

## **2. ОСВІТЛЮВАЛЬНІ ТА ОПРОМІНЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ**

### **2.1 Вибір та розрахунок освітлювальних установок**

#### **2.1.1 Основні вимоги до електричного освітлення сільськогосподарських приміщень**

Умови штучного освітлення в сільськогосподарських приміщеннях мають вплив на зорову роботу, фізичний і моральний стан людей, а отже, на продуктивність праці, якість продукції і виробничий травматизм. Чим точніше і напруженіше виконується зорова робота, тим більше цей вплив. Численими 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 умов освітлювальних приладів загального та місцевого освітлення та їх розміщення щодо робочих місць. Часто оптимальні рішення освітлювальних установок знаходяться експериментальним шляхом.

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

Обмеження прямої блескості досягається вибором ОП з оптимальними для даних умов світлотехнічними характеристиками і правильним їх розміщенням. Важче усувати відображену блескість.

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.

### **2.1.2 Види і системи освітлення**

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

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

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

В практиці освітлення виробничих об'єктів використовуються системи *загального, місцевого та комбінованого* освітлення. У свою чергу система загального освітлення розрізняється за способами розташування джерел випромінювання: *рівномірне та локалізоване*. При рівномірному освітленні відстань між джерелами випромінювання у ряду і між рядами при розташуванні дотримується незмінною. При *локалізованому* розташуванні положення кожного джерела випромінювання визначається міркуванням вибору найвигіднішого напрямку світлового потоку і усунення затінок на освітлювальному робочому місці та цілком залежить від розташування технологічного обладнання.

*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 заважає робочі місця;

е) конструктивно не пов'язане з технологічним обладнанням;

ж) не потребує зміни при перестановці робочих місць;

- до *недоліків* загального рівномірного освітлення можна віднести:
  - а) потребує використання джерел випромінювання більшої потужності ніж при локальному;
  - б) не забезпечує необхідний рівень освітленості і напрямок світлового потоку на робочих поверхнях, які можуть бути закритими близько розташованим обладнанням і самим працюючим;
    - *локалізована* система освітлення використовується у випадках:
      - а) великих розмірів освітлюваних поверхонь;
      - б) розміщення технологічного обладнання зосередженими групами, або рядами;
    - до *переваг* локалізованої системи освітлення можна віднести:
      - а) потрібна потужність джерела випромінювання, як правило менша, ніж при загальному рівномірному освітленні;
      - б) дозволяє краще освітити робочі поверхні за рахунок усунення тіней від обладнання та самого працівника;
      - в) забезпечити необхідний напрямок світлового потоку;
    - до *недоліків* локалізованої системи освітлення відносяться:
      - а) потребує розрахунку освітленості на різних ділянках виробничої поверхні;
      - б) необхідність індивідуального вибору типу світильників і джерел випромінювання згідно з розташуванням та особливостями робочих місць;
      - в) те, що може бути різна висота підвісу світильників;
      - г) конструктивна прив'язка до робочого місця;
      - д) потребує зміни при перестановці робочих місць;
  - у виробничих приміщеннях забороняється використання тільки *місцевого* освітлення:
    - до *переваг* місцевого освітлення можна віднести:
      - а) менша потужність джерела випромінювання;
      - б) можливість переносу світильників у місця, безпосереднього виконання робіт;
      - в) можливість забезпечити необхідний напрямок світлового потоку;
    - до *недоліків* відносяться такий самий перелік, що і системи локалізованого загального освітлення та необхідність виконання окремої електричної мережі і на іншу напругу; обов'язкова необхідність доповнення системою загального освітлення;
    - *комбіновану* систему доцільно використовувати:
      - а) при створенні належних умов видимості у границях робочих поверхонь сумісною дією загального та локалізованого освітлення;
      - б) при високому рівні необхідної освітленості;

- в) при нещільному і фіксованому розташуванні робочих місць;
- г) при необхідності в певному або змінному напрямку світлового потоку;
- д) при недоступності робочих поверхонь для загального освітлення завдяки затінення їх частинами технологічного обладнання;
- е) при виконанні робіт високої точності;
- ж) при особливих вимогах до якості освітлення;
  - до *переваг* комбінованої системи освітлення відносяться:
    - а) можливість отримання значно високої освітленості на робочих поверхнях;
    - б) забезпечення певного і змінного напрямку світлового потоку;
    - в) можливість освітлення внутрішніх порожнин предметів;
    - *недоліками* комбінованої системи є:
      - а) необхідність більш високих капітальних вкладень, ніж при системі загального освітлення;
      - б) такі ж самі, що позначені у пунктах а-д недоліків локалізованої системи;
        - слід *знати*, що загальне рівномірне освітлення у комбінованій системі повинно забезпечувати не менш, ніж 10% нормованої освітленості незалежно від типу ламп локалізованого або місцевого освітлення, але не нижче 50 лк при лампах розжарювання та 150 лк при газорозрядних лампах.

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

- *робоче*, призначення якого є забезпечення необхідної освітленості на робочих поверхнях;
- *чергове*, яке призначено для освітлення приміщень у темний період доби;
- *охоронне*, яке виконується для освітлення територій виробничих об'єктів зовні приміщень;
- *аварійне*, яке застосовується при відмові робочого освітлення і призначене або для евакуації людей, або продовження виробничого процесу.

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

- *робоче* освітлення є основним видом і застосовується на всіх виробничих ділянках і робочих місцях;
- *чергове* освітлення застосовують:
  - а) для догляду за тваринами у нічній період доби. При цьому загальна кількість світильників складає:
    - 1) у приміщеннях для утримання тварин – 10 % від загальної

кількості;

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

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

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

б) у випадках порушення нормального обслуговування хворих;

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

- *аварійне* освітлення для евакуації людей влаштовують:

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

б) у виробничих приміщеннях з числом працюючих більш ніж 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.

### 2.1.3 Вибір типу джерел світла та світильників

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

- джерела *теплого* випромінювання (лампи розжарювання);

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

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

До *електричних* характеристик відносяться: номінальна напруга, номінальна потужність, рід струму (постійний, змінний). Основною *світлотехнічною* характеристикою є випромінюваний світловий потік  $\Phi_{\lambda}$ , 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 *верхнадвисокого* 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 проєктування 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.

#### **2.1.4 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 ВI, В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа. (табл. 2.1).

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. 2.1.

Таблиця 2.1 – 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 2.1

1	2	3
Особливо сирі	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 сирі 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'їдаючі 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 2.1

1	2	3
Пожежо-небезпечні класу П-Ш	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. 2.2 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. 2.1 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:

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

<sup>2</sup> - 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;

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

<sup>4</sup> - 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;

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

<sup>6</sup> - 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;

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

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

Таблиця 2.2 – 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	пиліні	Зовнішні установки
	ЛЛ	+	×	-	-	-	+	× <sup>5</sup>	-
IP20	ГЛВТ, ЛР	+	×	×	-	-	+	× <sup>5</sup>	-
IP23	ЛЛ, ГЛВТ, ЛР	(-)	+	× <sup>2</sup>	× <sup>2</sup>	× <sup>2,8</sup>	×	× <sup>5</sup>	+
	ЛЛ	+	×	(-)	-	-	×	-	-
2'0	ГЛВТ, ЛР	+	×	(-)	-	-	× <sup>7</sup>	-	-
5'0	ГЛВТ, ЛР	(-)	(-)	× <sup>1</sup>	-	×	+	+ <sup>6</sup>	- <sup>9</sup>
5'3	ГЛВТ, ЛР	(-)	(-)	× <sup>2</sup>	× <sup>2</sup>	× <sup>2</sup>	×	+ <sup>6</sup>	×
5'4	ЛЛ	(-)	(-)	+	+	+	+	+	×

Продовження таблиці 1.5.9

IP51	ЛР	(-)	(-)	+ <sup>4</sup>	+ <sup>4</sup>	+ <sup>4</sup>	× <sup>7</sup>	+	× <sup>7,9</sup>
IP53	ГЛВТ, ЛР	(-)	(-)	+ <sup>2</sup>	+ <sup>2</sup>	+ <sup>2</sup>	× <sup>7</sup>	+	× <sup>9</sup>
	ЛЛ	(-)	(-)	+	+	+	×	+	+
IP54	ГЛВТ	(-)	(-)	+	+	+	×	+	+
	ЛР	(-)	(-)	+	+	+ <sup>3</sup>	× <sup>7</sup>	+	+

**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) П-90-81 (правила) І-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. 2.3.

Таблиця 2.3 – 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 б) 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 пи́л 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. 2.4.

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

Таблиця 2.4 – 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
<b>Стационарні</b>	
В-I	Вибухонебезпечний



Продовження таблиці 2.4

В-Ia; В-Iг	Підвищеної надійності проти вибуху
В-Iб	Без засобів вибухозахисту. Оболонка зі ступенем захисту IP5X **
В-II	Підвищеної надійності проти вибуху*. Світильники, спеціально призначені для вибухонебезпечних зон із сумішами горючих пилу або волокон з повітрям *
В-IIa	Без засобів вибухозахисту *. Оболонка зі ступенем захисту IP5X **
<b>Переносні</b>	
В-I; В-Ia	Вибухонебезпечний
В-Iб; В-Iг	Підвищеної надійності проти вибуху
В-II	Вибухонебезпечний*. Світильники, спеціально призначені для вибухонебезпечних зон із сумішами горючих пилу або волокон з повітрям *.
В-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° C 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. 2.5.

Таблиця 2.5 - Допустимі ступені захисту світильників для пожежонебезпечних приміщень

Джерело світла	Степінь захисту світильника для пожежонебезпечної зони			
	П-I і П-II	П-IIa, а також П-II при наявності загальнообмінної вентиляції і місцевих нижніх відсмоктувань відходів	П-IIa в складських приміщеннях з цінними матеріалами, горючими або в горючій упаковці	П-III
<b>Стационарні світильники</b>				
ЛР	IP5X	2'X'	2'X	2'3
ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	IP5X	IP2X <sup>2</sup>	IP2X <sup>2</sup>	IP23 <sup>2</sup>
ЛЛ	5'X	IP2X <sup>3</sup>	IP2X <sup>3,4</sup>	IP22 <sup>3</sup>
<b>Переносні світильники</b>				
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 зрібні 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.

### **2.1.5 Вибір нормованої освітленості**

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

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

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

Нормована освітленість при проектуванні штучного освітлення споруд і будівель для зберігання сільськогосподарської продукції, тваринницьких і птахівничих приміщень визначають за нормативними документами. В табл.А1 (додаток А) представлено норми освітленості для деяких сільськогосподарських приміщень.

### **2.1.6 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 2.6 та 2.8. У більшості випадків, для сільськогосподарських приміщень, галузевими нормами рекомендуються коефіцієнти запасу: для ламп розжарювання – 1,15; для люмінесцентних – 1,3.

Таблиця 2.6 – 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 2.7 – 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

### 2.1.7 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:  $\lambda_c$  та  $\lambda_e$  (відповідно світлотехнічної та економічної найвигоднішої відстані між світильниками), значення яких залежить від типу кривої сили світла світильника (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Рекомендовані значення  $\lambda$  для світильників з типовими кривими сили світла

Типова крива сили світла	$\lambda_c$	$\lambda_e$
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. 2.1).

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

$$L_{A,B} \approx (\lambda_c - \lambda_e) H_p, \quad (2.1)$$

де  $H_p$  - розрахункова висота встановлення світильників, м.

Світлотехнічна найвигідніша відносна відстань  $\lambda_c$  забезпечує таке розміщення світильників, при якому розподіл освітленості на робочій поверхні найбільш рівномірний. Збільшення  $\lambda_c$  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  $\lambda_e$  погіршує якість освітлення і підвищує потужність джерел світла.

Розрахункову висоту встановлення  $H_p$  світильників визначають за формулою:

$$H_p = H - h_n - h_{p.n.}, \quad (2.2)$$

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. 2.1) 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

$$N_B = \frac{B - 2l_{A,B}}{L_{A,B}} + 1; \quad (2.3)$$

- число світильників в одному ряді

$$N_A = \frac{A - 2l'_{A,B}}{L_{A,B}} + 1; \quad (2.4)$$

- загальна їх кількість в приміщенні

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B. \quad (2.5)$$

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  $l_A$ :

$$L_A = \frac{A}{N_A - a}, \quad (2.6)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}, \quad (2.7)$$

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  $N_{\Sigma}$  визначають світлотехнічним розрахунком. При цьому світлотехнічну найвигіднішу відносну відстань  $\lambda_c$  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<sub>p</sub>**;

- 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 установок світильників при освітленні територій підприємств є **6,5 м**;

- при освітленні головних проходів і проїздів вулиць з інтенсивним рухом відстань між світильниками рекомендується витримувати **21-27 м**, з середнім рухом – **(28–35) м**;

- при освітленні другорядних проїздів відстань між світильниками слід вибирати у межах **30–40 м**;

- при розміщенні світильників необхідно враховувати умови для їх обслуговування.

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

- вибір розташування світильників повинно визначатися у першу чергу бажаним напрямком світлового потоку на робочу поверхню;

- так як світильник розміщується у безпосередній близькості від робочої поверхні і, отже, знаходиться у робочій зоні, його слід розміщати так, щоб він не заважав робітнику;

- при виборі місця встановлення світильника слід уникати кріплення його на деталях або вузлах механізмів, які підвладні вібрації;

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

На рис. 2.1 показані варіанти розміщення світильників.

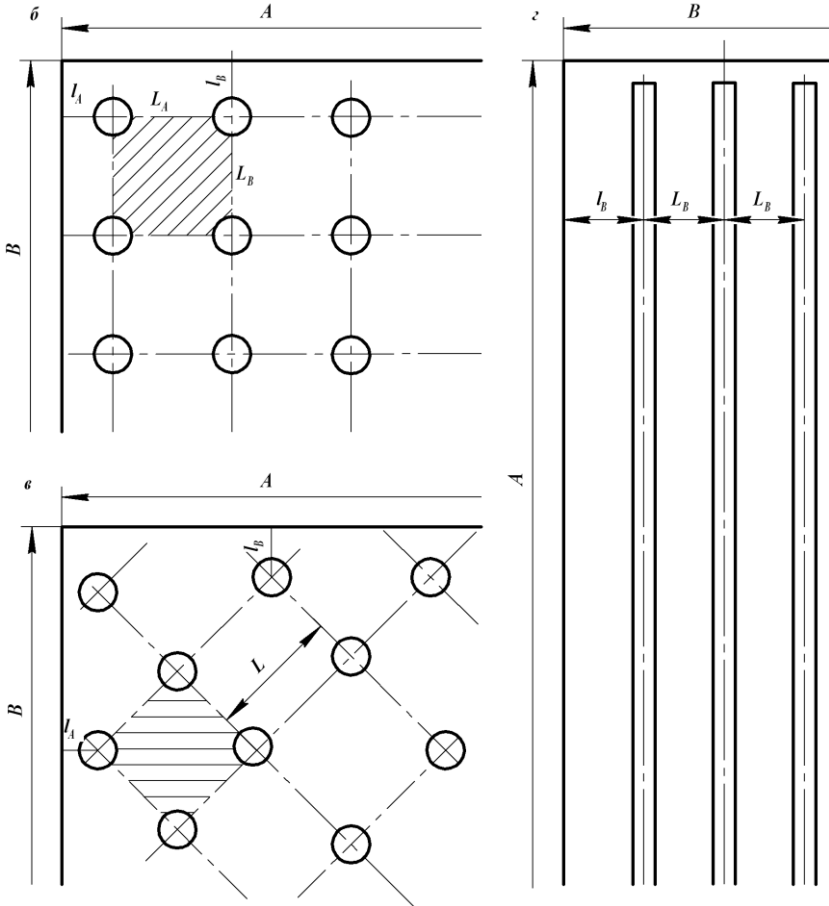


Рисунок 2.1 - Варіанти розміщення світильників:  
 б) по кутам прямокутника; в) по вершинам ромба; г) в лінію (для світильників з ЛЛ)

### 2.1.8 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 перевірочному 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.

### 2.1.8.1 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:

$$\Phi_{лр} = \frac{E_n \cdot k_z \cdot S \cdot Z}{N_{\Sigma} \cdot \eta}, \quad (2.8)$$

де  $E_n$  - нормована освітленість, лк;

$k_z$  - коефіцієнт запасу, в.о.;

$S$  - площа приміщення,  $m^2$ ;

$Z$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення, в.о.;

$N_{\Sigma}$  - кількість світильників у приміщенні, шт;

$\eta$  - 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. 2.6) стелі  $\rho_{cm}$ , стін  $\rho_c$  та підлоги  $\rho_n$  приміщення  $\eta = f(i, \rho_c, \rho_n, \rho_{cm})$ .

