



Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук  
Б.М. Ковалишин

# **ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ**

Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук, Б.М. Ковалишин

# ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ



Методичні вказівки  
з проектування

Київ  
НУБПУ  
2014

УДК 63:535.21

Наведено основні положення і методика з підготовки, виконання та оформлення курсової роботи із дисципліни “Електротехнології та електроосвітлення”, частина 1. “Електричне освітлення та опромінення”. “Електротехнології в АПК”.

Рекомендовано Вченою радою ННІ енергетики і автоматики Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Укладачі: Л.С.Червінський, Л.О. Сторожук,  
Б.М.Ковалишин

Рецензенти: В.В. Василенко, І.П. Радько

*Навчальне видання*

Методичні вказівки до виконання курсової роботи

Укладачі: Червінський Леонід Степанович,  
Сторожук Людмила Олександрівна,  
Ковалишин Богдан Михайлович

Зав. Видавничим центром НУБіП України А.П.Колесніков  
Редактор З.І. Маренець

Підписано до друку	Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк._____.	Обл.-вид. арк._____.
Наклад 50 пр..	Зам. №

Видавничий центр НУБіП України.  
252041 Київ, вул. Героїв Оборони, 15.

## ВСТУП

Електричне освітлення та опромінення на сучасному етапі має надзвичайне значення в людській діяльності.

Для забезпечення потреб народного господарства наша промисловість випускає понад 2,5 млрд шт. ламп у широкому асортименті і різного призначення. Останнім часом розвивається ринок іноземних джерел оптичного випромінювання і світильників всесвітньовідомих фірм. На потреби освітлення в сільському господарстві витрачається понад 15% від усієї використовуваної електроенергії.

Якість освітлення, економія електричної енергії, матеріальних і трудових ресурсів знаходяться в прямій залежності від рівня інженерних рішень, які ми приймаємо, насамперед на стадії проектування освітлювальних та опромінювальних установок.

Правильно виконане електричне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню собівартості продукції, зменшенню травматизму, а також створює комфорт на виробництві та сприятливі умови для відпочинку.

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

Проектування освітлювальних і опромінювальних установок потребує творчого підходу з використанням інженерних рішень.

Курсова робота з електричного освітлення та опромінювання є першим кроком у вивченні техніки проектування освітлювальних та опромінювальних установок у сільськогосподарських приміщеннях на підставі набутих теоретичних знань та вивчення біологічної дії оптичного випромінювання і впровадження опромінювальних установок у сільське господарство. У подальшому закріплення практичних навиків проектування освітлювальних та опромінювальних установок буде здійснюватися на стадії дипломного проектування.

## ВИХІДНІ ДАНІ

Курсова робота з електричного освітлення та опромінення передбачає світлотехнічні та електротехнічні розрахунки освітлювального обладнання одного із сільськогосподарських приміщень (кормоцеху, корівника, свинарника, пташника і т.д.) та вибір і розрахунок опромінювальної установки відповідної біологічної дії.

Вихідними для виконання курсової роботи є сучасні довідникові і нормативні дані.

Для виконання курсової роботи видається завдання кафедри.

*Бланк-завдання кафедри* має перелік питань, які потрібно вирішити, вони являють собою вимоги до виконання роботи та визначають порядок і термін її виконання.

*Бланк-завдання* розміщується на першій сторінці розрахунково-пояснювальної записки, здійснення будь-яких змін виконавцем у завданні кафедри не допускається.

Курсова робота складається з рукописного тексту розрахунково-пояснювальної записки, об'ємом близько 20 – 30 сторінок, та робочого креслення – одного графічного листа формату А2.

Розрахунково-пояснювальна записка складається із загальної частини (де подається стисла характеристика об'єкта), світлотехнічної та електричної частин, а також розділу в якому вирішуються питання техніки безпеки, екології при експлуатації освітлювального і опромінювального обладнання. У кінці записки розміщується світлотехнічна відомість і специфікація на використані світлотехнічні вироби та матеріали.

