695x230x405	20
ЛСП-03ВEx-1x65-511	220	IP54	2ExedellCT5	ЛБ	G13	Д	62	0,4	1695x205x390	13
ЛСП-03ВEx-2x65-511	220	IP54	2ExedellCT5	ЛБ	G13	Д	62	0,92	1695x230x405	20
ЛСП-03ВEx-1x80-411	220	IP54	2ExedellCT4	ЛБ	G13	Д	62	0,4	1695x205x390	13
ЛСП-03ВEx-2x80-411	220	IP54	2ExedellCT4	ЛБ	G13	Д	62	0,92	1695x310x405	20

Таблиця 4 – Світильники з газорозрядними лампами високого тиску

Тип світильника	Напру- -га, В	Сту- -пінь захис- -ту	Рівень і вид вибухо- захисту	Лам- -па	Цо- -коль	Крива сили світла	КПД %	cosφ	Габарити ДхН, мм	Ма- -са, кг
РСП-18Вex-80-111	220	IP65	I ExedellCT6	ДРЛ	E27	М	70	0,5	205x520	7,7
РСП-18Вex-80-312	220	IP65	I ExedellCT6	ДРЛ	E27	М	70	0,5	205x520	8,5
РСП-18Вex-80-512	220	IP65	I ExedellCT6	ДРЛ	E27	Д	55	0,8	420x540	9,9
РСП-18Вex-80-712	220	IP65	I ExedellCT6	ДРЛ	E27	Д	55	0,8	420x540	9,4
РСП-18Вex-125-111	220	IP65	I ExedellCT4	ДРЛ	E27	М	70	0,5	205x520	8,4
РСП-18Вex-125-312	220	IP65	I ExedellCT4	ДРЛ	E27	М	70	0,5	205x530	9,2
РСП-18Вex-125-512	220	IP65	I ExedellCT4	ДРЛ	E27	Д	55	0,8	420x540	10,6
РСП-18Вex-125-712	220	IP65	I ExedellCT4	ДРЛ	E27	Д	55	0,8	420x540	10,1
ЖСП-18Вex-70-111	220	IP65	I ExedellCT6	ДНаТ	E27	М	70	0,4	205x520	8,1
ЖСП-18Вex-70-421	220	IP65	I ExedellCT6	ДНаТ	E27	М	70	0,4	205x530	8,7
ЖСП-18Вex-70-511	220	IP65	I ExedellCT6	ДНаТ	E27	Д	55	0,4	420x540	10,1
ЖСП-18Вex-70-711	220	IP65	I ExedellCT6	ДНаТ	E27	Д	55	0,4	420x540	9,6
ЖСП-18Вex-100-111	220	IP65	I ExedellCT5	ДНаТ	E40	М	70	0,4	205x520	8,3
ЖСП-18Вex-100-421	220	IP65	I ExedellCT5	ДНаТ	E40	М	70	0,4	205x530	8,9
ЖСП-18Вex-100-511	220	IP65	I ExedellCT5	ДНаТ	E40	Д	55	0,4	420x540	10,3
ЖСП-18Вex-100-711	220	IP65	I ExedellCT5	ДНаТ	E40	Д	55	0,4	420x540	9,8
ГСП-18Вex-100-111	220	IP65	I ExedellCT5	ДРИ	E27	М	70	0,4	205x520	8,4
ГСП-18Вex-100-421	220	IP65	I ExedellCT5	ДРИ	E27	М	70	0,4	205x530	9,2
ГСП-18Вex-100-511	220	IP65	I ExedellCT5	ДРИ	E27	Д	55	0,4	420x520	10,1
ГСП-18Вex-100-711	220	IP65	I ExedellCT5	ДРИ	E27	Д	55	0,4	420x520	9,5

Тип світильника	На- -руга, В	Сту- -пінь захис- -ту	Рівень і вид вибухо- захисту	Лам- -па	Цо- -коль	Крива сили світла	КПД, %	cos φ	Габарити LxDxH, мм	Ма- -са, кг
РВП-14В2Ех-125-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДРЛ	E27	Л	70	0,85	465x465x210	12
ГВП-14В2Ех-250-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДРИ	E40	Л	70	0,85	465x465x210	13
ЖВП-14В2Ех-100-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДНаТ	E40	Л	70	0,85	465x465x210	12
ЖВП-14В2Ех-150-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДНаТ	E40	Л	70	0,85	465x465x210	13
РПП-14В2Ех-125-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДРЛ	E27	Л	70	0,85	465x465x260	14
ГПП-14В2Ех-250-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДРИ	E40	Л	70	0,85	465x465x260	15
ГПП-14В2Ех-250-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДНаТ	E40	Л	70	0,85	465x465x260	14
ГПП-14В2Ех-150-021	220	IP65	2ExedellCT2	ДНаТ	E40	Л	70	0,85	465x465x260	14

Тип світильника	На- пруга, В	Сту- пінь захис- ту	Рівень і вид вибухо- захисту	Лам- па	Цо- коль	Крива сили світла	КПД, %	cos φ	Габарити DxH, мм	Ма- са, кг
ГСП-11ВEx-250-411	220	IP65	1ExedellCT4	ДРИ	E40	Г	55	0,8	570x590	
ЖСП-11ВEx-100-611	220	IP65	1ExedellCT6	ДНаТ	E40	Г	55	0,8	570x590	19
ЖСП-11ВEx-150-412	220	IP65	1ExedellCT4	ДНаТ	E40	М	70	0,85	295x580	18
РСП-11ВEx-125-512	220	IP65	1ExedellCT5	ДРЛ	E27	М	70	0,85	295x580	18
ГСП-11ВEx-250-411	220	IP65	1ExedellCT4	ДРЛ	E40	Г	55	0,8	570x590	22
НСП-11ВEx-150-611	220	IP65	1ExedellCT6	ЛН	E27	Г	55	-	570x590	16,3
РСП-11ВEx-200-512	220	IP65	1ExedellCT5	ЛН	E27	М	65	-	295x580	14,3