Індекс приміщення  $i$  визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (2.9)$$

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. 2.2);  $h_3$  - висота підвісу світильника;  $h_{р.л.}$  - 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. 2.7 і 2.8.

Таблиця 2.6 – 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 приміщеннях з великою кількістю пилу; червона цегла не штукатурена; стіни з темними шпалерами	10

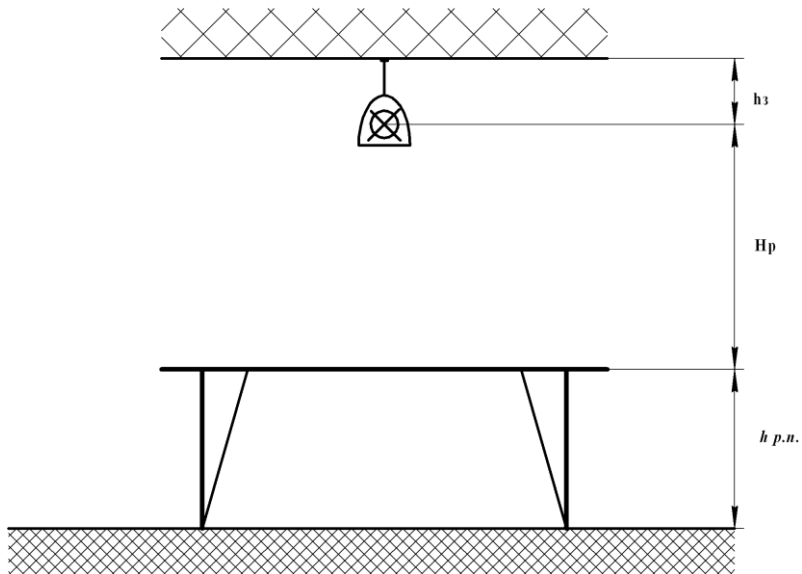


Рисунок 2.2 – До визначення розрахункової висоти

**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 2.7 – 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 2.8 - 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 (2.5) 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. А2 (додаток А) представлено коефіцієнти використання світлового потоку установок із світильниками з люмінесцентними лампами, лампами розжарювання і лампами ДРЛ.

Алгоритм світлотехнічного розрахунку даним методом наведено у табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – 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.2.1.2
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.2.1.3
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.2.1.4
5. Вибрати нормовану освітленість $E_n$ .	Дивись рекомендації п.2.1.5
6. Визначити коефіцієнт запасу $k_3$ .	Таблиця 2.6 – 2.7
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 2.1.7. $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити найвигіднішу світлотехнічну $\lambda_c$ та економічну $\lambda_e$ відстань між світильниками в ряду.	$\lambda_c = \lambda_e =$ Вибирається по таблиці 2.8

Продовження таблиці 2.9

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 $N_\Sigma$ .	$N_\Sigma = N_A \cdot N_B$
15. Розрахувати індекс приміщення $i$	$i = \frac{S}{H_p(A+B)}$
16. Вибрати значення коефіцієнтів відбиття світло-вого потоку від стелі $\rho_{cm}$ , стін $\rho_c$ , та підлоги $\rho_n$ .	По таблиці 2.6 $\rho_{cm} = \rho_c = \rho_n =$
17. Визначити для обраного типу світильника, його класу світлорозподілу, кривій сили світла, індексу приміщення та коефіцієнтів відбиття коефіцієнт використання світлового потоку $\eta$ .	По таблицям А2 (додаток А) $\eta =$
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 1.9 $\Phi_{лр} =$
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 2.9

1	2
21. Якщо умови п.20 не виконуються:	Обрати інше значення $\lambda_c$ і $\lambda_e$ , 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) $P_{уст.}$	$P_{уст.} = P_{л} \cdot N_{\Sigma}$ , де $P_{л}$ - потужність вибраної лампи, Вт
24. Визначити питому потужність $P_{p.num.}$	$P_{p.num.} = \frac{P_{уст.}}{S}$

### 2.1.8.2 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  $1 \text{ м}^2$  освітлювальної поверхні. На основі даних результатів складено довідкові таблиці, які приведено в додатку А (табл. А3). При наявності даних про: тип світильника, нормовану освітленість  $E_n$ , значення розрахункової висоти  $H_p$ , коефіцієнт запасу  $k_z$ , коефіцієнти відбиття поверхонь ( $\rho_c$ ,  $\rho_n$ ,  $\rho_{cm}$ ) 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  $P_{л}$  по формулі:

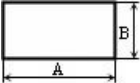
$$P_{л} = \frac{P_{num} S}{N}. \quad (2.10)$$

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 2.10.

Для малих приміщень, в яких передбачено встановлення тільки одного світильника з лампою розжарювання, потужність лампи визначають по таблиці 2.11.

Таблиця 2.10 – 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.2.1.2
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.2.1.3
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.2.1.4
5. Вибрати нормовану освітленість $E_n$ .	Дивись рекомендації п.2.1.5
6. Визначити коефіцієнт запасу $k_3$ .	Таблиця 2.6 – 2.7
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 2.1.7. $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити най-вигіднішу світлотехнічну $\lambda_c$ та економічну $\lambda_e$ від-стань між світильниками в ряду.	$\lambda_c =$ $\lambda_e =$ Вибирається по таблиці 2.8
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: $l_A = 0,5L_A; \quad l_B = 0,5L_B$

## Продовження таблиці 2.10

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 $N_\Sigma$ .	$N_\Sigma = N_A \cdot N_B$
15. Для вибраного світильника знаходимо питому потужність $P_{\text{пит.}}$ .	$P_{\text{пит.}} =$ По таблиці А3 (додаток А)
16. Визначаємо розрахункову електричну потужність всієї освітлювальної установки $P_{\text{вст.}}$ .	$P_{\text{вст.}} = P_{\text{пит.}} \cdot S$
17. Визначаємо потужність однієї лампи $P_L$ .	$P_L = \frac{P_{\text{вст.}}}{N_\Sigma}$
18. Вибрати тип лампи близькою за потужністю.	По таблиці 1.9 $P_L =$
19. Розрахувати відхилення $\Delta P$ потужності вибраної стандартної лампи з розрахунковою потужністю лампи.	$\Delta P = \frac{(P_{\text{СТ}} - P_L) \cdot 100}{P_L}$
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 $\lambda_c$ і $\lambda_e$ , 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) $P_{\text{уст.}}$ .	$P_{\text{уст.}} = P_L \cdot N_\Sigma,$ де $P_L$ - потужність вибраної лампи, Вт
24. Визначити питому потужність $P_{\text{р.пит.}}$ .	$P_{\text{р.пит.}} = \frac{P_{\text{уст.}}}{S}$

Таблиця 2.11 – Визначення потужності ламп для малих приміщень при установці в приміщенні одного світильника

S, м <sup>2</sup>	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.

### 2.1.8.3 Точковий метод лінійних ізолок

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

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:  $l_p < 0,5 H_p$  (рис. 2.3).

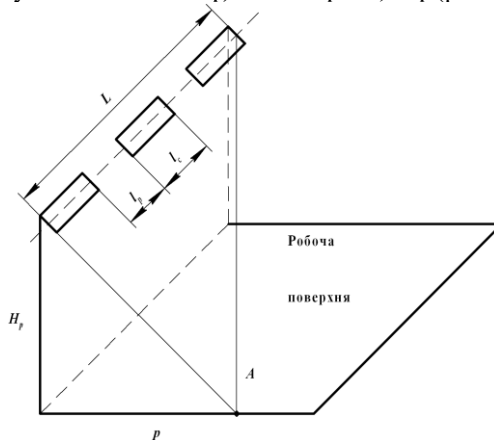
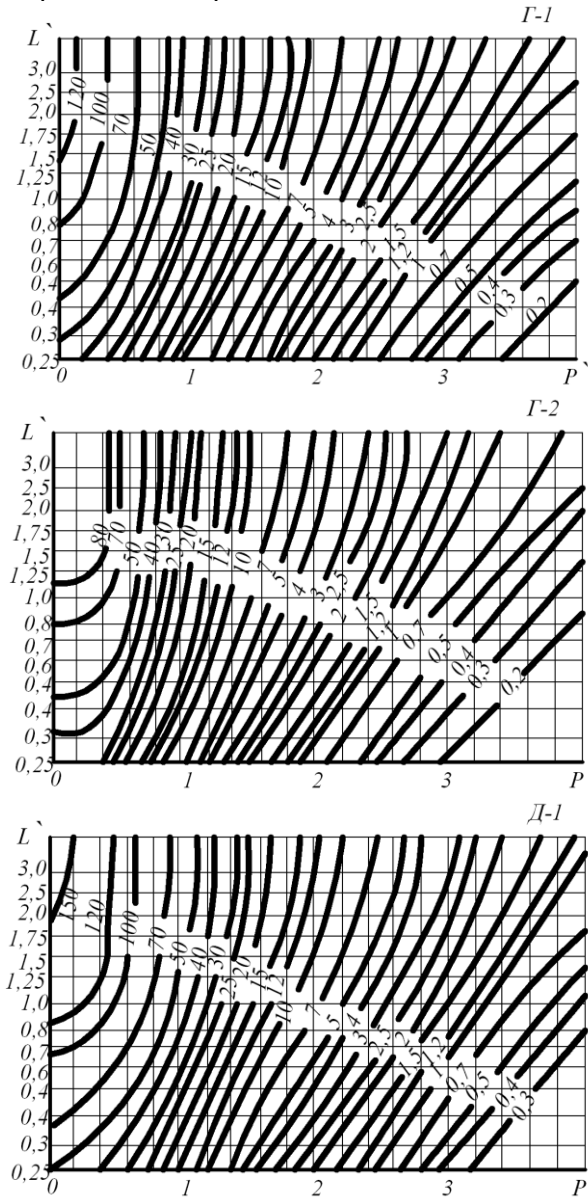


Рисунок 2.3 – До розрахунку освітленості, яка створюється у точці світловою лінією

Розрахунок освітленості проводять за допомогою графіків лінійних ізолюкс, які представлені на рис. 2.4.



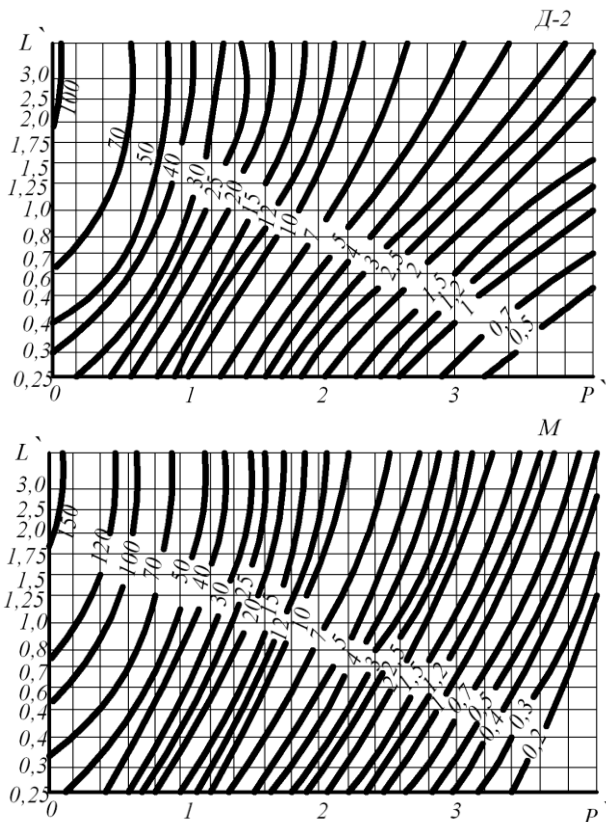


Рисунок 2.4 – Криві рівної освітленості для світлових ліній з найбільш розповсюдженими світильниками з люмінесцентними лампами і різними поздовжніми деталізованими кривими сили світла Г-1, Г-2, Д1, Д-2, М

**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:

$$\Phi_{роз} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_z \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma_e}, \quad (2.10)$$

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

$E_n$  – нормована освітленість, лк;

$K_z$  – коефіцієнт запасу;

$H_p$  – розрахункова висота;

$\mu$  – коефіцієнт, який враховує дію віддалених світильників і відбитий світловий потік ( $\mu = 1,1 - 1,3$ );

$\Sigma_e$  – сумарна умовна відносна освітленість в розрахунковій точці, яка визначається за графіками лінійних ізолюкс (див. рис. 2.4).

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  $1_p$ , але при цьому повинна виконуватися умова 2 ( $1_p < 0,5H_p$ );

- 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 2.12.

Таблиця 2.12 – 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.2.1.2
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.2.1.3
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.2.1.4
5. Вибрати нормовану освітленість $E_n$ .	Дивись рекомендації п.2.1.5
6. Визначити коефіцієнт запасу $k_3$ .	Таблиця 2.6 – 2.7
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z.	Z=1,1 – 1,5
8. Визначити значення висот: - підвісу $h_{ze}$ ; - робочій поверхні $h_{p.n.}$ ; - розрахункової $H_p$ .	<p>Дивись розділ 2.1.7.</p> $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити най-вигіднішу світлотехнічну $\lambda_c$ та економічну $\lambda_e$ відстань між світильниками в ряду.	$\lambda_c = \lambda_e =$ <p>Вибирається по таблиці 2.8</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:  <math display="block">l_B = 0,3L_B.</math></p> <p>При відсутності робочих місць у стін:  <math display="block">l_B = 0,5L_B.</math></p>
12. Визначити кількість рядів світильників $N_B$ .	$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1$
13. Визначити довжину півряду L.	$L = \frac{\dot{A}}{2}$



1	2
14. Визначити відстань <b>p</b> від розрахункової точки А до світлового ряду. Розрахункову точку вибираємо посередині приміщення між рядами.	$p = L_B / 2$
15. Визначити відношення <b>p*</b> .	$p^* = p / H_p$
16. Визначити відношення <b>L*</b> .	$L^* = L / H_p$
17. Визначити умовну освітленість <b>e</b> по графікам лінійних ізолюкс в залежності від <b>L*</b> , <b>p*</b>	Дивись рисунок 2.4
18. При освітленні точки А декількома рядами або їх частинами відносна освітленість визначають від кожного ряду окремо і складають <b>Σe</b> .	$\Sigma e = e^* \cdot N_B$
19. Визначити необхідний світловий потік ряду <b>Φ<sub>розр.</sub></b> 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 <b>Φ<sub>лр.</sub></b>	По таблиці 1.12 $\Phi_{лр.} =$
21. Визначити повний потік ламп в ряду <b>Φ<sub>ряду.</sub></b>	$\Phi_{ряду} = \Phi_{розр.} \cdot A$
22. Визначити світловий потік <b>1</b> світильника <b>Φ<sub>св.</sub></b>	$\Phi_{св} = \Phi_{л.} \cdot n$
23. Визначити кількість світильників в ряду <b>N<sub>р.</sub></b>	$N_{ряда} = \frac{\Phi_{ряду}}{\Phi_{св}}$
24. Визначити розриви між світильниками <b>l<sub>p</sub></b> 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 <b>P<sub>вст.</sub></b>	$P_{вст.} = 1,25 \cdot P_{л.} \cdot n \cdot N_B \cdot N_A$
27. Визначаємо питому потужність всієї установки <b>P<sub>пит.</sub></b>	$P_{пит.} = \frac{P_{вст.}}{S}$
28. Якщо умови п.25 не виконується.	Уточнюємо розрахунок
29. Визначити із довідкової літератури питому потужність в залежності від типу світильника і площі приміщення <b>P<sub>пит.</sub></b>	$P_{пит.} = \text{по [1]}$

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

#### 2.1.8.4 Точковий метод просторових ізолюкс

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

Суть методу полягає в тому, що потрібний світловий потік від світильника визначають, виходячи з умов, що в кожній точці освітлюваної поверхні освітленість не повинна бути меншою нормованої. При цьому в розрахунковій точці визначають не дійсну, а умовну освітленість, так як світловий потік обраних світильників на початку розрахунку невідомий. Умовна освітленість  $e$  визначається за графіками *просторових ізолюкс*. Графік просторових ізолюкс для певного світильника представляє собою сімейство кривих, які є геометричним місцем точок, які мають рівну горизонтальну освітленість. Такі графіки для світильників з умовною лампою із світловим потоком 1000 лм побудовані в осях  $d - h$ , де  $d$  - відстань на плані від проекції світильника до точки, в якій визначається освітленість,  $h$  - розрахункова висота ( $H_p$ ) (рис.2.5).