У розрахунково-пояснювальній записці подається пояснення всіх світлотехнічних та електричних параметрів вибраного освітлювального і опромінювального обладнання. Розрахункові формули наводяться спочатку в узагальненому вигляді і по одному прикладу виконуваних розрахунків у числових значеннях з обов'язковим наведенням вісх вихідних та одержаних величин. Наприклад, при розрахунку освітлення декількох приміщень одним із необхідних методів у розрахунково-пояснювальній записці наводиться повний розрахунок у цифрах одного з приміщень, а для інших наводяться лише кінцеві результати, які заносяться до світлотехнічної відомості.

## ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

У загальній частині наводяться вихідні дані для розробки курсової роботи, які у подальшому враховуються у відповідних інженерних рішеннях і використовуються в розрахунках. Наводиться стисла характеристика об'єкта: розміри приміщень, матеріал будівлі, стан відбиваючих поверхонь (коефіцієнти відбиття стель та стін), умови навколишнього середовища у приміщеннях, особливості технологічного процесу або характеру виконуваних робіт, умови розміщення тварин або птиці.

Розрахунок освітлювального обладнання починають з уважного ознайомлення з одержаним завданням та з вивчення об'єкта з натури або по кресленнях (плани, розрізи). Цілеспрямовано підготовлюють форму світлотехнічної відомості і заповнюють її не по закінченню роботи, а поступово, виходячи з вирішення питань загальної та світлотехнічної частини роботи.

У відповідному масштабі (1:50; 1:100; 1:200) креслять план будівлі, який зручно використовувати протягом роботи як чернетки.

При розрахунках освітлювального і опромінювального обладнання в курсових та дипломних роботах у загальній частині додатково наводять відомості про мережу живлення і загальні дані (встановлена потужність, загальна кількість світильників, опромінювачів, режим опромінювання та ін.).

## СВІТЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

Світлотехнічна частина складається із двох взаємозв'язаних частин:

- вибору і розрахунку освітлювального обладнання і мереж у всіх приміщеннях,
- вибору і розрахунку технологічної опромінювальної установки.

### **Вибір і розрахунок освітлювальних установок**

#### ВИБІР СИСТЕМИ І ВИДУ ОСВІТЛЕННЯ

В освітлювальних установках виробничих приміщень використовують дві системи освітлення: систему загального освітлення з рівномірним і локалізованим розміщенням світильників та систему комбінованого освітлення, яка об'єднує загальне і місцеве освітлення. Місьцеве освітлення самостійно не використовується.

У тваринницьких і птахівничих приміщеннях при відсутності затінення робочих місць передбачається система загального рівномірного освітлення, при якій однотипні світильники з лампами однакової потужності рівномірно розміщуються над освітлювальною площею приміщення

на однаковій висоті. У випадку затінення робочих місць використовується система комбінованого освітлення.

До видів освітлення належать робоче, аварійне, чергове і технологічне.

У сільськогосподарських приміщеннях передбачається *робоче* та *чергове* освітлення.

*Робоче* освітлення призначене для забезпечення достатнього рівня освітленості під час виконання технологічного процесу згідно з нормами.

*Чергове* освітлення використовується для догляду за тваринами і птицею у нічний час. Для цього 10 % світильників (у родильному відділенні 15 %) виділяють із загального числа світильників в окрему групу при рівномірному розміщенні над основними технологічними проходами. Світильники чергового освітлення і освітлення входів до приміщення слід об'єднувати в окрему групу електричної мережі з метою централізованого управління.

## ВИБІР ДЖЕРЕЛА СВІТЛА

В основних виробничих приміщеннях, призначених для утримання сільськогосподарських тварин і птиці при системі загального рівномірного освітлення рекомендуються газорозрядні лампи; для підсобних приміщень, а також вівчарень – лампи розжарювання і світлодіодні світильники. Лампи розжарювання і світлодіодні світильники допускається також використовувати і у приміщеннях основного виробничого призначення.