Таблиця 5 - Номенклатура і характеристики деяких прожекторів корпорації «Ватра»

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2α, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг
ЖО-01-250-02	220	IP54	ДНаТ	E40	60	30/60	245x420x620	7
ЖО-01-400-02	220	IP54	ДНаТ	E40	100	30/65	245x420x620	7

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2α, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг
РО-01В-250-41	220	IP44	ДРЛ	E40	9	60/75	270x440x560	9,1
ЖО-02В-150-41	220	IP44	ДНаТ	E40	110	10/30	270x440x560	13,2
ЖО-02В-250-41	220	IP44	ДНаТ	E40	160	10/30	270x440x560	15,7
ГО-02В-250-41	220	IP44	ДРИ	E40	150	12/18	270x440x560	13,5
РО-02В-250-41	220	IP44	ДРЛ	E40	9	60/75	270x440x560	13,2

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2α, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг
ЖО-09В-70-71	220	IP65	ДНаТ	E27	90	17/17	285x315x400	8,1
ЖО-09В-100-81	220	IP65	ДНаТ	E40	70	26/26	285x315x400	8,1
ГО-09В-100-71	220	IP65	HQI-E	E27	185	15/15	285x315x400	8,1
РО-09В-125-81	220	IP65	ДРЛ	E27	4,5	85/85	285x315x400	8,1
НО-09В-300-71	220	IP65	ДРЛ	E27	9	82/82	285x315x400	6,5

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2α, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг
НО-16В-500-20	220	IP54	ЛН	E40	120	15/12	260x440x460	8,5
НО-16В-500-30	220	IP54	ЛН	E40	80	20/15	260x440x460	8,5

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2а, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг
ГО-05В-100-21	220	IP65	ДРИ	E40	77	18/18	265x375x470	13
ГО-05В-150-31	220	IP65	ДРИ	E40	121,8	21/16	180x375x470	12,5
ЖО-05В-70-21	220	IP65	ДНаТ	E27	79	15/15	265x375x470	13
ЖО-05В-150-31	220	IP65	ДНаТ	E40	48	40/10	180x375x470	12,5
РО-05В-80-21	220	IP65	ДРЛ	E27	1,6	70/70	265x375x470	13
РО-05В-125-31	220	IP65	ДРЛ	E27	3,5	90/90	180x375x470	12,5

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2а, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг (ОП)
ЖО-06В-600-21	220	IP65	NAV-600	E40	1100	18/18	610x720x940	22
ЖО-06В-600-22	220	IP65	NAV-D-600	E40	1100	18/18	610x720x940	22
ЖО-06В-600-31	220	IP65	NAV-600	E40	600	22/22	610x720x940	22
ЖО-06В-600-32	220	IP65	NAV-D-600	E40	600	22/22	610x720x940	22
ЖО-06В-1000-20	220	IP65	NAV-600 NAV-D-600	E40	1000	22/22	610x720x940	22
ЖО-06В-1000-30	220	IP65	NAV-1000 NAV-D-1000	E40	500	38/38	610x720x940	22

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2а, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг	
							ОП	БУ
ГО-12В-1000-212,211	220	IP65	HQI-TS	1500	20/15	500x530x635	22	40
ГО-12В-1000-122,121	220	IP65	HQI-TS	2100	16/13	455x530x635	17	40
ГО-12В-1000-411,412	220	IP65	HQI-TS	550	34/28	500x530x635	20	40
ГО-12В-1000-521,522	220	IP65	HQI-TS	2400	18/16	490x650x700	22	40
ГО-12В-2000-212,211	380	IP65	HQI-TS	3000	20/15	500x530x635	20	40
ГО-12В-2000-122,121	380	IP65	HQI-TS	4100	16/13	445x530x635	17	40
ГО-12В-2000-411,412	380	IP65	HQI-TS	1100	34/28	500x530x635	20	40
ГО-12В-2000-521,522	380	IP65	HQI-TS	4800	18/16	490x650x700	22	40

Тип прожектора	Напруга, В	Ступінь захисту	Лампа	Цоколь	Сили світла, ккд	Кут розсіювання 2а, град, Г/В	Габарити LxVxH, мм	Маса, кг (ОП)
ГО-07-400-01	220	IP65	ДРИ	E40	620	12/12	680x720x940	22
ГО-07-1000-01	380	IP65	ДРИ	E40	1120	18/18	680x720x940	22
ГО-07-1000-11	380	IP65	ДРИ	E40	380	40/40	680x720x940	22
ГО-07-2000-01	380	IP65	ДРИ	E40	2280	20/20	700x960x1090	33
ГО-07-2000-01М	380	IP65	ДРИ	E40	1500	22/22	680x720x940	22
ГО-07-2000-11М	380	IP65	ДРИ	E40	600	44/44	680x720x940	22
ГО-07-3500-01	380	IP65	ДРИ	E40	3220	22/22	700x960x1090	33