Основна розрахункова формула методу:

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu\Sigma e}, \quad (2.11)$$

де  $E_n$  – нормована освітленість, лк;

$k_z$  – коефіцієнт запасу;

$\mu$  – коефіцієнт, що враховує освітленість віддалених світильників і залежить від їх типу ( $\mu = 1,1 - 1,2$ );

$\Sigma e$  – 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  $\mu$ .

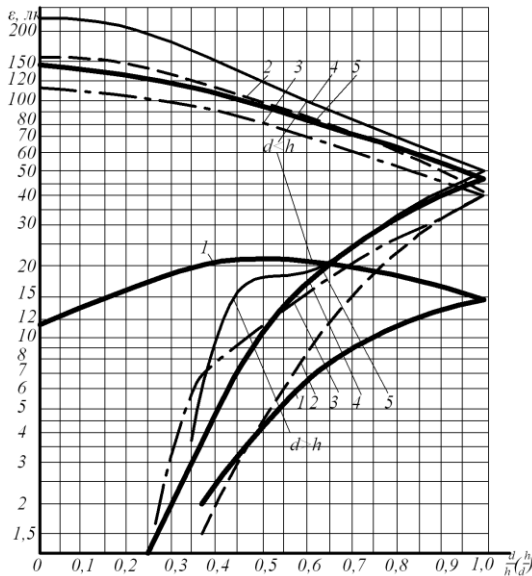


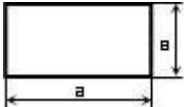
Рисунок 2.5 – Графіки просторових ізолюк для світильників:  
 1 – СВ і СВР; 2 – СПОР; 3 – СПО-2-200; 4 – СПП-200М; 5 – СПО-200

При розрахунках освітлення похилих поверхонь поступають наступним чином.

Через розрахункову точку похилої поверхні проводять допоміжну горизонтальну поверхню, на якій і ведуть розрахунок освітленості  $E_T$  (рис. 2.6). Освітленість похилої поверхні  $E_n$  у тій самій точці визначають по співвідношенню:  $E_n = \Psi E_T$ , де  $\Psi = \cos\theta \pm (p/h) \sin\theta$ .

Алгоритм даним методом наведеному таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – 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.2.1.2
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації п.2.1.3
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації п.2.1.4
5. Вибрати нормовану освітленість $E_n$ .	Дивись рекомендації п.2.1.5
6. Визначити коефіцієнт запасу $k_3$ .	Таблиця 2.6 – 2.7
7. Визначити значення висот: - підвісу $h_n$ ; - робочої поверхні $h_{p.n.}$ ; - розрахункової $H_p$ .	$Z=1,1 - 1,5$
8. Визначити відстань в плані від розрахункової точки до проекції світильника $d$ .	Дивись розділ 2.1.7. $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Визначитись з умовою вибору сумарної відносної освітленості.	$\frac{h_{nid}}{d} \leq 1$ або $\frac{d}{h_{nid}} \leq 1$
10. По графікам просторових ізолюкс визначити $e_i$ .	Дивись рисунок 2.5 $e_i = \sum e_i$
11. Визначаємо необхідний світловий потік лампи $\Phi_n$ .	$\Phi_{розр.} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot h_{nid}^2}{\sum e_i}$

1	2
12. Вибрати тип лампи з світловим потоком найближчим до розрахункового $\Phi_{лр}$ .	По таблиці 1.9 $\Phi_{лр} =$
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 лубим із методів повинна складатися світлотехнічна відомість. Приклад оформлення світлотехнічної відомості приведено в табл. А3 (додаток А).

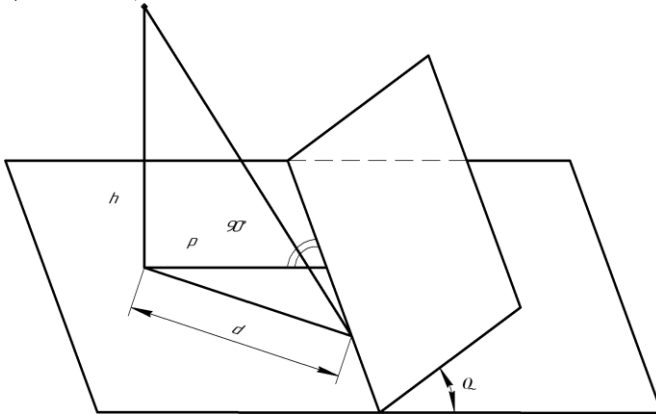


Рисунок 2.6 – До розрахунку освітленості похилої поверхні

### 2.1.9 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 молодняку, 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  $\pm 15$  хв. для однієї програми і  $\pm 20$  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. 2.7), подібний застосованому в реле 2РВМ. Програма задається механічно за допомогою косо усіченого циліндра.

Зчитується вона через важелі-копіри двома мікрвимикачами 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 2.14 приведено технічні характеристики ТОН для фазової напруги 220 В.

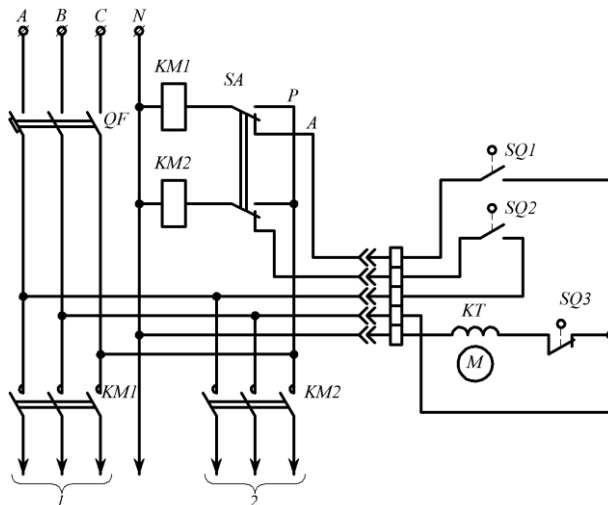


Рисунок 2.7 – Принципова електрична схема установки ПРУС-2

Таблиця 2.14 – 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. 2.8.

З курсу ТОЕ відомо, що для виділення гармонійної складової потрібної частоти досить струмоприймачі поєднати в зірку (фільтр третьої гармоніки), як це показано на рис. 2.8. 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.



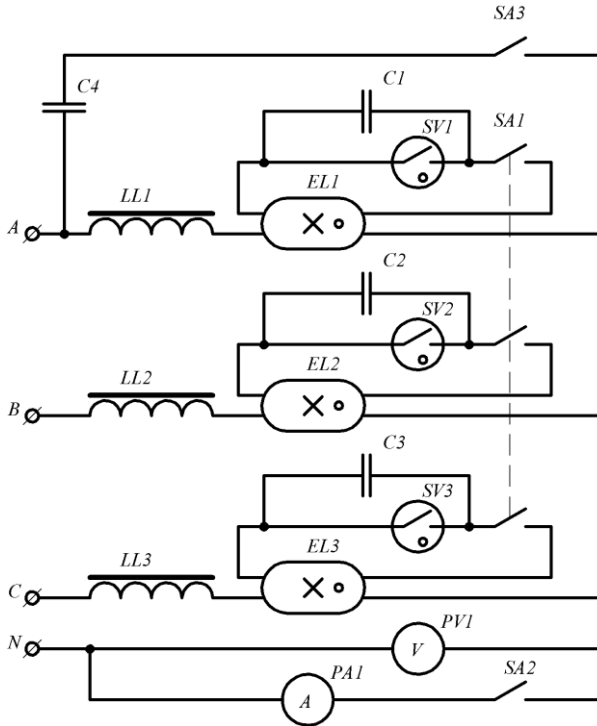


Рисунок 2.8 – Трифазна схема вмикання РЛ

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. 2.9 наведено осцилограми, отримані при фазовому тиристорному регулюванні.

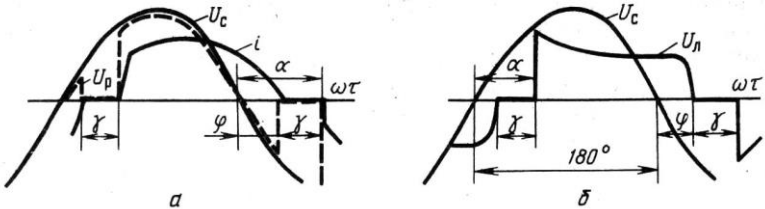


Рисунок 2.9 – Осцилограми, які отримані в колі з тиристорним регулюванням: а) напруги; б) струму

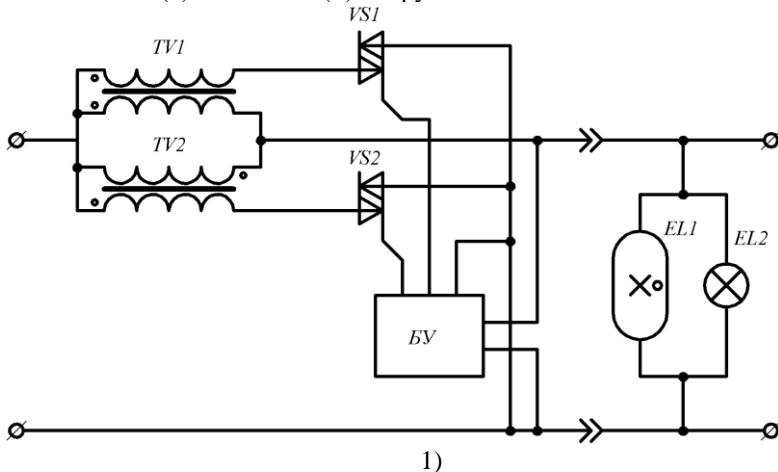
Чинне значення вихідної напруги  $U_p$  визначається тривалістю включення тиристорного ключа. На цьому рисунку  $\varphi$  - кут відставання струму від напруги,  $\gamma$  - кут шпаруватості,  $\alpha = \varphi + \gamma$  - кут регулювання.

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 (0,85-1,1)  $U_n$  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. 2.10 (1)). Додавка напруги і віднімання відбуваються кожні півперіода. Момент включення кожного з трансформаторів визначається рівнем напруги, що підводиться. На рис. 2.10 (2) наведені осцилограми вихідної напруги такого стабілізатора при номінальній (а) і зниженій (б) напрузі.



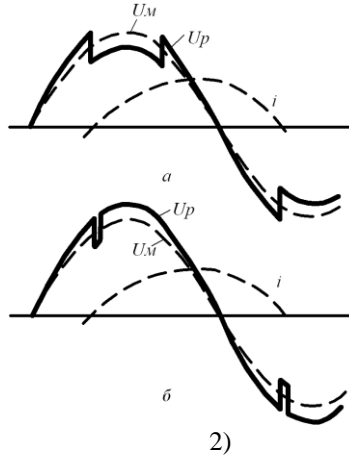


Рисунок 2.10 – 1 - стабілізатор напруги з вольтододатковими трансформаторами; 2 - осцилограма напруги стабілізатора з вольтододатковими трансформаторами і тиристорними ключами при  $\cos\varphi = 0,5$ :  $U_c$  - напруга мережі;  $U_p$  - напруга на навантаженні; а - при номінальній напрузі; б - при 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  $(0,9-1,1) U_n$  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.2.11).

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. 2.12 представлена 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 один з 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 2.13 представлена схема електрична структурна регулятора освітленості РОП-15-16-24.

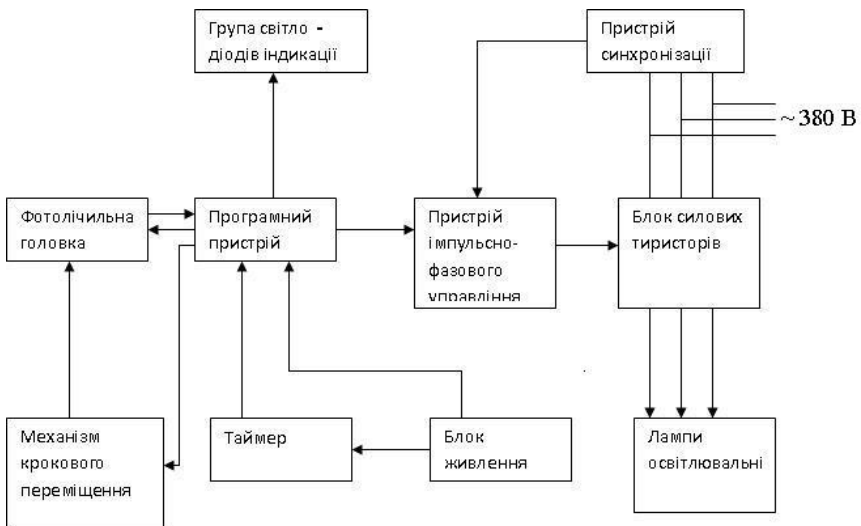


Рисунок 2.13 - Схема електрична структурна регулятора освітленості РОП-15-16-24

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. 2.14 представлено схему електричну принципову фотореле ФР-2.

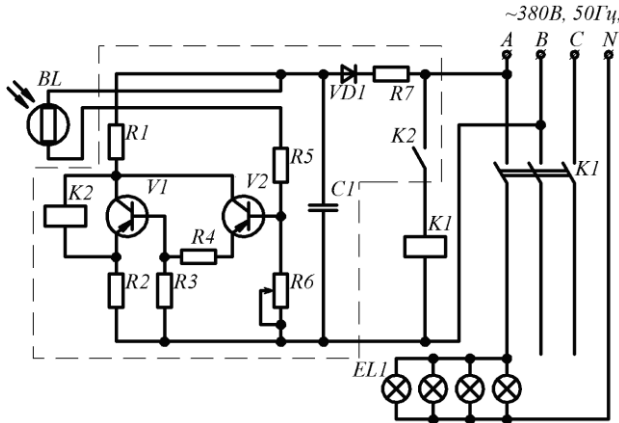


Рисунок 2.14 - Схема електрична принципова управління вуличним освітленням за допомогою фотореле ФР-2

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 змінуванням опору 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  $7 \pm 2$
- 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.

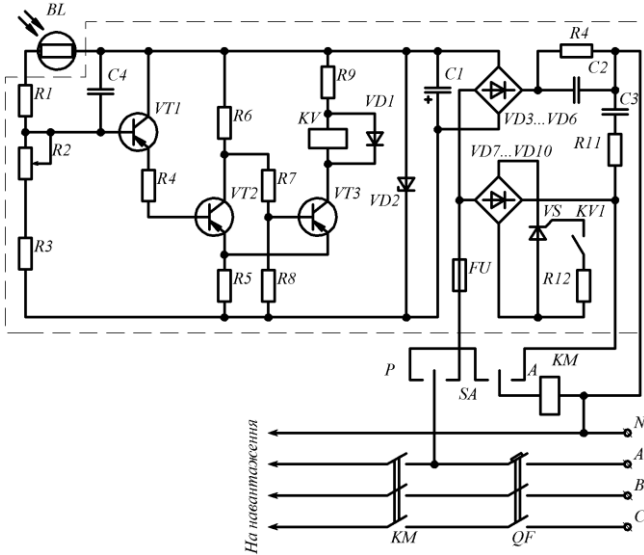


Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова фотовимикача ФВ-2

Електрична схема фотовимикача (рис.2.15) складається з автоматичного вимикача тригера Шмідта 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  $7 \pm 2$  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 КМ 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 КМ вмикає освітлювальне навантаження. Регулювання діапазону спрацювання схеми здійснюється резистором R2.

Перемикач режимів роботи SA має три положення: «ВКЛ», «0», «АВТ»

## **2.2 Вибір та розрахунок опромінювальних установок**

### **2.2.1 Установки для опромінення рослин в умовах захищеного ґрунту**

#### **2.2.1.1 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 фітопотoku 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 фітопотoku. Щільність фітопотoku найбільш точно характеризує світло необхідне для фотосинтезу. Щільність фітопотoku вимірюється в фотонах в секунду на квадратний метр  $\text{кмоль}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ .

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.