З газорозрядних ламп нині набули широкого розповсюдження люмінесцентні лампи низького тиску типу ЛБ, ЛБР та інші енергоефективні газорозрядні лампи, що мають переваги перед лампами розжарювання: висока світловіддача, великий термін служби і різноманітний спектральний склад випромінювання. Проте, відносно ламп розжарювання вони мають і свої недоліки: відмінний від суцільного (сонячного) спектр випромінювання, більша собівартість, наявність ПРА, залежність роботи лампи від якості напруги живлення, температури і вологості у приміщенні, можливість виникнення стробоскопічного ефекту.

Світлодіодні світильники споживають електроенергії в 3–4 рази менше, ніж енергозберігаючі люмінесцентні лампи і в 8–10 разів менше, ніж лампи розжарювання. Особливістю світлодіодних джерел світла є практична відсутність у їх спектрі інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання та стробоскопічного ефекту. Основний недолік – неприродний спектральний склад випромінювання.

Зараз налагоджено випуск високоекономічних світлодіодних ламп і світильників, люмінесцентних ламп потужністю 18, 36 і 58 Вт, а також газорозрядних ламп високого тиску типу ДРЛ (50, 80, 125 Вт), металогало-

генних – ДРІ (125, 175 Вт), натрієвих – ДНаТ (70, 100, 150 Вт) та компактних «енергозберігаючих» люмінесцентних ламп. Використання цих ламп для освітлення сільськогосподарських приміщень дає вагомий економічний ефект при їх довгостроковому використанні. Лампи розжарювання випускаються у широкому асортименті, прості за будовою, дешеві та надійні в експлуатації. Недоліки: низька світловіддача та обмежений термін роботи порівняно з газорозрядними лампами та світлодіодами.

При рівнях нормативної освітленості до 50 лк при виборі джерела світла перевагу надають лампам розжарювання і світлодіодним джерелам світла. Джерела світла, як і інші світлотехнічні вироби необхідно вибирати згідно з діючими стандартами на напругу мережі 220 В.

Технічні характеристики ламп наведено нижче в **табл. 1– 8**.

### ВИБІР ОСВІТЛЕНOSTІ І КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ

Величину нормованої освітленості для приміщень сільськогосподарських споруд залежно від типу вибраного джерела світла беруть з “Галузевих норм освітлення сільськогосподарських підприємств, будівель, споруд” (**табл. 9**). При цьому освітленість гнойових проходів тваринницьких приміщень має становити 25 % від нормованої у приміщенні, але не менше 10 лк, освітленість проїздів на території сільськогосподарських підприємств – 5 лк.

Норми освітленості приміщень, на які вказані галузеві норми не розповсюджуються, приймаються з “Будівельних норм і правил ...”.

Зниження світлового потоку освітлювальної установки через забруднення світильника та джерел світла, їх старіння при розрахунках враховують застосовуючи коефіцієнт запасу, який являє собою відношення світлового потоку світильника з новою лампою до світлового потоку того ж світильника у кінці строку служби лампи. Коефіцієнт запасу вибирають залежно від характеристики приміщення та типу джерела світла за галузевими нормами освітлення у спеціальній довідковій літературі.

Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок сільськогосподарських приміщень з лампами розжарювання і світлодіодами приймається рівним 1,15, з газорозрядними лампами – 1,3 (при строках чистки світильників не менше одного разу на місяць).

При великій запиленості приміщення коефіцієнт запасу приймається для ламп розжарювання і світлодіодів – 1,3 ...1,7; для люмінесцентних ламп – 1,4 ... 2.