Таблиця 6 – Технічні характеристики автоматичних вимикачів для мереж 380/220В

Тип вимикача	Число полюсів	Номинальний струм, А		Комутаційна здатність контактів, кА
		Автоматичного вимикача	Теплового розчіплювача	
ВА14-26-14	1	32	6, 8, 10, 16, 20, 25, 32	1,5
ВА14-26-34	3	32	6, 8, 10, 16, 20, 25, 32	1,5
ВА16-25-14	1	25	6,3; 10; 16; 20; 25	0,9
ВА51-25-34	3	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0;	3
			1,25; 1,6;	3
			2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3 8; 10;	1,5
			12,5;	2
			16; 20; 25	3
ВА51-29-14	1	63	6,3; 8; 10; 12,5;	1,5
			16;	3
ВА51-25-84	2	25	20; 25;	4
			31,5; 40; 50; 63	8
			6,3; 8;	2
			10; 12,5;	2,5
			16; 20; 25	3,8
ВА51-31-34	3	100	16;	4,5
			20; 25;	5
			31,5; 40; 50; 63;	7
			80; 100	10

ДОДАТОК 3 (довідковий)

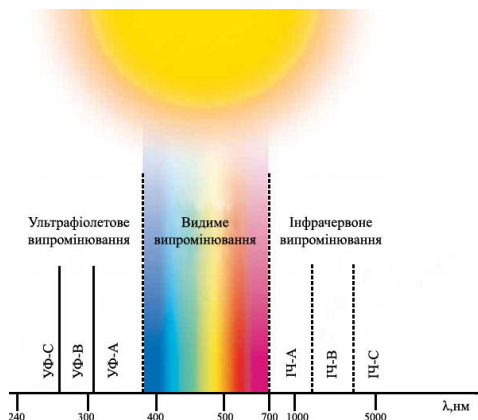


Рисунок 1 – Спектр електромагнітного випромінювання



а) б) в) г)

Рисунок 2 - Галогенні лампи: а) лампа MASTER PAR20E з відбивачем; б) лампа PAR16 Halogen A з відбивачем; в) лампа Halogen A Pro без відбивача; г) лампа Кгуртон без відбивача

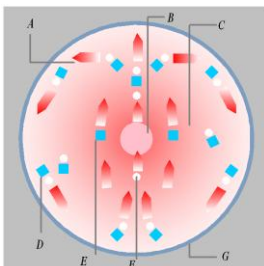
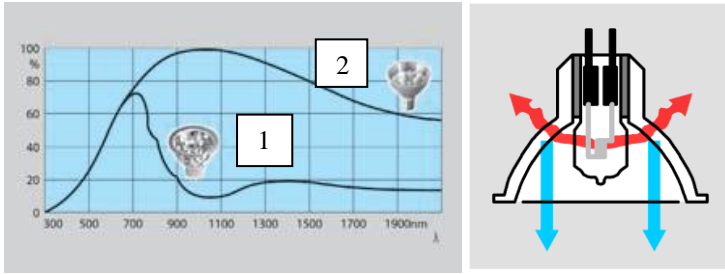


Рисунок 3 - Регенеративний йодний цикл: А) – температура нижче 1400 °С; В) – вольфрамова нитка розжарювання; С) – температура більше 1400 °С; D) – вольфрамовий галоген; Е) – галогени; F) – частинки вольфраму; G) – скляна колба



а)

б)

Рисунок 4 - а) спектри випромінювання ламп: 1- з дихроїчним відбивачем; 2 - з алюмінієвим відбивачем; б) принцип роботи дихроїчного відбивача



НСП-11 (100, 200 Вт)



НСП-18BEх (60, 75, 100, 150, 200 Вт)



НСП – 21BEх (150, 200, 300 Вт)



НПП- 01В
(60 Вт)

НСП-23
(200 Вт)

НСП-12У
(100 Вт)

Рисунок 5 - Світильники з лампами розжарювання



ЛСП-03ВЕх (ЛБ-65, ЛБ-80 Вт)



ЛСП-02У,
(ЛБ-18, ЛБ-36, ЛБ-58)



ЛСП-04У,
(ЛБ-18, ЛБ-36, ЛБ-58)



ЛПБ-01В,
(люмінесцентна компактна)



ЛПП-04В
(ЛБ-18, ЛБ-36, ЛБ-58)



ЛПО Вектор



ЛПО Сіріуц

Рисунок 6 – Світильники з люмінесцентними лампами низького тиску



ЛСП-18ВЕх (енергозберігаючі лампи PL-T26W/840/4P – Pfillips)



ЛСП-12У (23 Вт)



ЛСП-12У (27 Вт)

Рисунок 7 - Світильники з енергозберігаючими лампами низького тиску



ГСП-11ВЕх, ЖСП-11ВЕх,
РСП-11ВЕх, (ДРИ-250, ДНаТ-100,
ДНаТ-150, ДРЛ-125, ДРЛ-150)



ГВП-14В2Ех
ЖВП-14В2Ех
РВП-14В2Ех



ГПП-14В2Ех
ЖПП-14В2Ех
РПП-14В2Ех



ГСП-18ВЕх



ЖСП-18ВЕх



РСП-18ВЕх

(ДРИ-100, ДНаТ-70, ДНаТ-100-1, ДРЛ-80, ДРЛ-150)



ЖСП-21ВЕх



РСП-21ВЕх

(ДНаТ-100, ДРЛ – 125 Вт)