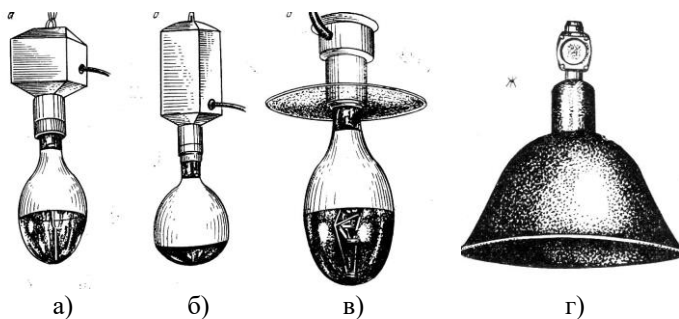
Особливий інтерес представляє новий клас комплектних високоефективних опромінювальних установок типу плоский світловод, світловий карниз, світло - тронний карниз і інші, практичне використання яких дозволяє зменшити на 26-38 % експлуатаційні витрати, на 15-20 % втрати оптичного випромінювання і в 2-3 рази металоемність 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 ДКсГЛ10000, УОРТ-2-3000 з лампами ДМ4 3000 і ДМ3 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. 2.16 (та рис. В11, додаток В) і в табл. 2.15.

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. 2.17).



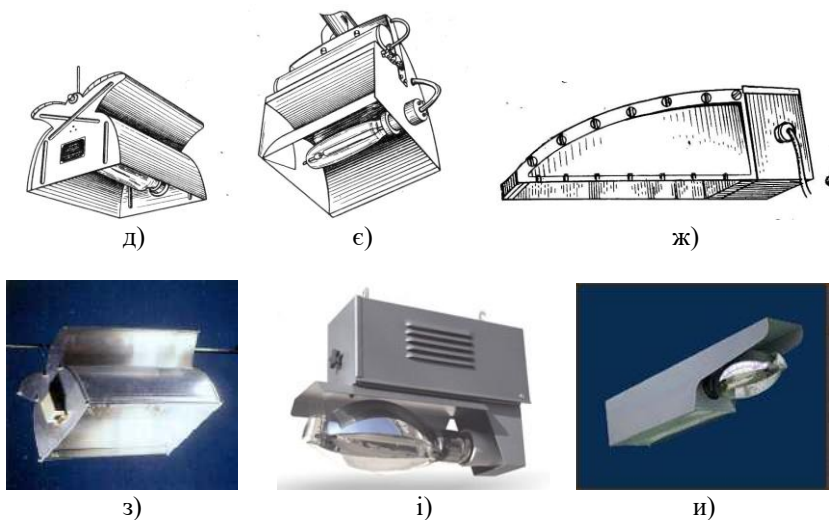


Рисунок 2.16 - Загальний вигляд тепличних опромінювальних установок:  
 а) ОТ-400; б) ОТ-1000; в) ССП03-750-001; г) ГСП26-400-001;  
 д) ОГС «Фотос»; е) ЖСП18-400; ж) О2ОП «Світлотрон»;  
 з) ГСП 30-2000-001; і) ЖСП-70-400; и) ЖСП62-400 «Флора»

Таблиця 2.15 – 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.

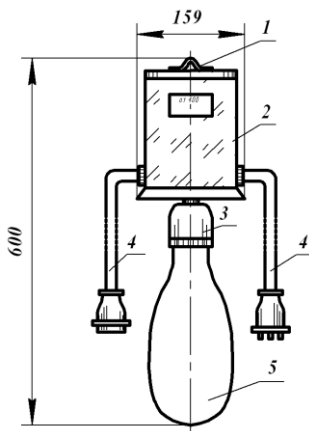


Рисунок 2.17 – Тепличний опромінювач ОТ-400: 1 – вузол підвіски; 2 – ПРА джерела випромінювання; 3 – фарфоровий патрон із ущільнювачем; 4 – кабель живлення опромінювача; 5 – лампа ДРЛФ-400

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

Подібну конструкцію має також опромінювач ОТ-1000И-011 (ОТ-1000МИ (рис. 2.16, б). Його технічні параметри: напруга живильної мережі - 220 В, ККД - не менше 90 %. У корпусі опромінювача разом з індуктивним баластовим пристроєм встановлено універсальний імпульсний запалювальний пристрій типу УИЗУ-220-02ХЛ.

Опромінювач ССП03-750-001 (рис. 2.16, 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 РСР26-125 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. 2.16 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 РСР15-2000-01 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. 2.16 (е) показано загальний вигляд опромінювача ЖСП18-400-001-ХЛ4, а на рис. 2.18 елементи конструкції даного опромінювача.

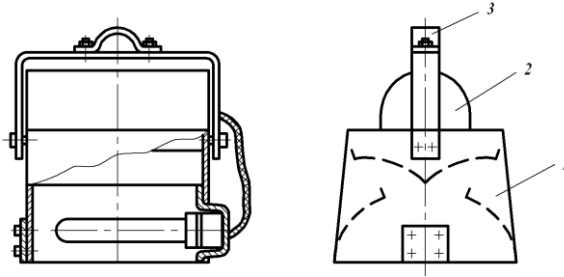


Рисунок 2.18 - Елементи конструкції опромінювача ЖСП18-400-001-ХЛ4:  
1 – корпус з дзеркальним відбивачем; 2 – блок ПРА; 3 – вузол підвісу

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 мм<sup>2</sup>. 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. 2.19.

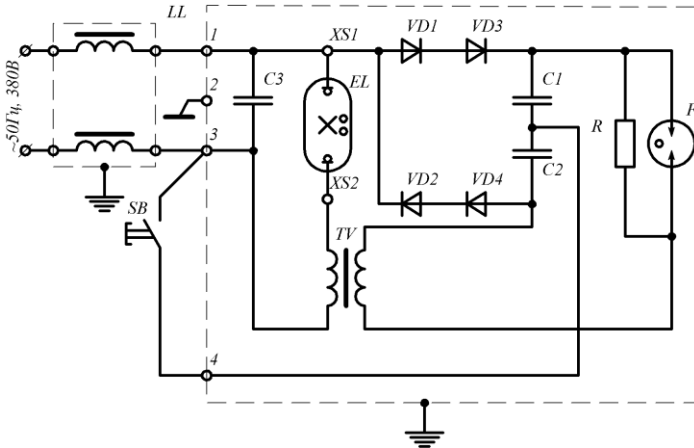


Рисунок 2.19 – Схема електрична принципова включення опромінювача ОТ-2000

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. 2.15). 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. 2.16, д.

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



рівень опромінення рослин в області ФАР при більш сприятливій просторовій структурі світлового поля. ККД опромінюючої установки - не менше 80% при коефіцієнті використання світлового потоку близько 70%.

У опромінюючих установках вегетаційних камер і боксів, кліматичних шаф і стелажів також приймаються спроби використовувати дзеркальні відображаючі поверхні для перерозподілу в заданому напрямленні світлового потоку і формування сприятливої просторової структури світлового поля в зоні знаходження рослин. Наприклад, в конструкції арматур 020П та 02ДП «Світлотрон» передбачено поворотом металевих дзеркалізованих відбивачів регулювати рівномірність освітленості рослин і створювати необхідний світловий та тепловий режим (рис. 2.16, 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 ДКсТЛ 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 м<sup>2</sup>; 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 навантаження фаз. Як бачимо, номенклатура і технічні характеристики тепличних опромінювачів і установок постійно удосконалюються. На зміну низько ефективному і недостатньо комплектному світлотехнічному обладнанню розробляється і постачається нове.

Так, опромінюючі прилади типів РСП15-2000, ЖСП18-400, ГСП26-1000 та серії 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 прями 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 м<sup>2</sup> опромінювальної поверхні) початкових капітальних вкладень - ССП03-750, ОТ-400М, ГСП26-400, ОТ-1000И, ЖСП18-400, ГСП26-1000, ОГСО1-2000 «Фотос-4», СОРТ-1-10, ОТ-2000, 020П «Світлотрон» і УОРТ-1-6000;

- в міру зростання питомих (на 1 м<sup>2</sup> 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 невикористаних витрат 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 лампі 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  $25^{\circ}\text{C}$ ) -  $4 \cdot 10^{-2}$  с. Звідси зрозумілі спроби використовувати імпульсне або комбіноване (чергування в певній послідовності імпульсного і безперервного) опромінення деяких сільськогосподарських культур у виробничих умовах, розробити спеціальні живлячі генератори та схеми включення джерел в імпульсному або комбінованому режимах опромінення.

У випадку правильно підібраних режимів імпульсного або комбінованого опромінення можлива економія електричної енергії до 30-40 % при незначній зміні середньої продуктивності і ККД фотосинтезу в порівнянні з неперервним опроміненням. Слід зазначити, що економія 30-40 % є значущими цифрами, тому що приблизно 45-55 % всіх експлуатаційних витрат опромінюючих установок припадає на частку витрат на електричну енергію.

Повноцінний розвиток рослин можливий тільки при забезпеченні необхідного рівня штучної опроміненості, який обов'язково враховує умови природної освітленості. Для середніх широт України при вирощуванні розсади овочевих культур рівень штучної опромінення в області ФАР приймають рівним не менше  $25 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  для огірків і  $30 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  для томатів (6,5 і 7,5 тис. лк або 8,5 і 10  $\text{фгм} \cdot \text{м}^{-2}$  відповідно). Тривалість опромінення розсади для 0-3 світлових зон - не менше 12-16 год/добу, для 4-6 світлових зон - до 12 год/доб. Приблизний термін опромінення розсади огірків – 30-40 днів, томатів – 45-50 днів.

Рівень опромінення рослин у фазі плодоношення трохи вище й для середніх широт України повинен бути не менше: для огірків  $40 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ , томатів  $48 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  ФАР (10 і 12 тис. лк або 13,7 і 16,4  $\text{фгм} \cdot \text{м}^{-2}$  відповідно). Тривалість опромінення огірків 12-14, томатів 14-16 год/доб.

Для квіткових і декоративних рослин необхідно забезпечити рівень опромінення в області ФАР до  $15-30 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ , а в селекційних теплицях, фітотронах і фітокамерах без природної освітленості –  $100-300 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  і більше в залежності від тривалості опромінення, термінів вирощування, призначення рослин та інших спеціальних агротехнічних вимог.

Як бачимо, при штучному опроміненні рослин потрібні дуже високі рівні опромінення. Для забезпечення подібних рівнів необхідно правильно розмістити опромінювачі по висоті і в плані стелажу або теплиці. При цьому опромінення повинно досить рівномірно розподілятися по поверхні, не перегрівати рослини і не заважати догляду за ними.

На рис. В11 (додаток В) показано загальний вигляд тепличних опромінювальних установок.

### 2.2.1.2 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 установки залежить від наступних факторів:

- спектрального складу випромінювання використовуваних джерел;
- ефективної віддачі джерел;
- відстані між джерелами випромінювання та рослинами;
- конструктивного виконання опромінюючої установки.

При розрахунку тепличних опромінюючих установок необхідно враховувати наступні положення:

- різке розходження кривих відносної спектральної чутливості рослин і очей людини виключає можливість використання в розрахунках світлових величин та одиниць їх вимірювання;
- існуюча система ефективних величин стосовно таких приймачів оптичного випромінювання, як зелені рослини, не є 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.

При точковому джерелі (рис. 2.20, а) сферична опроміненість в даній точці сфери дорівнює:

$$\mathcal{E}_{сф} = \mathcal{E}_{\perp} \cos \psi , \quad (2.12)$$

де  $\psi$  - кут між нормаллю в даній точці сфери і прямої, що з'єднує центр сфери з джерелом;  
 $\varepsilon_{\perp}$  - опроміненість ділянки сфери, зверненого до випромінювача,  
 $\text{фт}\cdot\text{м}^2$ .

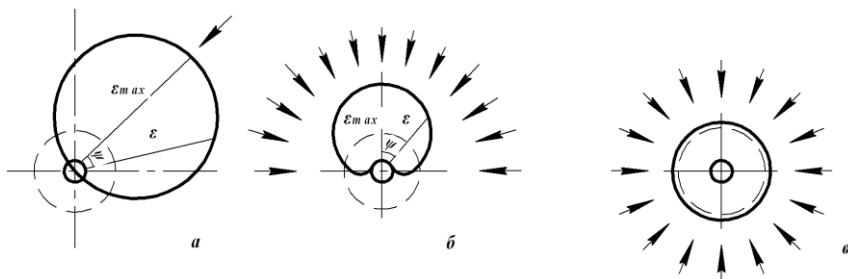


Рисунок 2.20 – До визначення сферичного опромінення при різних видах випромінювачів

Поєднавши центр сфери з початком полярних координат, відкладемо вздовж радіусів в прийнятому масштабі значення опромінення, що визначаються за висловом (2.12). З'єднавши кінці відкладених відрізків плавною кривою, одержимо, як це впливає з виразу (2.12), коло (суцільна лінія на рис. 2.20, 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:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \frac{\varepsilon_{\max}}{4}. \quad (2.13)$$

Якщо випромінювачем є рівномірно випромінююча верхня півсфера (рис. 2.20,б), то сферична опроміненість визначається за виразом

$$\varepsilon_{сф} = \varepsilon_{\perp} \cos^2 \frac{\psi}{2}, \quad (2.14)$$

де  $\psi$  - 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:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \frac{\varepsilon_{max}}{2}. \quad (2.15)$$

Якщо випромінювачем є рівномірно випромінююча сфера (рис. 2.20, 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:

$$\varepsilon_{сф.ср} = \varepsilon_{max}. \quad (2.16)$$

В даний час питання нормування за сферичною опроміненістю недостатньо розроблені. Тому в переважній більшості випадків користуються поняттям горизонтальної опроміненості.

### 2.2.1.3 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  $h \gg 0,5 \text{ м}$ ).

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. 2.21 а,

крива 1) прийнятого типу опромінювача, будують криву розподілу створюваної ним опроміненості як функції відстані  $r$  при  $h = \text{const}$  (крива 2, рис. 2.21, а).

Ординати шуканої кривої для різних значень  $r$  обчислюють за такими виразами:

- для горизонтальної опроміненості на підставі вираз (2.17):

$$E_{\phi} = I_{\alpha} \cos \varphi (l_{\alpha} \cdot m_1)^{-2} K_{\phi}, \quad (2.17)$$

де  $I_{\alpha}$  - сила світла під кутом  $\alpha$ , що визначається за кривою просторового розподілу потоку випромінювання прийнятого опромінювача,  $\text{кд}$ ;

$l_{\alpha}$  - відстань на кресленні від світлового центру опромінювача до точки, в якій обчислюється опроміненість;

$m_{\alpha}$  - масштаб  $l_{\alpha}$ ;

- для сферичної опроміненості на підставі виразу (2.18):

$$E_{\phi \text{ сф}} = I_{\alpha} 0,25 (l_{\alpha} \cdot m_1)^{-2} K_{\phi}. \quad (2.18)$$

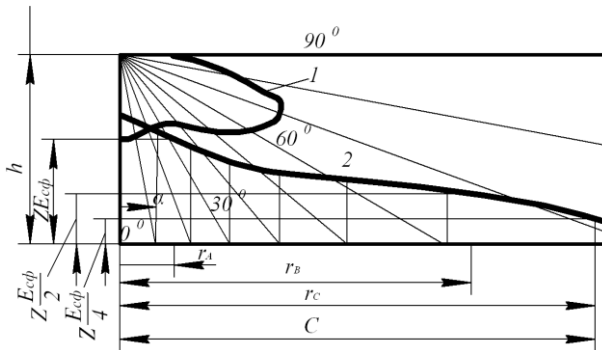


Рисунок 2.21 – До розрахунку опромінювальної установки з точковими випромінювачами: побудова характеристики розподілу опроміненості по стелажу

Розрахунок за сферичною опроміненістю виконують наступним чином.

Розташували на плані стелажа опромінювачі, знаходять характерні точки, в яких опромінення може виявитися мінімальним. На рис.2.22 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  $E_{cf} \geq E_{cf,max} Z$ , 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  $E_{cf} = f(r)$  (рис. 2.21, крива 2) знаходять  $r_A$ , при якому  $E_{Acf} \geq E_{cf,max} Z$ . 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  $E_{cf} \geq E_{cf,max} Z$ .

Для цього по кривій 2 визначають  $r_B$  при  $E_{Bcf} = \frac{E_{cf,max}}{2} Z$  і  $r_C$  при

$E_{Ccf} = \frac{E_{cf,max}}{4} Z$ . 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.