Таблиця 1. Лампи люмінесцентні низького тиску

Тип лампи	Потуж- ність, Вт	Напру- га на лампи, В	Струм, А	Світло- вий потік, лм	Розміри, мм		
					Діа- метр	Довжина	
						Без штирків	Із штирка- ми
ЛДЦ 15	15	54	0,33	500	27	437,4	451,6
ЛД 15	15	54	0,33	590	27	437,4	451,6
ЛХБ 15	15	54	0,33	675	27	437,4	451,6
ЛТБ 15	15	54	0,33	700	27	437,4	451,6
ЛБ 15	15	54	0,33	760	27	437,4	451,6
TL-D 18	18	-	-	650	26	595	604
ЛДЦ 20	20	57	0,37	820	40	589,8	604,0
ЛД 20	20	57	0,37	920	40	589,8	604,0
ЛХБ 20	20	57	0,37	935	40	589,8	604,0
ЛТБ 20	20	57	0,37	975	40	589,8	604,0
ЛБ 20	20	57	0,37	1180	40	589,8	604,0
ЛДЦ 30	30	104	0,36	1450	27	1199,4	908,8
ЛД 30	30	104	0,36	1640	27	1199,4	908,8
ЛХБ 30	30	104	0,36	1720	27	1199,4	908,8
ЛТБ 30	30	104	0,36	1720	27	1199,4	908,8
ЛБ 30	30	104	0,36	2100	27	1199,4	908,8
TL-D 36	36	-	-	1600	26	1204	1214
ЛДЦ 40	40	103	0,43	2340	40	1500,0	1213,6
ЛД 40	40	103	0,43	3000	40	1500,0	1213,6
ЛХБ 40	40	103	0,43	3000	40	1500,0	1213,6
ЛТБ 40	40	103	0,43	3000	40	1500,0	1213,6
ЛБ 40	40	103	0,43	3050	40	1500,0	1213,6
TL-D 58	58	-	-	1500	26	1504	1514
ЛДЦ 65	65	110	0,67	3570	40	1500,0	1514,2
ЛД 65	65	110	0,67	3820	40	1500,0	1514,2
ЛХБ 65	65	110	0,67	4650	40	1500,0	1514,2
ЛТБ 65	65	110	0,67	3980	40	1500,0	1514,2
ЛБ 65	65	110	0,67	4650	40	1500,0	1514,2
ЛДЦ 80	80	102	0,865	3740	40	1500,0	1514,2
ЛД 80	80	102	0,865	4070	40	1500,0	1514,2
ЛХБ 80	80	102	0,865	4440	40	1500,0	1514,2
ЛТБ 80	80	102	0,865	4440	40	1500,0	1514,2
ЛБ 80	80	102	0,865	5220	40	1500,0	1514,2

Таблиця 2. Лампи розжарювання електричні загального призначення.

Тип лампи за напругою		Потужність, Вт	Світловий потік. Лм	
127 В	220 В		127 В	220 В
1	2	3	4	5
В 125-135-15	В 215-225-15	15	135	105
	В 220-230-15	15		105
	В 230-240-15	15		100
В 125-135-25	В 215-225-25	25	260	220
	В 220-230-25	25		230
	В 230-240-25	25		225
Б 125-135-40	Б 215-225-40	40	425	415
БК 125-135-40	БК 215-225-40	40	520	460
	Б 220-230-40	40		415
	БК 220-240-40	40		460
	Б 230-240-40	40		410
	БК 230-240-40	40		450
Б 125-135-60	Б 215-225-60	60	810	715
БК 125-135-60	БК 215-225-60	60	875	790
	Б 220-230-60	60		715
	БК 220-230-60	60		790
	Б 230-240-60	60		705
	БК 230-240-60	60		775
	Б 235-245-60	60		700
	Б 215-225-75	75		950
	БК 215-225-75	75		1020
	Б 220-230-75	75		950
	Б 230-240-75	75		935
Б 125-135-100	Б 215-225-100	100	1540	1350
БК 125-135-100	БК 215-225-100	100	1630	1450
	Б 220-230-100	100		1350
	БК 220-230-100	100		1450
	Б 230-240-100	100		1335
	БК 230-240-100	100		1430
	Б 235-245-100	100		1330
Г 125-135-150	Б 215-225-150	150	2280	2100
	Г 215-225-150	150		2090
	Г 220-230-150	150		2090
	Г 230-240 -150	150		2065
	Г 235-245-150	150		2060
Г 125-135-200	Б 215-225-200	200	3200	2920
	Г 215-225-200	200		2920