Рисунок 8 - Світильники з газорозрядними лампами високого тиску



НКП-03У
(МО24-60)



НКП-04У
(МО24-60)



ИКП-03В
(галогенна лампа)



ИКП-06В

24В(12В)
50Вт
IP54



ЛКП-01У
(ЛБ-18, ЛБ-36)

Рисунок 9 - Світильники для місцевого освітлення



ЖО-01
(ДНаТ-250, ДНаТ-400)



РО-01В, ГО-02В, ЖО-02В, РО-02В
(ДНаТ-150, ДНаТ-250, ДРЛ-250, ДРИ-250)



НО-16В
(ЛР - 500Вт)



ГО-05В, ЖО-05В, РО-05В
(ДНаТ-70, ДНаТ-100, ДНаТ 150)
(ДРЛ-80, ДРЛ-125, ДРИ-100, ДРИ-150)



ГО-12В (HQI-TS-1000W/D/S)
(лампа металогалогенна)
Osram



ГО-03В ЖО-03В
(ДНаТ-70, ДНаТ-100, ДНаТ 150)
(ДРЛ-80, ДРЛ-125, КГ-1000)



РО-03В ИО-03В



НКУ-12У, ЛКУ-13У
(ЛР-300Вт, енерг. збер. лампа)



ЖКУ-11У, РКУ-11У
(ДНаТ-70, ДНаТ-100)
ДРЛ-80, ДРЛ-125



ЖКУ-16У, РКУ-16У
(ДНаТ-70, ДНаТ-100, ДНаТ 150)
ДРЛ-80, ДРЛ-125, РЛ-250



ЖБУ-01В, РБУ-01В
ДНаТ-70, ДРЛ-80

Рисунок 10 - Загальний вигляд прожекторів з лампами розжарювання і газорозрядними лампами високого тиску

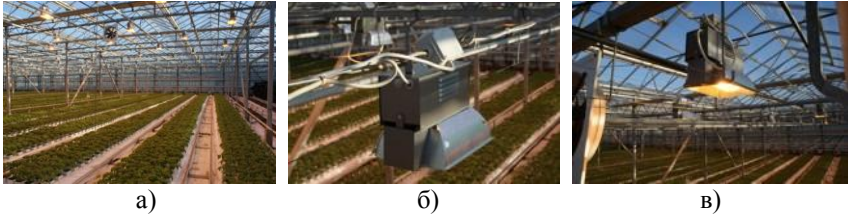


Рисунок 11 – а, б, в - Загальний вигляд тепличних опромінювальних установок по місцю установки

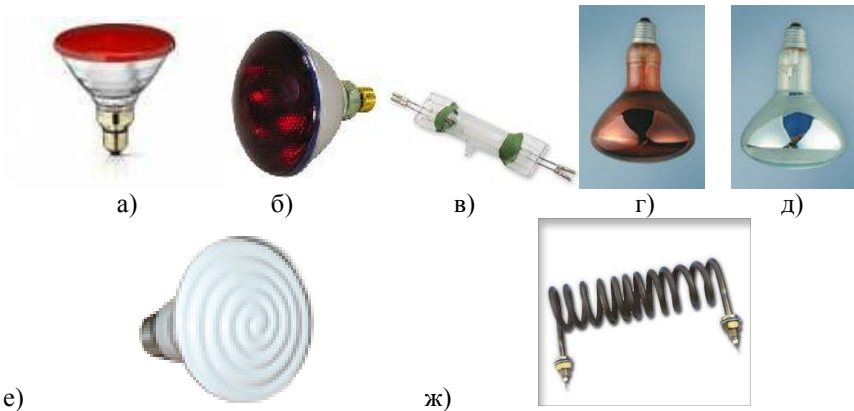


Рисунок 12 - Світлі ІЧ-джерела: а) ІЧ лампа фірми «Філіпс»; б) ІЧ-лампа типу PAR із спресованого скла; в) ІЧ лампа – кварцова НМ-125; г) ІЧ-лампа типу ИКЗК; д) ІЧ лампа - дзеркальна типу ИКЗ; е) ІЧ-лампа керамічна. Темні ІЧ-джерела: ж) трубчатий ІЧ нагрівач

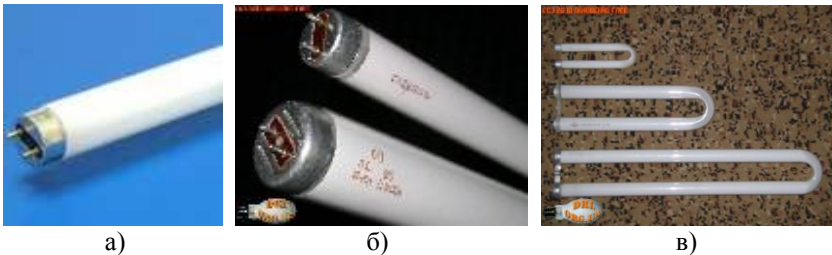


Рисунок 13 – Люмінесцентні лампи загального призначення: а) люмінесцентна лампа ЛБ/ЛД-18; б) люмінесцентні лампи ЛДЦ-18, ЛД-20; в) U - подібні люмінесцентні лампи ЛБУ-8БЗ, ЛЕЦУ-22; ЛБУ-30