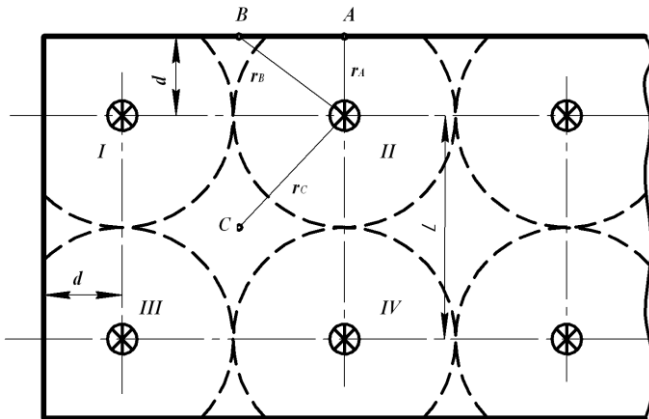


Рисунок 2.22 - До розрахунку опромінюючої установки з точковими випромінювачами: розміщення опромінювачів на плані стелажу і визначення найменших допустимих відстаней між ними

### 2.2.1.4 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, створеної 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. 2.23) можна обчислити за виразом:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_l K_{\phi}}{Ll} (n-1) \eta_{\text{бл}}, \quad (2.19)$$

де  $\Phi_l$  – світловий потік однієї лампи, прийнятої в розрахунку, лм;

$L$  – довжина люмінесцентної лампи, м;

$l$  – ширина блоку ламп, рівна 1 м;

$K_{\phi}$  – величина, яка дорівнює  $K_{\phi} = \Phi_{\phi} / \Phi$ ;  $\Phi_{\phi}$  – фітопотік виражений в *фит*;

$\Phi$  – світловий потік в люмінах;

$n$  – кількість ламп в блоці ( $n > 1$ );

$\eta_{\text{бл}}$  – коефіцієнт корисної дії блоку ламп, що залежить від величини втрат потоку випромінювання за рахунок поглинання його суміжними лампами і втрат в навколишній простір.

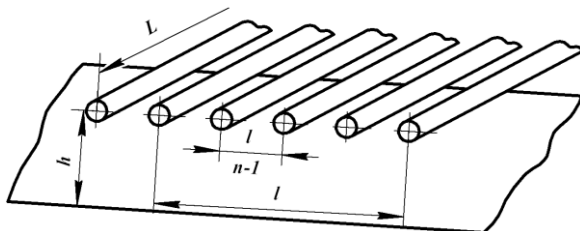


Рисунок 2.23 - До розрахунку опроміненості, створеної на стелажу блоком люмінесцентних ламп

У виразі (2.19) дріб правої частини є для даного типу люмінесцентних ламп величиною постійної і може бути позначений через  $\mu$ . Запишемо вираз (2.19) інакше:

$$E_{\phi} = \mu e_{\phi}, \quad (2.19)$$

де  $\mu = \frac{\Phi_{\text{л}} K_{\phi}}{Ll}$  - 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 (2.20) і довідковим графіком  $e_{\phi} = f(n)$  (рис. 2.24), 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  $\mu$ .

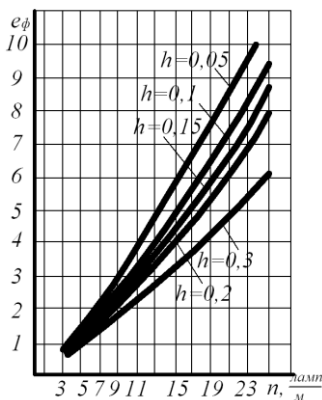


Рисунок 2.24 – Залежність відносної опроміненості від числа люмінесцентних ламп в блоці і висоти їх розміщення над опромінювальною поверхнею

Виходячи з вимог опромінення, підраховують:

$$e_{\phi} = \frac{E_{\phi, \text{з}}}{\mu}. \quad (2.21)$$

По графіку залежності відносної опроміненості від питомого числа ламп в блоці та висоті їх розташування над опромінювальною поверхнею (рис. 2.24) визначають шукане число люмінесцентних ламп.

Якщо розрахунок ведеться по середній сферичній опроміненості, то для великих площ опромінення при розташуванні випромінювачів в горизонтальній площині можна користуватися співвідношенням:

$$E_{\phi,сф} = (0,57...0,67)E_{\phi,с} . \quad (2.22)$$

## 2.3 Установки ультрафіолетового опромінення

### 2.3.1 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 обмін.

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.

### **2.3.2 Типи стаціонарних і рухомих установок для опромінення, їх характеристики і особливості безпечного обслуговування**

Для ультрафіолетового опромінення сільськогосподарських тварин і птиці застосовуються різного роду опромінювальні установки. Ультрафіолетовий випромінювач містить всі необхідні деталі для кріплення і застереження джерела від руйнуючої дії навколишнього середовища, механічних ушкоджень і забруднення, приєднання до живильної мережі і одночасно служить для перерозподілу потоку ультрафіолетового випромінювання джерел. Всі ультрафіолетові опромінювачі поділяються (табл. 2.16) 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. 2.25, 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 2.16 – 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 ОЭСР02-2×40	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	ДРТ400	1	500	220	Випромінювач 340×205×215	3,7
					Пристрій живлення 175×115×250 480×480×1810	6,5 25
ОРКШ	ДРТ400	1	500	220		
Рухомі: УО-4	ДРТ400	4	2400	380/220	Приводна станція 516×500×240	31,5
					Шафа керування 540×430×160 Випромінювачі 714×448×165	33,0 400
УОК-1	ДРТ400	2	1400	380/220	1290×830×2163	140

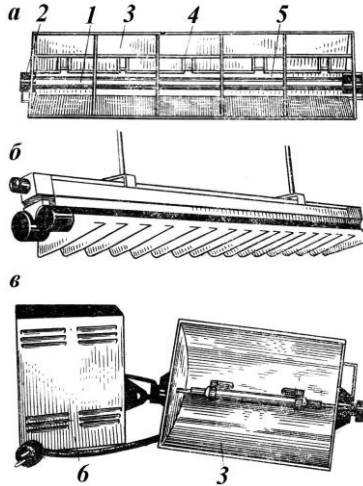
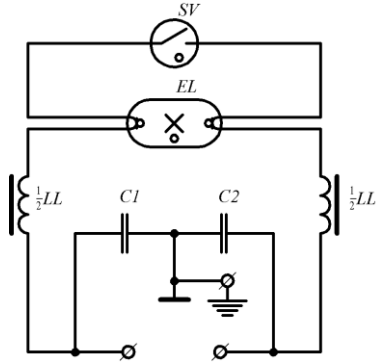


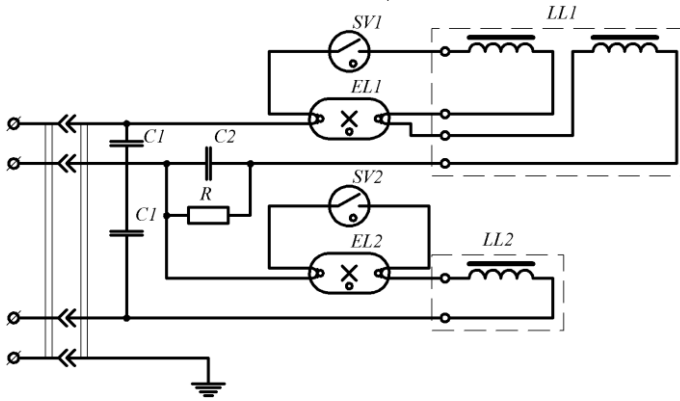
Рисунок 2.25 - Загальний вигляд ультрафіолетових опромінювальних установок: ЭО1-30М (а), ОЭСП02-2×40/П5'Х-01 (б) і ОРК (в);  
 1 - вітальна лампа; 2 - лампотримач; 3 - відбивач; 4 - захисна сітка;  
 5 - пуско-регулююча апаратура; 6-пуско-регулюючий пристрій

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. 2.25 а.

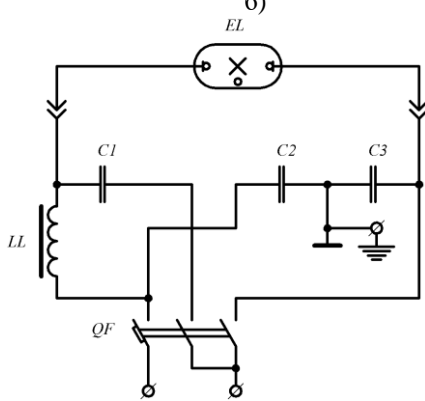
**Світильник-опромінювач ОЭСП02-2×40/П5'Х-01** (рис.2.25, б) призначений для одночасного загального освітлення тваринницьких приміщень та опромінення сільськогосподарських тварин і птиці. Він розрахований на роботу з однією рефлекторною освітлювальною та однією рефлекторною вітальною лампами потужністю 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. 2.25, б.



a)

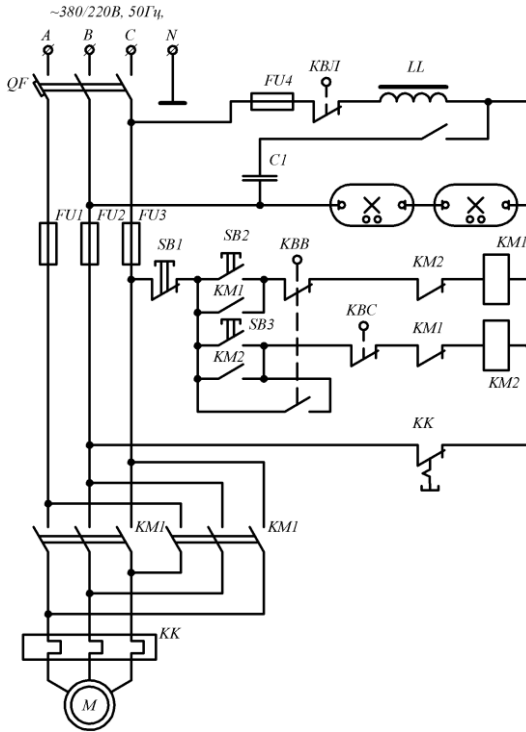


б)



B)





г)

Рисунок 2.26 – 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 бризказащищеного 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-вологозахисному 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. 2.26, в).

У живильному пускорегулюючому пристрої змонтовані дросель, пусковий конденсатор КБГ-МН-400В ємністю 2 мкФ, два конденсатори КБГ-М<sub>1</sub>-600В ємністю по 0,03 мкФ і автоматичний вимикач. Схема включення опромінювача ртутно-кварцового типу ОРК-2 представлена на рис. 2.26 в.

Призначення, будова, електрична схема і деякі технічні характеристики опромінювача ОРКШ аналогічні випромінювачу ОРК-2.

На рис. 2.27 представлено загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6.

Основні відмінності в тому, що випромінювач ОРКШ переміщається на коліщатках, відбивач з лампою ДРТ400 закріплюється на штативі-стійці, а стійка кріпиться в корпусі, усередині якого розміщується пускова регулююча апаратура.

**Електрична механізована підвісна опромінювальна установка УО-4** призначена для ультрафіолетового опромінення сільськогосподарських тварин і птиці в стаціонарних умовах при утриманні в клітках або станках.

Установка складається з 4-х рефлекторних опромінювачів з лампами ДРТ400, шафи управління, привідної станції і несучої конструкції (рис. 2.28). Несучу конструкцію виконують зі сталеві оцинкованої проволочи, яку закріплюють вздовж приміщення за допомогою натяжних болтів, закладених в торцевих стінах. Опромінювачі в приміщенні здійснюють зворотньо-поступальний рух за допомогою троса діаметром 3,1 мм, закріпленого на натяжних роликах, і який приводиться в рух від 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.

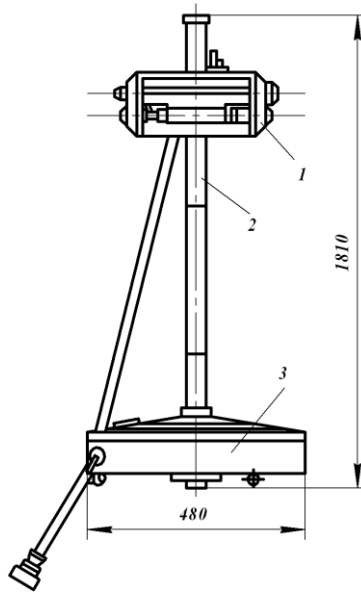


Рисунок 2.27 - Загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6: 1 - відбивач з лампою ДРТ-400; 2 - стійка; 3 - живлюча пускова регулююча апаратура

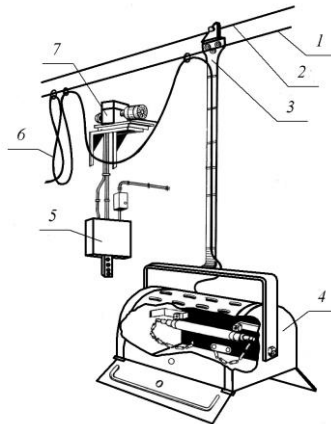


Рисунок 2.28 – Опромінювальна установка УО-4: 1 – несучий дріт; 2 – ведучий трос; 3 – роликівна каретка; 4 – опромінювач з лампою ДРТ400; 5 – шафа керування; 6 – кабель живлення опромінювачів; 7 – приводна станція

Кожний опромінювач може переміщатися зі швидкістю 0,3 м/хв. на відстані 35-42м. 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. 2.29). Для полегшення запалювання ламп передбачено додаткові кнопки і пусковий конденсатор.

Для ультрафіолетового опромінення курей і курчат при утриманні в багаторушних 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 зворотню 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.

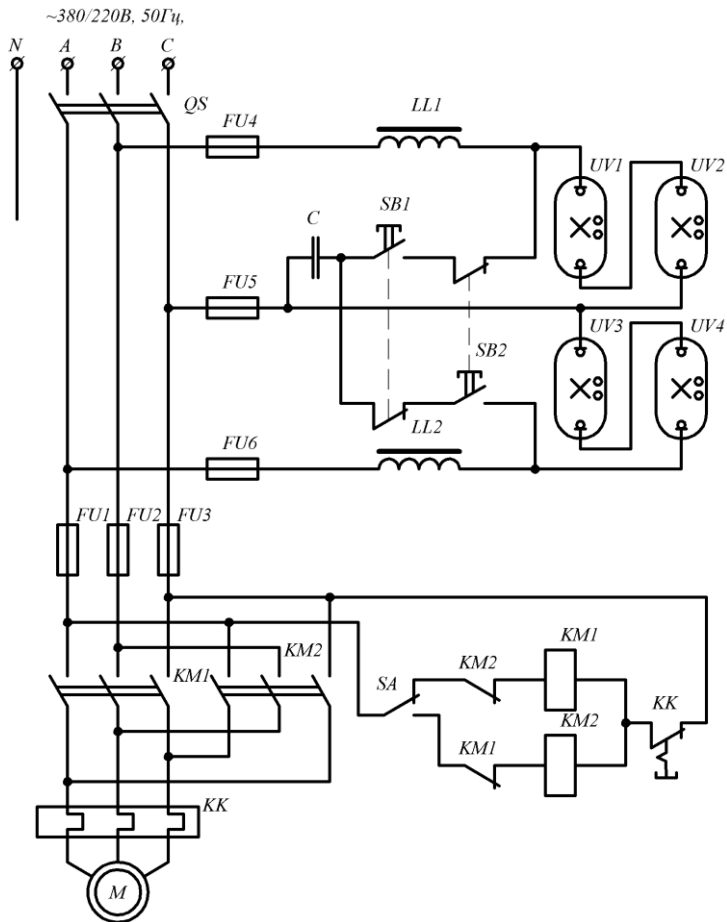


Рисунок 2.29 – Принципова електрична схема управління установкою ультрафіолетового опромінення УО-4

Відомі спроби вдосконалення самохідної опромінювальної установки УОК-1. Наприклад, в модернізованому варіанті установки УОК-1 передбачено зворотно-поступальний рух ламп вгору-вниз зі швидкістю  $1,6 \text{ м/хв.}$ , для чого використано електродвигун потужністю  $0,12 \text{ кВт}$ . 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.

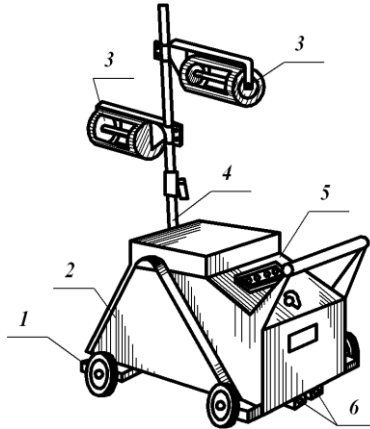


Рисунок 2.30 – Установка для опромінення птиці УОК-1: 1 – самохідне шасі; 2 – привод від електродвигуна до ведучих коліс і пристрою укладки кабелю; 3 – опромінювачі з лампами ДРТ400; 4 – штанга; 5 – панель управління; 6 – кінцеві вимикачі

Схема електрична принципова установки УОК-1 представлена на рис. 2.26 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 ОЭСР02-2×40, КСО-2, КСО-3, ОЭРБА3×30 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 ОЭСР02-2×40 і ЭО1-30М відповідно.