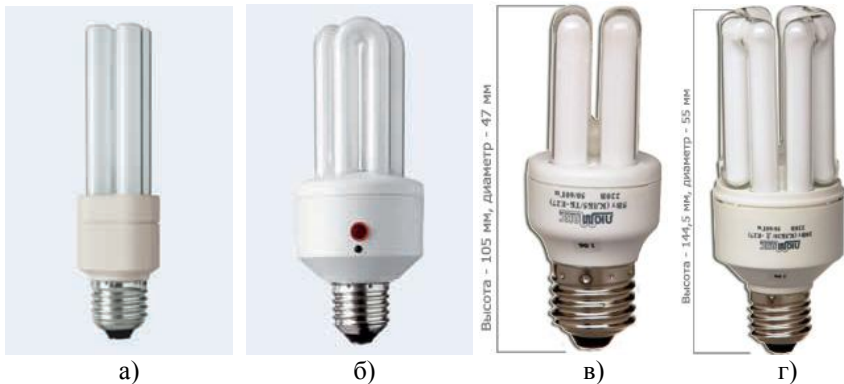


Рисунок 14 - Конструкції компактних люмінесцентних ламп загального призначення: а) Master PL фірми Philips; б) Automatik фірми Philips; в) ЛЮММАКС ООО Газотрон-Люкс, $P_n = 25\text{Вт}$; г) ЛЮММАКС ООО Газотрон-Люкс, $P_n = 100\text{Вт}$



Рисунок 15 – Загальна будова компактної люмінесцентної лампи:
 1 – скляна трубка із шаром люмінофору; 2 – терморезистор з позитивним температурним коефіцієнтом для миттєвого запуску без мерехтіння; 3 – пристрій подавлення радіоперешкод; 4 – перемикаючі транзистори; 5 – стабілізатор струму лампи; 6 – конденсатор, який забезпечує роботу лампи без мерехтіння; 7 - цоколь