### 2.3.3 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 отримає необхідну добову дозу  $H_{\Sigma}$  (табл. 2.17).

Таблиця 2.17 – Рекомендуючі дози опромінення тварин

Вид та вікова група тварин	Допустима опроміненість, $мер/м^2$	Допустима нерівномірність	Доза опромінення за добу, $мер \cdot год/м^2$
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  $K_{\phi}$ , 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 ЛЕ в стандартній арматурі дорівнює 1,4. При цьому коефіцієнт нерівномірності опромінення не перевищує 1,15-1,25, а розміщення опромінювачів над поверхнею можна визначити за формулами (2.23-2.29).

Основна розрахункова формула методу використання ефективного потоку наступна:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_B \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\Omega} \cdot K_{\phi}}{K_3 \cdot S}, \quad (2.23)$$

де  $E_{cp}$  – середня вітаопроміненість об'єкту,  $мвт \cdot м^{-2}$ ;

$\Phi_B$  – вітальний потік випромінювання в ефективних одиницях,  $вт$ .;

$N_{\Sigma}$  – сумарна кількість джерел в установці ультрафіолетового опромінення,  $шт$ .;



$\eta_0$  – коефіцієнт використання ефективного потоку;  
 $K_\phi$  – коефіцієнт форми тварин, який дорівнює 0,5 – 0,64;  
 $K_3$  – коефіцієнт запасу, який дорівнює 1,5 – 2,0;  
 $S$  - площа опромінювальної поверхні,  $m^2$ .

Коефіцієнт використання ефективного потоку визначається за табл. 2.18 з урахуванням індексу установки, який розраховують за формулою:

$$i = \frac{S}{H_p (a + b)}, \quad (2.24)$$

де  $a, b$  – розміри опромінювальної поверхні,  $m$ ;  
 $H_p$  – розрахункова висота підвісу випромінювача,  $m$ .

Висота підвісу випромінювачів над опромінювальною поверхнею  $H_p$  повинна задовольняти вимогу:

$$E_{cp} \cdot K_3 \cdot z \leq E_{доп}. \quad (2.25)$$

де  $E_{доп}$ . – допустима вітаопроміненість, яка залежить від виду і віку тварин і птиці (табл.2.18).

При виконанні вказаної вимоги виключаються місцеві опіки ультрафіолетовими променями поверхні тіла тварини.

Таблиця 2.18 – 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  $H_{\Sigma}$  і середньої віта – опроміненості поверхні  $E_{CP}$  тривалість опромінення визначається за наступною формулою:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{CP}}, \quad (2.26)$$

де  $H_{\Sigma}$  – рекомендована добова вітальна експозиція опромінення,  $мвіт \cdot м^2$  (табл.2.28).

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. 2.31), висоти підвісу джерела і нормованою вітальною експозицією опромінення  $H_{\Sigma}$  тобто:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_v K_a}, \quad (2.27)$$

де  $K_a$  - коефіцієнт, що враховує вплив арматури на перерозподіл променистого потоку в необхідному напрямку,  $K_a = 1, 2 \dots 1,4$ .

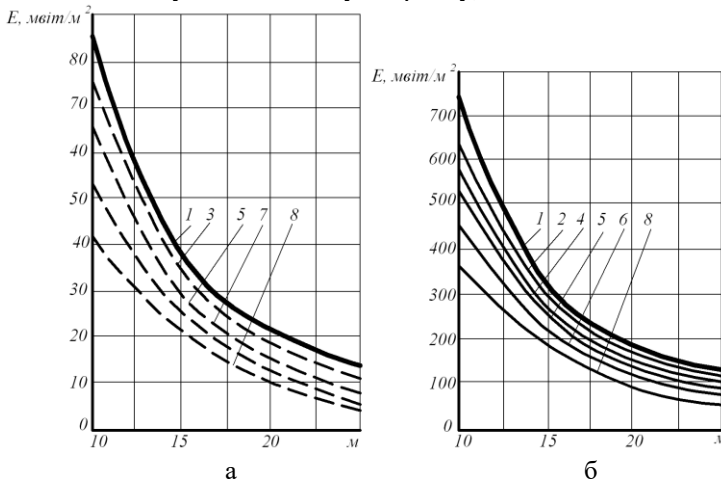


Рисунок 2.31 - Залежність вітальної опроміненості, створюваної лампою ЛЭ30-1 (а) і ДРТ400 (б), від відстані до опромінювальної поверхні та тривалості горіння ламп: 1 - нова лампа; 2 - після 100 год. експлуатації; 3 - після 150 год.; 4 - після 200 год.; 5 - після 300 год.; 6 - після 500 год.; 7 - після 600 год.; 8 - після 1000 год. експлуатації

Цей метод простий, але придатний для наближеного розрахунку віта-опроміненості від одиничного опромінювача, коли поруч знаходяться опромінювачі які не створюють сумарний променевий потік, спрямований на опромінювану поверхню.

При відомій кривій розподілу сили вітального випромінювання опромінювача для розрахунку стаціонарних опромінювальних установок може бути застосований точковий метод. При цьому в якості розрахункової точки приймається контрольна точка з найкращими умовами опромінення, що дозволяє уникнути переопромінення тіла тварини чи птиці.

За точковим методом розрахунку значення вітаопроміненості в точці на розрахунковій поверхні, створюваної спільною дією кількох найближчих опромінювачів, визначається за формулою:

$$E_{\alpha} = \frac{\mu K_{\phi}}{H^2 p K_3} \sum_{i=1}^{N_s} I_{\alpha_i} \cos^2 \alpha_i, \quad (2.28)$$

де  $I_{\alpha_i}$  - сила вітального випромінювання опромінювача під кутом  $\alpha_i$  до вертикальної осі симетрії випромінювача,  $\text{мВит} \cdot \text{ср}^{-1}$ ;

$\mu$  - коефіцієнт додаткової опроміненості, створюваної неврахованими опромінювачами (приймається рівним 1,1 ... 1,3).

Сила вітального випромінювання  $I_{\alpha_i}$  в напрямку кута  $\alpha_i$ , визначається по кривій просторового розподілу сили вітального випромінювання (рис. 2.32).

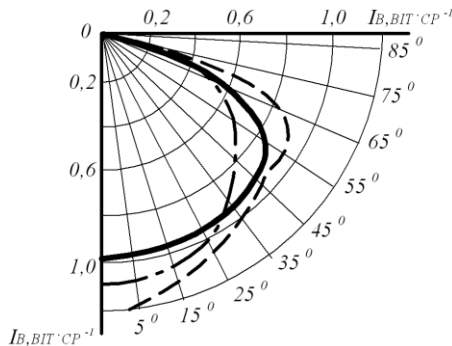


Рисунок 2.32 - Криві просторового розподілу сили вітального випромінювання опромінювальних установок УО-4М (—), ОРК-2 (---) і крива  $I_{\alpha} = I_n \cos \alpha$  (-·-·-)

## Розрахунок рухомих установок ультрафіолетового опромінення

Розрахунок 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:

$$E_{ai} = \frac{K_\phi I_{ai} \cos^2 \alpha_i}{K_3 H_p^2}. \quad (2.29)$$

Як бачимо, при визначенні миттєвого значення вітальної опроміненості змінними є значення сили вітального випромінювання випромінювача під кутом  $\alpha_i$ , до вертикальної осі симетрії опромінювача  $I_{ai}$  і квадрата косинуса кута  $\alpha_i$ . Якщо тепер криву розподілу вітального потоку опромінювача з певним припущенням приймемо за косинусну, як це виконано для опромінювальної установки УО-4 на рис. 2.33, і апроксимуємо формулою виду:

$$I_\alpha = I_f \cos \alpha, \quad (2.30)$$

то загальна вітальна експозиція опромінення тварин або птиці при одноразовому проході опромінювачів приблизно визначиться за формулою:

$$H_1 = \frac{2K_\phi I_n \sin \alpha_k}{K_3 H_p v}, \quad (2.31)$$

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 (2.31) кут  $\alpha_k$  визначається захисними властивостями арматури опромінювача або відстанню, при якій об'єкт опромінення потрапляє в тінь (рис. 2.33). Якщо об'єкт не затінюється різного роду стінками і захисний кут арматури опромінювача невеликий, то

$$\sin \alpha_k = \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + 4H_p^2}}, \quad (2.32)$$

а

$$H_1 = \frac{2K_\phi I_n}{K_s H_p v} \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + 4H_p^2}}, \quad (2.33)$$

де  $L'$  - довжина повного проходу опромінювачів, м.

Знаючи нормовану добову вітальну експозицію опромінення тварини чи птиці  $H_\Sigma$ , зможемо визначити розрахункову кількість проходів опромінювача:

$$m = \frac{H_\Sigma}{H_1}, \quad (2.34)$$

або розрахункову тривалість роботи опромінювачів:

$$t = m \frac{L'}{v}, \quad (2.35)$$

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.

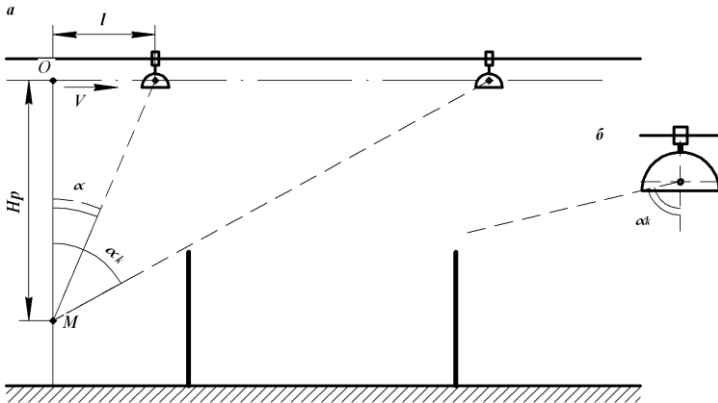


Рисунок 2.33 – До визначення  $\alpha_k$  за умови затінення об'єкта опромінення стінкою станка (а) або арматурою опромінювача (б)

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 наведеними формулами розрахункову висоту підвісу опромінювачів визначимо як:

$$H_p = \frac{2K_\phi m I_n \sin \alpha_k}{K_s H_\Sigma v} \quad (2.36)$$

Орієнтовні значення часу роботи і висоти підвісу опромінювачів для необхідного виду і віку тварини і птиці можна визначити також скориставшись рекомендаціями табл. 2.19

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 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 багатофакторний 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.

Таблиця 2.19 – Орієнтовні значення тривалості роботи і висоти підвісу ультрафіолетових опромінювачів і установок

Опромінюючі установки		Телята до 6 міс.	Телята старші 6 міс.	Телляці та нетеллі	Корови та бики	Поросята-сисунки	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
ОЗ-1-30М, 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 2.19

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	-

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 %.

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:

$$t_n = \frac{t}{K_3}, \quad (2.37)$$

$$m_n = \frac{m}{K_3}. \quad (2.38)$$

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 молодяку, повільно адаптується до ультрафіолетового випромінювання.

### **2.3.4 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 незаражена.

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 *Вт·год·м<sup>-3</sup>*, з відкритих джерел після освітлення фільтрами - 30 *Вт·год·м<sup>-3</sup>*. 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 (рис. 2.34). 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.

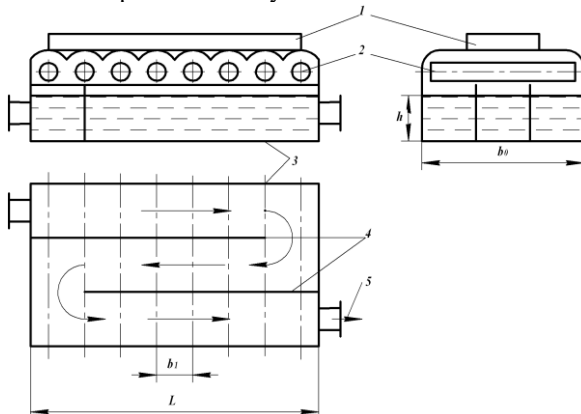


Рисунок 3.1.4 – Ескіз установки для знезараження води з незануреними джерелами бактерицидного випромінювання: 1 – пускова регулююча апаратура ламп; 2 – бактерицидні лампи; 3 – корпус установки; 4 – перегородки; 5 – напрямлення руху води

Подібні установки мають невелику потужність, розраховані на малі витрати води та призначені для роботи без водяного напору.

Більшого поширення набули установки з зануреними джерелами випромінювання. У них незаражена 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. 2.35.

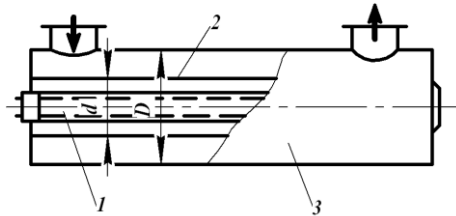


Рисунок 2.35 – Установка проточного зануреного бактерицидного випромінювача (секції ОП-1П): 1 – лампа типу ДБ; 2 – кварцовий чохол; 3 – корпус випромінювача

**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 РІЕСГє (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 ЦНІПТІМЕЖ Південної зони 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 знезаражування 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 розмішувати 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  $50 \text{ м}^3$  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 знезаражування 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 іонний склад повітря, знизилася концентрація вмісту сірководню та вуглекислого газу, здійснила дезодоруючу дію за рахунок окислення озonom газових 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 знезаражування повітря в приміщеннях, де зберігаються швидкопсууючі продукти. Питома потужність установки повинна становити не менше  $0,6 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-3}$ , тривалість опромінення - більше 9 год. При УФ опроміненні в камерах холодильників, рефрижераторах і у продуктових камерах кораблів температура зберігання може бути підвищена на  $4-5^\circ$  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 застосуванням джерелом випромінювання і характеристиками опромінювальної поверхні. Відомі установки для обробки транспортних молочних ємностей 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 знищує 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. 2.36). Зерно з бункера 2 переміщається 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/год.

**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.

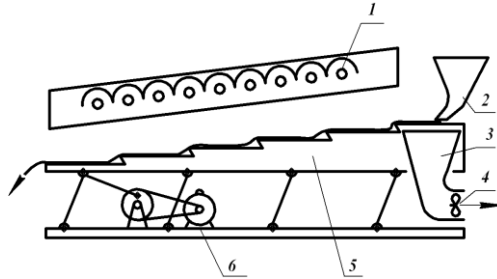


Рисунок 2.36 – Схема установки ОУЗ-2 для передпосівної обробки зерна УФ опроміненням: 1 – лампа ДРТ1000 в кожусі – відбивачі; 2 – бункер подачі зерна; 3 – повітряпровід пиловідсмоктувач; 4 – вентилятор; 5 – вібруючий лоток; 6 - електродвигун

Ультрафіолетове випромінювання в нічний час привертає комах до пасток, де вони знищуються. Залучені комахи 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 показано на рис. 2.37.

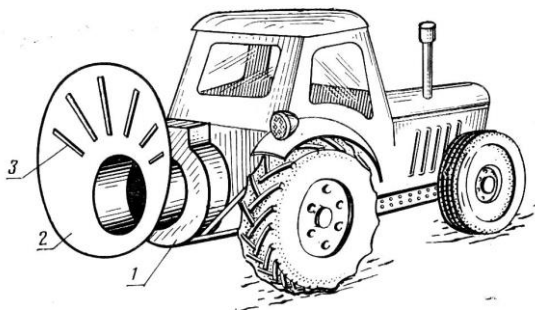


Рисунок 2.37 - Мобільний агрегат для боротьби з комахами-шкідниками: 1 - вентилятор для знищення комах; 2 - дифузор вентилятора; 3 - еритемні люмінесцентні лампи ЛЭ15

Мобільний агрегат являє собою трактор з навішеним на нього осьовим вентилятором 1, що приводиться в обертання валом відбору потужності трактора. Засмокуючий отвір вентилятора забезпечено дифузором 2 спеціальної форми, який забезпечує захоплення потоком повітря комах. Комахи 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.

### **2.3.5 Установки інфрачервоного опромінення**

#### **2.3.5.1 Біологічна дія інфрачервоного опромінення**

Велика частина території України характеризується холодним осінньо-зимовим періодом, який (залежно від зони) триває п'ять - вісім місяців і вважається найбільш важким для утримання сільськогосподарських тварин. Особливо необхідно тепло в цей період молодняку, у якого в перші дні життя механізми терморегуляції недосконалі. Так, у курчат, які тільки що вилупились, температура тіла дає коливання при зміні температури повітря всього на 0,03°C, а при зниженні до 14-15°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. 2.38 показано спектр поглинання ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними тканями людини, а на рис 2.39 спектри поглинання води, тіла чорного і білого теляти.

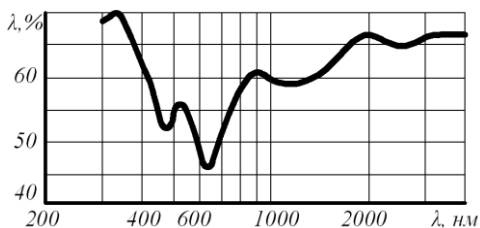


Рисунок 2.38 - Спектр поглинання ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними тканинами людини

Найбільше відображення (біля 30%) спостерігається у видимій, особливо червоній області (400-780 нм). В області ІЧ-А коефіцієнт відображення становить близько 20%, ІЧ-В - 10% і в області ІЧ-С - 5-6%, тобто майже вся довгохвильова частина ІЧ-випромінювання ( 94-95%) проникає в шкіру і підшкірну тканину.

На рис. 2.39 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. 2.40 наведено дані про глибину проникнення монохроматичного випромінювання (у відсотках). Шкіра являє собою комплекс, що складається різних шарів – епідермісу I, мальпігієвого шару II, сполучнотканинної частини III. Потім розміщується підшкірна тканина IV і більш глибоко лежать тканини V. З рис. 2.40 видно, що видиме випромінювання повністю поглинається шкірою, тоді як короткохвильове випромінювання в значній мірі проникає в підшкірну тканину.



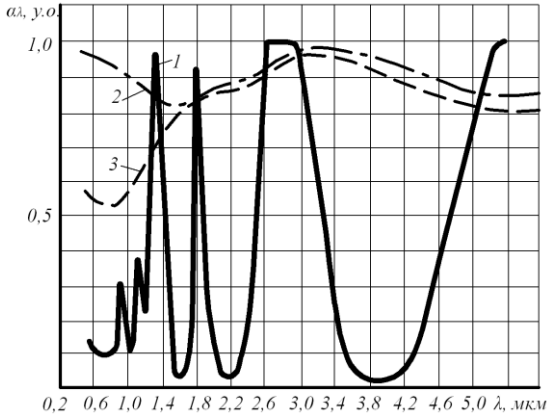


Рисунок 2.39 – Спектр поглинання: 1 – води; 2 – тіла чорного теляти; 3 – тіла білого теляти

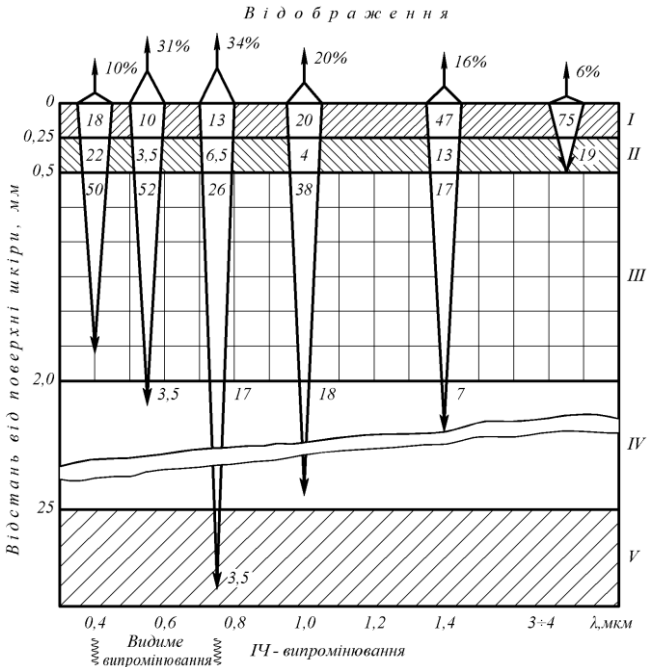


Рисунок 2.40 - Глибина проникнення видимого та інфрачервоного випромінювання в шкіру та підшкірні тканини тварини

Довгохвильове ІЧ-випромінювання (більше 2 *мкм*) зазвичай поглинається поверхневими шарами шкіри (епідермісом). Вважається, що для ІЧ-випромінювання довжиною хвилі більше 5 *мкм* шкіра повністю непрозора.

Поглинена в шкірі енергія ІЧ-випромінювання перетворюється в теплоту, викликаючи нагрівання тканин; посилюється притік крові в підсоскових шарах шкіри, відбувається переповнення кровоносних судин кров'ю, збільшується обмін між кров'ю і тканинами.

Поглинання ІЧ-випромінювання шкірним покривом - складний біологічний процес, в якому бере участь весь організм тварини з його терморегуляторним апаратом. Проникаючи в шкіру та підшкірні тканини, воно викликає загальну реакцію організму, яка виникає рефлекторно. Інфрачервоне випромінювання діє через шкіру на нервову систему, а через неї і на внутрішні органи. Слід зауважити, що опромінення прискорює видалення токсинів, і шкіра, наче справжня ендокринна залоза, діє краще в цих умовах. Виникнення пігментів, регенерація уражених клітин епідермісу, що виконують функцію самозахисту - всі ці процеси стимулюються ІЧ-опроміненням.

Внаслідок неоднакової глибини проникнення механізм дії довгохвильового (з довжиною хвилі більше 1500 *нм*) і короткохвильового (750-1500 *нм*) випромінювання різний. Довгохвильове ІЧ-випромінювання поглинається поверхневими шарами шкіри і викликає їх нагрівання. У підшкірному шарі розташовані вільні «нервові закінчення», які передають відчуття теплоти як сигнал роздратування в центральну нервову систему. Шкіра при допомозі нервової системи, що перебуває в її тканинах і що викликає відчуття теплоти і нервові рефлекси, при необхідності може використовувати всі ресурси терморегулювання, наявні в розпорядженні організму.

У частині епідермісу, що знаходиться під роговим шаром, закінчуються без м'якотні волокна, які передають відчуття болю. Больові відчуття, що викликається тепловою дією, настає для шкіри людини приблизно при 43,5°C. Отже, допустима опроміненість обмежується цим критерієм.

Короткохвильове випромінювання проникає крізь область, в якій виникає больове відчуття, в більш глибокі шари тканин; енергія випромінювання вже достатня, щоб викликати хімічну дію. Поряд з тепловими рецепторами в цьому випадку ІЧ-випромінювання діє на закінчення вегетативних нервових сплетінь, а також на кровоносні судини. Досягаючи глибоко лежачих шарів, 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-опромінення на відміну від інших засобів місцевого обігріву не тільки охороняє тварин від переохолодження, а й викликає посилення біологічних процесів в організмі, сприяє підвищенню ефективного тонуусу і природних захисних сил організму.

Специфічність дії дозволяє також використовувати ІЧ-опромінення в лікувальних цілях. В основі терапевтичної дії короткохвильового ІЧ-випромінювання лежить здатність викликати активну гіперемію (теплову еритему), що покращує живлення тканин, прискорює розсмоктування патологічних продуктів. Цим пояснюється широке застосування ІЧ-випромінювання для лікування різних запальних процесів. У хронічних стадіях запалення при дії ІЧ-випромінювання в гіперемізованій області зосереджується велика кількість ферментних елементів крові, що веде до збільшення утворення продуктів окислення та підвищення обміну в тканинах. Завдяки цим же обставинам посилюється живлення пошкоджених тканин, регенерація клітин, в результаті прискорюється загоєння ран, виразок і т. д. Інфрачервоне опромінювання посилює випаровування вологи, цим пояснюється його висихаюча дія, що широко використовується при лікуванні екзем, дерматитів, опіків і т.д.

Під впливом ІЧ-опромінення в організмі тварини відбувається активація кровотворних органів і спостерігається збільшення в крові кількості еритроцитів і лейкоцитів, вмісту гемоглобіну, зміни у вмісті білкових фракцій крові, підвищується рівень імунобіологічної реактивності організму до різноманітних захворювань.

### **2.3.5.2 Опромінювачі та установки для опромінення тварин і птиці, їх основні характеристики**

Для захисту ІЧ-ламп від механічних ушкоджень і крапель води, а також для перерозподілу потоку випромінювання в просторі застосовують спеціальні арматури.

Джерело випромінювання разом з арматурою називається опромінювачем. Опромінювачі з різними ІЧ-лампами широко застосовуються в тваринництві для локального обігріву молодняка сільськогосподарських тварин і птиці. Випромінювач типу ССП01-250 (рис. 2.41) розроблений на базі світильника «Астра-12» і модифікований до лампи типу ИКЗК 220-250.



Рисунок 4.1.4 – Інфрчервоний 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 мм<sup>2</sup>. 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. 2.42, а, б) випускається з лампою типу ИКЗ 220-500 - ОРИ-2 - з лампою типу ПС-70/Е-11010-375. Опромінювач ветеринарний типу ОВИ-1 (рис. 2.43) випускається з лампою типу ИКЗ 220-500-1.

Він складається з двох основних частин - металевого корпусу і захисної сітки. Патрон лампи закритий пластмасовим ковпаком, між ним і металевим корпусом передбачено отвори для охолодження цоколя ламп. Опромінювач має герметичне виконання.

В даний час серійно випускається опромінювач «Латвіко» з лампою типу КИ 220-1000. Корпус випромінювача коробкової форми, виготовлений з оцинкованої жерсті. Всередині корпусу розташована лампа з відбивачем, захищена знизу металевою сіткою. Опромінювач підвісний, кріпиться до натягнутого тросу за допомогою дроту за вушка корпусу.

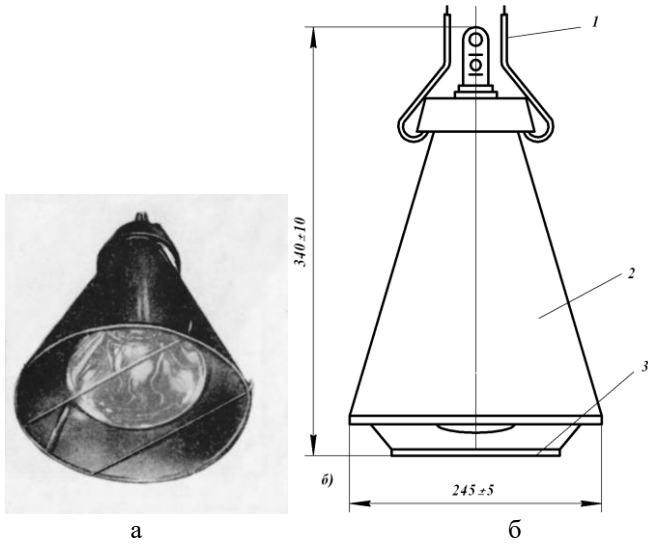


Рисунок 2.42 – Інфрачервоний опромінювач типу ОРИ-1: а) загальний вигляд; б) схема конструкції: 1 – підвіска; 2 – корпус; 3 – сітка

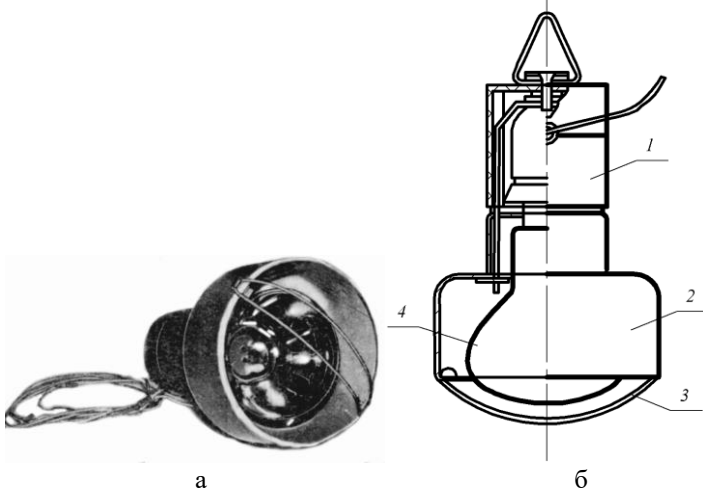


Рисунок 2.43 – Опромінювач ветеринарний типу ОВИ-1: а) загальний вигляд; б) розріз: 1 – корпус; 2 – пластмасовий ковпак; 3 – захисна сітка; 4 – ІЧ-лампа

Розроблено опромінювач типу ОЭИ-500. Зовнішній вигляд аналогічний «Латвіко». Всередині закріплені фарфорових патрона для ламп типу ИКЗК 220-250. Підвішується випромінювач до троса на ланцюгах, це дозволяє змінювати висоту підвісу. Параметри деяких ІЧ-опромінювачів наведено в табл. 2.20.

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 2.20 – 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 порослят, телят, ягнят. Колба лампи матова або рубінова, чи синього кольору.

Для ІЧ-обігріву молодняка 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. 2.44) представляє собою сталевий кожух з закріпленими у верхній його частині трьома ТЕНами.



Рисунок 2.44 – 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. 2.21.

Таблиця 2.21 – 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.2.45 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.2.45 б). Опромінювачі R1-R4 зібрані в схему рівно плечового мосту, в діагональ якого включена сигнальна лампа HL2, яка запалюється при перегоранні одного з ТЕНів.

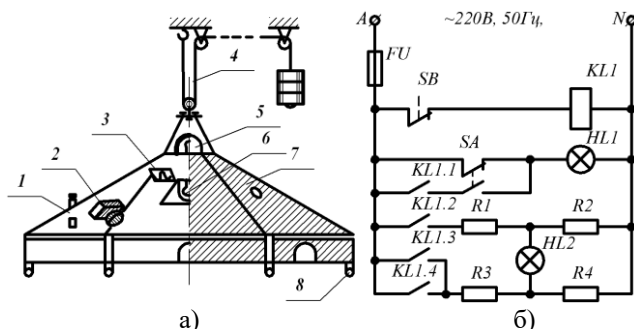


Рисунок 4.1.8 – а) Загальний вигляд брудера БП-1, б) Принципова електрична схема брудера БП-1: 1 – контрольний термометр; 2 – терморегулятор; 3 – ІЧ-опромінювач; 4 – тросова підвіска з противагами; 5 – сигнальна лампа перегорання ТЕНів; 6 – лампа освітлення; 7 – корпус; 8 – упори

Температура під парасолькою брудера підтримується на заданому рівні з точністю до 2-3 °С температурним реле на базі сільфона з легко випарною рідиною. При підвищенні температури рідина в сільфоні випаровується, обсяг сільфона 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.



### 2.3.5.3 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. 2.46 наведена крива  $E(r)$  розподілу опромінюваності на горизонтальній поверхні під опромінювачем.

Нерівномірність ІЧ опромінювання не повинно виходити за межі:

$$Z = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}. \quad (2.39)$$

Така зона обігріву являє собою в плані коло радіусом  $r$ . За його межами опромінюваність нижче допустимої -  $E < E_{\min}$

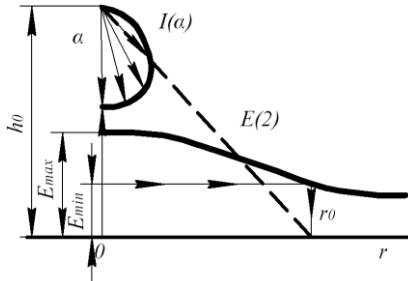


Рисунок 2.46 - Розподіл ІЧ опромінюваності на горизонтальній поверхні під опромінювачем

Щоб виключити непродуктивні витрати енергії, необхідно площу, зони опромінювання прийняти рівною тій площі, яка потрібна виділеному числу тварин при локалізованому обігріві:

$$\pi r_p^2 = n_m S_m, \quad (2.40)$$

де  $r_p$  - розрахунковий радіус зони обігріву з допустимою нерівномірністю опромінення, м;  
 $n_m$  - число тварин або птиці в зоні локалізованого опромінення;  
 $S_m$  - площа, займана однією твариною в зоні обігріву,  $m^2$ .