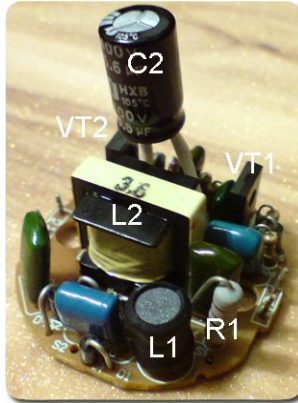


Рисунок 16 – Будова електронного блоку компактної люмінесцентної лампи



ДРЛ

ДРИ

ДНАТ

Ксенонова лампа

Рисунок 17 – Загальний вигляд ламп високого тиску

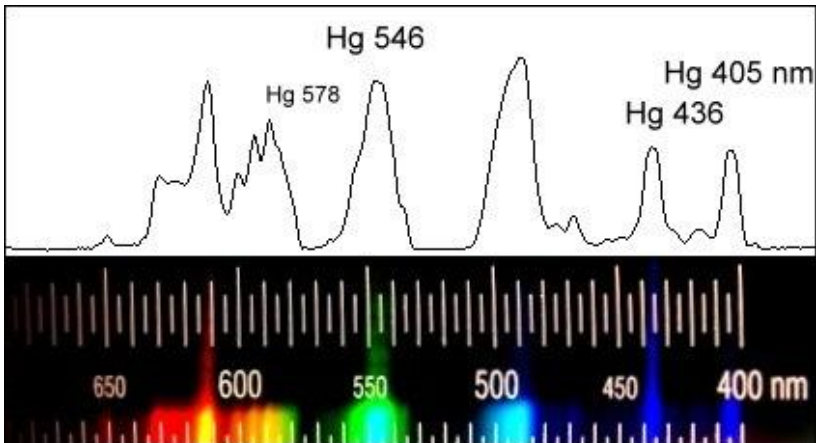


Рисунок 18 - Видимий спектр ртутної лампи ДРЛ

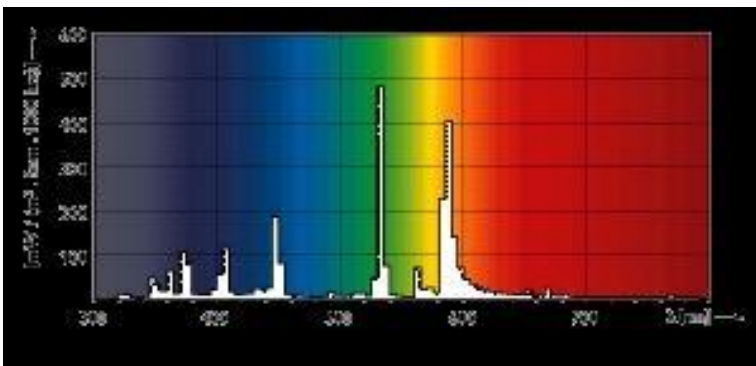


Рисунок 19 - Спектр випромінювання лампи ДРИ 400 HP1-T Plus

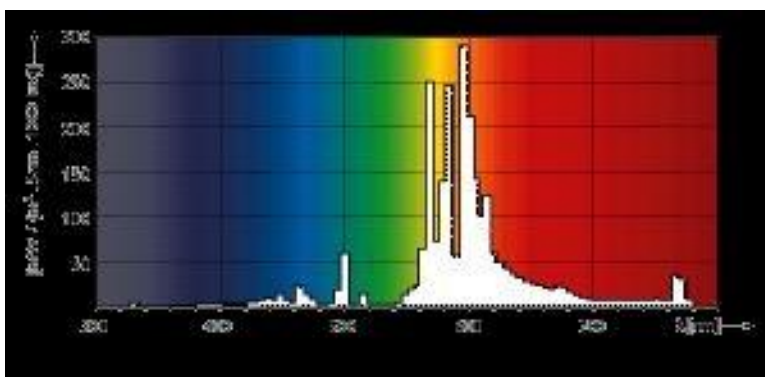


Рисунок 20 - Спектр випромінювання лампи ДНаТ 250 SON-T B

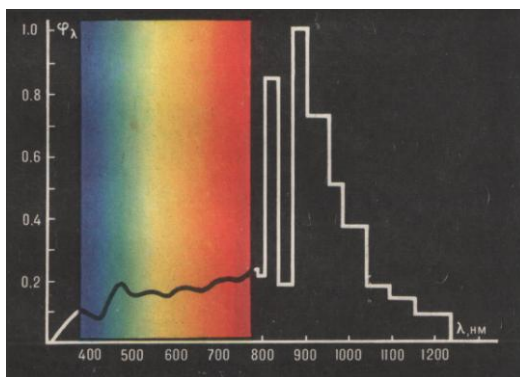


Рисунок 21 - Спектральна щільність випромінювання лампи ДКсТВ 6000

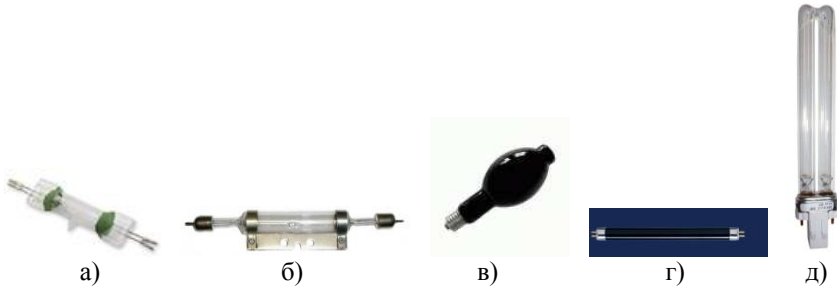


Рисунок 22 - Загальний вигляд джерел ультрафіолетового випромінювання: а) ультрафіолетова лампа високого тиску ДРТ-125-1; б) ультрафіолетова лампа високого тиску ДРТ-240; в) ультрафіолетова лампа Sylvania H SW-400; г) ртутна ультрафіолетова лампа низького тиску; д) бактерицидна лампа низького тиску