Радіус зони опромінення з допустимою нерівномірністю прямо пропорційний висоті розташування опромінювача:

$$\frac{r_p}{h_p} = \frac{r_0}{h_0}, \quad (2.41)$$

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 (2.40) і (2.41) розрахункова висота розташування опромінювача:

$$h_p = \frac{h_0}{r_0} \sqrt{\frac{n_m S_m}{\pi}}. \quad (2.42)$$

Опроміненість, що створюється в зоні обігріву, залежить від числа ламп в випромінювачі і підведеної до неї напруги. Вона повинна бути рівною необхідній опроміненості  $E_{mp}$ :

$$E_{mp} = n_l E_{л.р.}, \quad (2.43)$$

де  $n_l$  - число ламп в опромінювачі;  
 $E_{л.р.}$  - опроміненість,  $Bm/m^2$ , що створюється в зоні обігріву однією лампою, при розрахунковій висоті  $h_p$  розташування опромінювача і розрахунковій напрузі  $U_p$  на установці.

Разом з тим при фіксованому положенні опромінювача опроміненість,  $Bm/m^2$ , в зоні обігріву

$$E_{л.р.} = E_{л.н.} \left( \frac{U_p}{U_n} \right)^2, \quad (2.44)$$

де  $E_{л.н.}$  - опроміненість, створювано однією лампою при розрахунковій висоті  $h_p$  і номінальній напрузі живлення,  $Vm/m^2$ ;  
 $U_p$  - напруга, що підводиться,  $B$ .

З урахуванням відношення (2.44) вираз (2.43) прийме вигляд:

$$E_{mp} = n_{л.п.} E_{л.н.} \left( \frac{U_p}{U_n} \right)^2. \quad (2.45)$$

За формулою (2.45) можна визначити необхідну кількість ламп і розрахункову напругу на установці. Розрахункове число  $n_{л.п.}$  ламп знаходять при номінальній напрузі на установці  $U_p=U_n$ :

$$n_{л.п.} = \frac{E_{m.p.}}{E_{л.н.}}. \quad (2.46)$$

Фактично прийняте число ламп в опромінювачі повинно бути цілим і більше розрахункового ( $n_{л} \geq n_{л.п.}$ ).

Розрахункову напругу на опромінювачі визначають за формулою (2.45) з урахуванням відношення (2.44) при прийнятому числі  $n_{л}$  ламп в опромінювачі:

$$U_p = U_n \sqrt{\frac{E_{m.p.}}{E_{л.п.} \cdot n_{л}}} = U_n \sqrt{\frac{n_{л.п.}}{n_{л}}}. \quad (2.47)$$

В якості необхідної опроміненості може бути прийняте будь-яке її значення в межах зони обігріву  $E_{max} \geq E_{тр} \geq E_{min}$ . Однак зручніше скористатися  $E_{min}$  або  $E_{max}$ , значення яких вже відомі. Прийнявши максимальні значення, отримаємо:

$$E_{mp} = K_m (t_{n_{max}} - t_n), \quad (2.48)$$

де  $t_{n_{max}}$  - максимальна рекомендована температура в зоні локалізованого обігріву,  $^{\circ}C$ .

Опроміненість  $E_{л.н.}$  при номінальній напрузі можна визначити, використовуючи відоме співвідношення висоти розташування

опромінювача і опроміненості під ним

$$E_{л.н} = E_{л.п.н} = E_{0\text{ п.н}} \frac{h_0^2}{h_p^2}, \quad (2.48)$$

де  $E_{0\text{ п.н}}$  - 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.

#### **2.3.5.4 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, недосяжне при роздільному ультрафіолетовому опроміненні або інфрачервоному обігріві. Наприклад, при використанні одночасного інфрачервоного нагріву і ультрафіолетового опромінення в телятниках і свинарниках на 15-20 % збільшується приріст маси 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. 2.22).

Таблиця 2.22 – Технічні характеристики установок ІЧ- і УФ-опромінення

Тип установки	Тип джерела	Габарити, мм	Маса, кг
ИКУФ-1	ИКЗК-220-230-250×2, ЛЭ-15×1 (ЛЭО-15)	880×210×270	7,0
ИКУФ-1М	ИКЗК-220-230-250×2, ЛЭ-15×1 (ЛЭО-15)	800×200×300	6,5
«Луч»	ИКЗК-220-230-250×2, ЛЭ-15×1 (ЛЭО-15)	520×400×250	5,9
«СОЖ»	ИКЗК-220-230-250×2, ДРТ-100, ДРТ-2-100	800×210×240	5,6

Вказані установки призначені для місцевого обігрівання поросят-сосунів до 45-60 - денного віку, телят до 45-120-денного, ягнят до 60-денного, молодняка птиці (курчат, індичат, каченят, гусенят) - до 20-30 - денного віку та їх ультрафіолетового опромінення протягом усього часу утримання. Установки складаються з блоку програмного управління і 20, 40, 60 або 80 опромінювачів. Кожен опромінювач містить дві інфрачервоні лампи ИКЗК 220-250 і одну ультрафіолетову (вітальну ЛЭ15 або вітально-освітлювальну ЛЭО15).

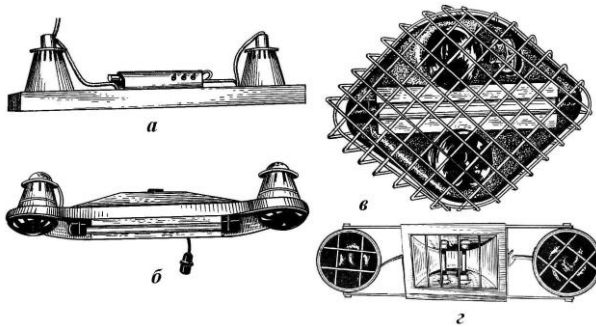


Рисунок 2.47 – Загальний вигляд опромінювачів автоматизованих установок інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення молодняка тварин та птиці: а) ИКУФ-1; б) ИКУФ-1М; в) «Луч»; г) СОЖ-1

Опромінювальні установки ИКУФ-1 і ИКУФ-1М (рис. 2.47 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 (ЛЭО15) з відбивачем. Пускорегулюючий пристрій ультрафіолетової лампи встановлено зверху на опромінювачі та закрито кожухом (рис.2.48). Знизу опромінювач закритий решіткою. За допомогою трипровідного шнура і штепсельного роз'єму він підключається до мережі. Підвішують опромінювачі над зоною відпочинку молодняка на тросі або підвісках із сталевго дроту за спеціальні дужки.

Відмінність опромінювачів установок ИКУФ-1 і ИКУФ-1М в основному в тому, що використання герметичних патронів і тримачів стартера, а також застосування резинових сальникових ущільнень робить конструкцію опромінювачів установки ИКУФ-1М пилевологозахищеною, на них відсутні перемикачі, які призначені для індивідуального управління інфрачервоним обігрівом і ультрафіолетовим опроміненням молодняка.

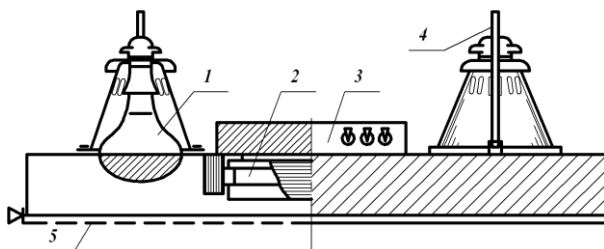


Рисунок 2.48 – Конструкція опромінювальної установки ИКУФ-1:  
 1 – ІЧ-лампа; 2 – вітальна лампа; 3 – кожух ПРА з перемикачами;  
 4 – підвіска; 5 – захисні решітки

Схема управління роботою установки ИКУФ-1 передбачає два режими роботи: автоматичний і ручний. (рис. 2.49). 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. 2.47, в).

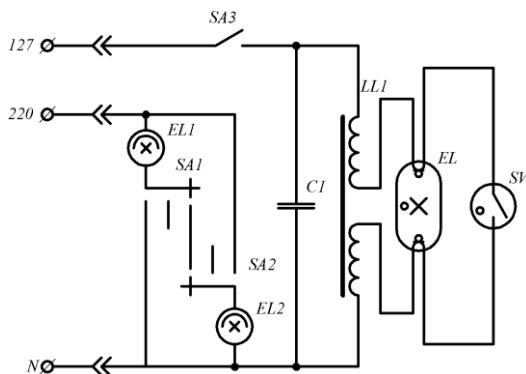


Рисунок 2.49 – Електрична принципова схема випромінювача ИКУФ-1

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.

Конструкція кріплення інфрачервоних ламп дозволяє встановлювати їх під кутом 45, 68 і 90 ° до обігрівальної поверхні, що дає можливість більш ефективно використовувати інфрачервоний потік і більш рівномірно його розподіляти по опромінювальній поверхні (рис. 2.50). 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. 2.51). Для живлення вітальних ламп передбачається спеціальний понижуючий трансформатор 220/127 В, аналогічний, який використовується в установці ИКУФ-1.

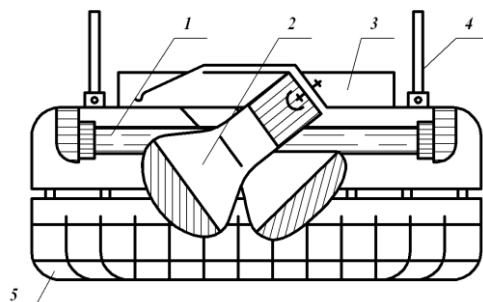


Рисунок 2.50 – Конструкція опромінювача установки «Луч»:  
1 – вітальна лампа; 2 – ІЧ-лампа; 3 – кожух ПРА; 4 – підвіска;  
5 – захисна металева решітка

Подальше вдосконалення установок ИКУФ-1, ИКУФ-1М і «Луч», яке інтенсивно проводиться останнім часом, спрямоване на поліпшення їх експлуатаційних якостей, відпрацювання найбільш доцільних робочих режимів і доопрацювання конструкції опромінювачів - доповнення опромінювачів високовольтними іонізаторами повітря, у тому числі з малопотужними вентиляторами, заміну ламп ЛЭ15 (ЛЭ015) на більш потужні, наприклад ЛЭ30 (ЛЭ030), або лампи типу ДВТ невеликої потужності, наприклад, ДРТ100, ДРТ2-100, ДРТ250 та ін, які живляться

від мережі змінного струму напругою 220 В і випромінюють ультрафіолетові промені всього діапазону (від 200 до 380 нм).

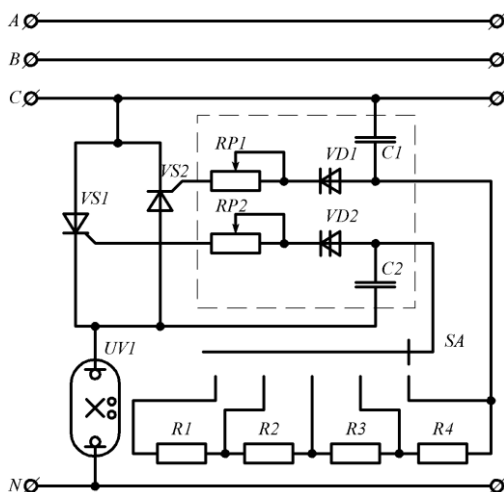


Рисунок 2.51 – Тиристорний регулятор установок «Луч» і «СОЖ» (інші дві фази виконані аналогічно)

Установки інфрачервоного обігріву замість ламп комплектуються більш ефективними термовипромінювачами типу ЭИС-0,25-И1 «Ірис».

На основі нових ультрафіолетових ламп ДРТ100 і ДРТ2-100 в даний час розроблена і освоюється промисловістю установка типу СОЖ-1 (рис 2.47, г), яка призначена, як і установки ИКУФ і «Луч», для локального інфрачервоного обігріву та ультрафіолетового опромінення молодняку сільськогосподарських тварин і птиці. Опромінювач установки СОЖ-1 має дві інфрачервоні лампи типу ИКЗК220-250, розміщені в конічному корпусі, бактерицидну лампу типу ДРТ100 для знезараження повітря та місць утримання молодняку і вітальну лампу типу ДРТ2-100 (рис. 2.47). 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 пускатями 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 пилевологозахисених 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 м<sup>2</sup> площі приміщення та одночасної дезінфекції повітря у пташниках і корівниках, також розроблено комбіновану установку ОЭРБА, що складається з 100 вітально-освітлювальних бактерицидних опромінювачів типу ОЭРБА 3×30 з лампами ЛЭ30-1, ЛБ30 і ДБ30-1, 10 світильників чергового освітлення і шафи керування. В установках ЭРИКО-1 і ОЭРБА лампи ЛЭ30-1 і ЛБ30 можна замінити вітально-освітлювальними лампами змішаного випромінювання типу ЛЭО30.

При експлуатації установок ультрафіолетового опромінення та інфрачервоного обігріву висота підвісу випромінювачів залежить від виду та віку тварин і птиці, а також температури повітря в приміщенні. Наприклад, при обігріві поросят установками ИКУФ-1 і ИКУФ-1М в приміщеннях за наявності системи загального обігріву один опромінювач, як правило, розміщують над двома суміжними станками, а за відсутності системи - по одному опромінювачу на кожен станок. Висота підвісу опромінювачів над підлогою при обігріві поросят у віці 1-20 діб і температурі повітря в приміщенні 12-14°C становить 0,5-0,6 м, при 16-18°C - 0,6-0,7 м, а при 20°C - 0,7-0,8 м; у віці 20-25 діб і температурі повітря в приміщенні 8-10°C - 0,7 м, 12-14°C - 0,8 м; 16-18°C - 0,9 м, 20°C - 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 м<sup>2</sup> 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 днів 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 днів і температурі повітря в приміщенні 5-6°C - 1,4 м, 7-8°C - 1,5 м, 9-10°C - 1,6 м, 11-13°C - 1,7 м. У перші два-три дні життя, коли телята більше лежать, висота підвісу випромінювачів повинна бути зменшена на 0,4-0,5 м.

У кошарах приміщення для проведення ягніння обладнують опромінювачами з розрахунку 25 Вт встановленої потужності на одну матку з приплодом, а при штучному вирощуванні ягнят - з розрахунку 250 Вт на 10 ягнят. Ягнят обігрівають до 15-20 - денного віку, а при температурі в кошарі нижче + 10°C - до 45-60 - денного віку. Перші три-чотири дні ягнят обігрівають в режимі 3 год. обігрів, 45 хв. пауза. Паузи доцільно поєднувати з часом годування. У наступні дні - 1 год. обігріву і 30 хв. пауза. Висота підвісу опромінювачів над підлогою при обігріві ягнят у віці 1-20 днів 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 днів 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 днів 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  $90^\circ$ , 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:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{cp}}, \quad (2.49)$$

де  $H_{\Sigma}$  – рекомендована добова вітальна експозиція опромінення,  $мвіт \cdot год \cdot м^{-2}$ ;

$E_{cp}$  – середня віта опроміненість об'єкту,  $мвіт \cdot м^{-2}$ .

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{\epsilon} K_a}, \quad (2.50)$$

де  $K_a = 1,2 \dots 1,4$  – коефіцієнт, який враховує вплив арматури на перерозподіл променевого потоку в необхідному напрямі.

При використанні ламп ЛЭО15 значення максимальної вітальної опроміненості слід зменшити в 3 рази. Для поросят-сосунів добовий тривалість опромінення при висоті підвісу опромінювачів 0,6 м складає 80 хв., 0,7 м - 100 хв., 0,8 м - 120 хв., для поросят, відповідно, 120, 150 і 180 хв. При ультрафіолетовому опроміненні телят і висоті підвісу опромінювачів установок ИКУФ-1, ИКУФ-1М і «Луч» 1,2 м над підлогою тривалість опромінення становить 2 год., 1,2 м - 4 год., 1,4 м - 5 год. і 1,5 м - 6 год. на добу. При лампах ЛЭО15 вказану добову тривалість ультрафіолетового опромінення необхідно збільшити в 3 рази.

Слід пам'ятати, що тварин та птицю до ультрафіолетового опромінення треба привчати поступово. Наприклад, при опроміненні поросят лампи ЛЭ15 в перший день включають на 20 хв., в другий - на 40 хв., в третій - на 60 хв., а з 3-го до 45-го дня - поступово доводять до норми (3 рази по 40 хв. щодня у денний час).

### **2.3.5.5 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-последовно 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<sup>-1</sup>.

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.

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 м·с<sup>-1</sup>. 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°C протягом 8-10 діб. Дослідники (В. Г. Гізатулін, А. Е. Мянд 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 розміщувати 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.