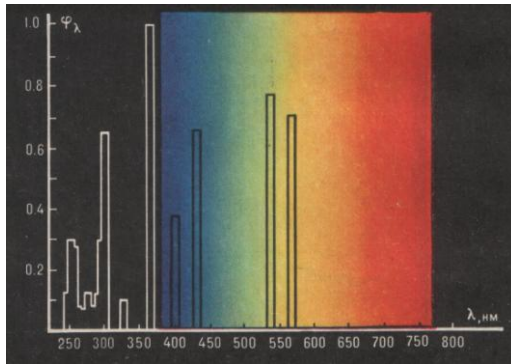


Рисунок 23 – Спектр випромінювання лампи ДРТ

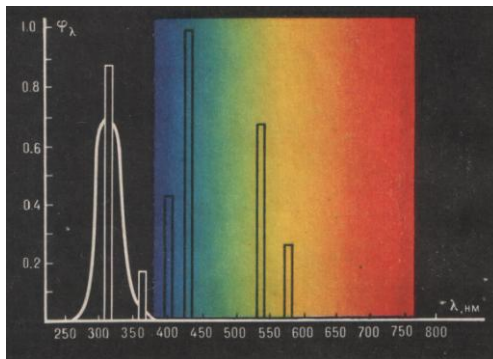


Рисунок 24 – Спектр випромінювання лампи ЛЭР- 40

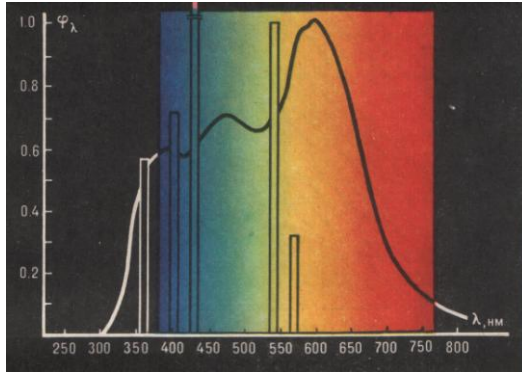


Рисунок 25 - Спектральна щільність випромінювання лампи ЛФ-40-2

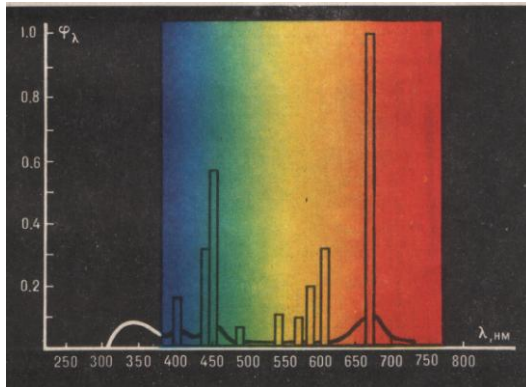


Рисунок 26 - Спектр випромінювання газорозрядної лампи ДРФ-1000



Рисунок 27 - Загальний вигляд світлодіодної лампи

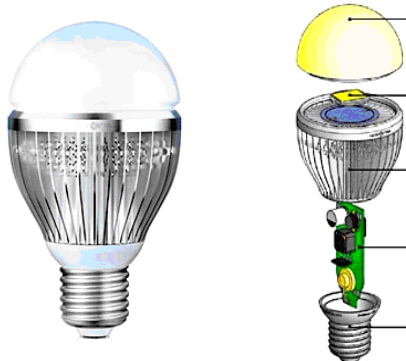


Рисунок 28 - Загальний вигляд світлодіодної лампи типу ЕКФ



Рисунок 29 - Загальний вигляд світлодіодної лампи типу CCT

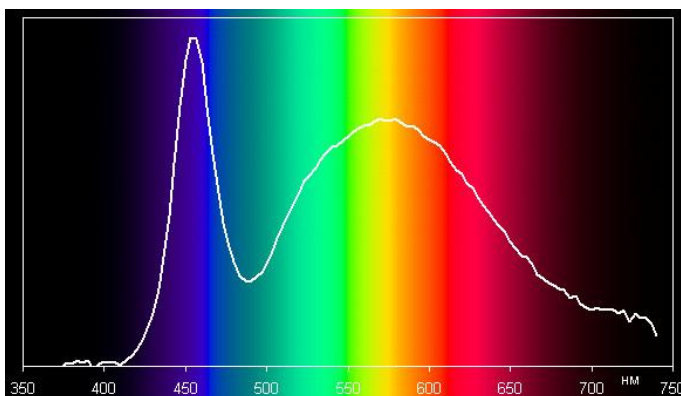


Рисунок 30 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи Thomson RTBL-RE60-CW (T11CW)

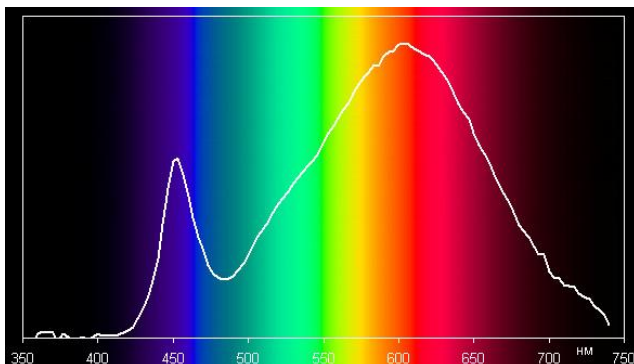


Рисунок 31 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи Thomson RTBL-RE60-WW (T11WW)

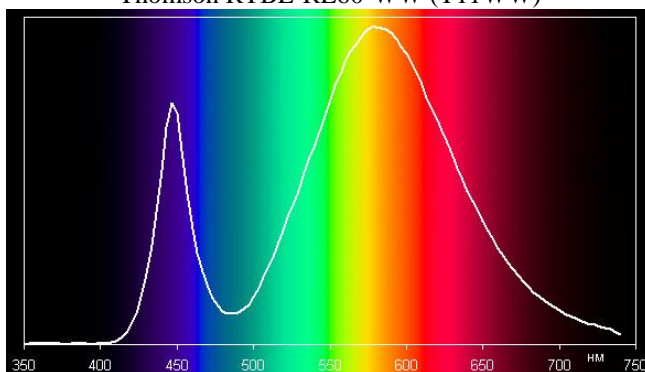


Рисунок 32 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи Thomson RTPA-381815E-WW (T18WW)

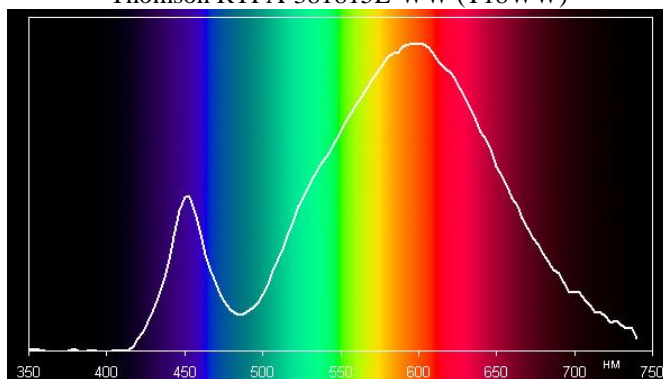


Рисунок 33 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи Supra SL-LED-A60-11W/3000/E27 (S)

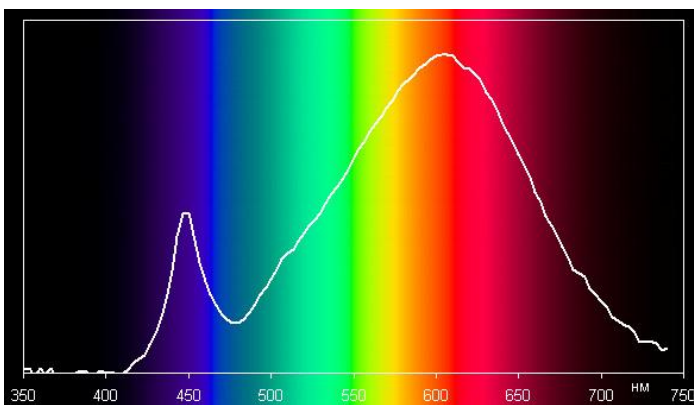


Рисунок 34 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи Verbatim #52114 (V10)

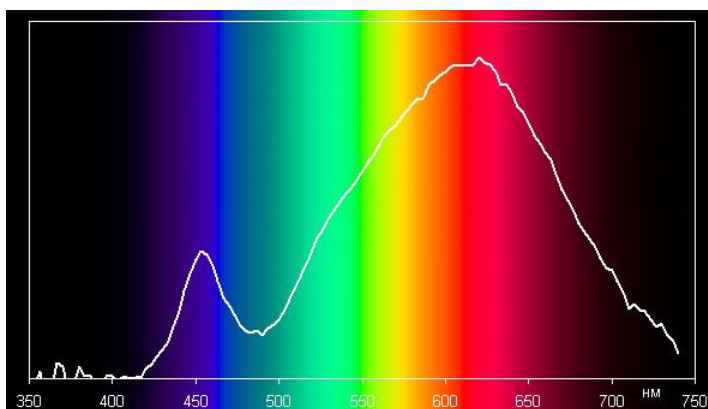


Рисунок 35 – Спектр випромінювання світлодіодної лампи Verbatim #52100 (V9)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанцов В. П. Светотехническое оборудование в сельскохозяйственном производстве / В. П. Степанцов // - Справочное пособие. – Мн.: Ураджай, 1987. – 216 с.: ил.
2. Пилипчук Р. В. Промышленное освещение: методико-справочное пособие / Р. В. Пилипчук, В. В. Щиренко, Р. Ю. Яремчук. – Тернополь, 2006. – 432 с.
3. Живописцев Е. Н. Электротехнология и электрическое освещение / Е. Н. Живописцев, О. А. Косицын. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.
4. Олійник В. С. Довідник сільського електрика / В. С. Олійник, В. М. Гайдук, В. Ф. Гончар [та ін.] // За ред. В. С. Олійника. – 3-е вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.
5. Баев В. И. Практикум по электрическому освещению и облучению / В. И. Баев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 175 с.
6. Жилинский Ю. М. Электрическое освещение и облучение / Ю. М. Жилинский, В. Д. Кумин. – М.: Колос, 1982. - 272 с.
7. Жилинский Ю. М. Электрическое освещение и облучение в сельскохозяйственном производстве / Ю. М. Жилинский, И. И. Свентицкий. – М.: Колос, 1968. - 303 с.
8. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под. ред. Г. М. Кнорринга. - Л.: Энергия, 1976. - 384 с.
9. Быстрицкий Д. Н. Электрические установки инфракрасного излучения в животноводстве / Н. Ф. Кожевников, А. К. Лямцов, В. П. Муругов. – М.: Энергоиздат, 1981. - 152 с.
10. Козинський В. А. Электрическое освещение и облучение / В. А. Козинський. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239 с.
11. Торосян Р. Н. Применение ультрафиолетовых установок в животноводстве / Р. Н. Торосян. - М.: Россельхозиздат, 1978. - 44 с.
12. Рекомендации по применению ультрафиолетового излучения в животноводстве и птицеводстве // М.: Колос, 1979.
13. Изаков Ф. Я. Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве / Ф. Я. Изаков. – М.: Колос, 1972.
14. Лямцов А. К. Электрические установки инфракрасного излучения в животноводстве / А. К. Лямцов, В. П. Муругов. – М.: Энергоиздат, 1981. - 152 с.
15. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Норми проектування.
16. ДСТУ Б А.2.4-24:2008. СПДБ. Внутрішнє електричне освітлення. Робочі креслення.

17. ДСТУ Б А.2.4-18:2008. СПДБ. Електричне освітлення територій промислових підприємств. Робочі креслення.
18. Червінський Л. С. Оптичні технології в тваринництві / Л. С. Червінський. – К.: Наукова думка, 2003. – 230 с.
19. Каталог освітельного обладнання ООО «ОСП Корпарация ВАТРА». Україна. - Тернополь, 2007-2008.
20. Проектирование осветительных электроустановок промышленных предприятий. Внутреннее освещение. Нормы технологического проектирования. – М.: ВНИПКИ «Тяжпромэлектропроект», 1996. – 87 с.
21. Кашенко П. С. Курсове і дипломне проектування: навчальний посібник / П. С. Кашенко, О. І. Біленко, О. А. Устименко [та ін.]. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 502 с.
22. Правила устройства электроустановок / - Х.: Издательство «Индустрия», 2007. – 416 с.
23. Правила будови електроустановок. Енергообладнання спеціальних установок: ДНАОП 0.00–1.32–01// К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2001. – 121 с.
24. ДНПАОП 0.00–1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів // К.: АТ «Київська книжкова фабрика», 1998.– 380 с.
25. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів // К.: ДП НТУКЦ «АсЕлЕнерго», 2007. – 304 с.
26. ДСТУ Б А.2.4-19:2008. СПДБ. Зображення умовні графічні електрообладнання і проводок на планах.
27. ДСТУ Б А.2.4-21:2008. СПДБ. Силове електрообладнання. Робочі креслення.
28. Lighting of indoor work places. International Standart ISO 8995, CIE S 008/E, 2002.

Навчальне видання

Кушлик Роман Васильович
Яковлев Валерій Федорович
Куценко Юрій Миколайович
Лисиченко Микола Леонідович
Кунденко Микола Петрович
Федюшко Юрій Михайлович

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір та верстка: Торбієвська І. В.

Підп. до друку 10.08.2016. Формат 60×84 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 14,17. Обл. вид. арк.20,4.
Наклад 300 прим.

ТОВ «Планета Прінт» м. Харків, вул.. Фрунзе, 16
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
Серія ДК № 4568 від 17.06.2013
61002, м. Харків, вул.. Фрунзе, 16

Друкарня ФОП Томенко Ю. І., м. Харків, пл.. Руднева, 4. Тел. 757-93-82