1	2	3	4	5
	Г 220-230-200	200		2920
	Г 230-240-300	200		2890
Г 125-135-300	Г 215-225-300	300	4900	4610
	Г 220-230-300	300		4610
	Г 230-240-300	300		4560
Г 125-135-500	Г 215-225-500	500	8700	8300
	Г 220-230-500	500		8300
	Г 230-240-500	500		8225
	Г 215-225-750	750		13100
	Г 220-230-750	750		13100
Г 125-135-1000	Г 215-225-1000	1000	19100	18600
	Г 220-230-1000	1000		18600
	Г 230-240-1000	1000		18450

Таблиця 3. Енергозберігаючі компактні люмінесцентні лампи

Характеристики	SL E27 Prismatic				SL E27 Comfort				PLE/T E27		
Потужність, Вт	9	13	18	25	9	13	18	25	15	20	23
Діаметр, мм	64	64	64	64	64	64	64	64	-	-	-
Висота, мм	153	163	173	183	153	163	173	183	124	143	158
Світловий потік, лм	400-1200				400-1200				900-1500		

Таблиця 4. Ртутні лампи високого тиску з виправленою світловою характеристикою

Лампи	Світловий потік, лм		Термін придатності, год	
	1 категорії	вищої якості	1 категорії	вищої якості
1	2	3	4	5
ДРЛ80(6)	3200		6000	
ДРЛ80(10)	3200	3400	6000	12000
ДРЛ125(6)	5400		8000	12000
ДРЛ125(10)	6000	6000	8000	12000
ДРЛ250(6)	12000		8000	12000
ДРЛ250(10)	13000	13000	8000	12000
ДРЛ400(6)	23000		12000	15000
ДРЛ400(10)	23000	23000	12000	15000
ДРЛ700(6)	38000		12000	20000
ДРЛ700(10)	39000	40000	12000	20000
ДРЛ1000(6)	55000	57000	12000	18000
ДРЛ1000(10)	55000	58500	12000	18000

Таблиця 5. Ртутні лампи високого тиску HPL-N “PHILIPS”

Тип	HPL-N80W	HPL-N125W	HPL-N250W	HPL-N400W
Потужність, Вт	80	125	250	400
Струм в лампі, А	0,80	1,15	2,13	3,25
Світловий потік, лм	3700	6200	12700	22000
Діаметр, мм	71	76	91	122
Висота, мм	155	177	226	290



Таблиця 6. Металогалогенні дугові лампи високого тиску

Лампи	Напруга мережі, В	Напруга лампи, В	Сила струму, А		Світловий потік, лм	Термін придатності, год.
			робоча	пускова		
ДРИ125	220	110	1,3	2,9	8300	3000
ДРИ175	220	110	1,8	2,9	12000	4000
ДРИ250 5	220	130	2,15	3,6	19000	10000
ДРИ250 6	220	130	2,15	3,6	19000	3000
ДРИ400 5	220	130	3,3	5,6	36000	10000
ДРИ400 6	220	130	3,3	5,6	33000	3000
ДРИ700 5	220	130	6,0	10,2	60000	9000
ДРИ700 6	220	130	6,0	10,2	56000	3000
ДРИ1000 5	380	230	4,7	8	103000	9000
ДРИ1000 6	380	230	4,7	8	103000	3000
ДРИ2000 6	380	230	9,2	15,5	200000	2000
ДРИ3500 6	380	230	16	28	350000	1500

Таблиця 7. Натрієві лампи високого тиску

Лампи	Напруга мережі, В	Сила струму, А		Світловий потік, лм	Термін придатності, год	Цоколь
		робоча	пускова			
1	2	3	4	5	6	7
ДНаТ70-1	90	1,0	1,6	8800	6000	E27/27
ДНаТ100-1	105	1,2	2,0	9500	6000	E27/27
ДНаТ150-1	105	1,8	2,9	15000	8000	E40/45
ДНаТ210	125	2,13	4,5	18000	10000	E40/45
ДНаТ250-4	100	3,1	4,5	23000	10000	E40/45
ДНаТ250-5	100	3,1	4,5	26000	15000	E40/45
ДНаТ360	130	3,25	7,15	35000	15000	E40/45
ДНаТ400-4	100	4,6	7,15	47000	15000	E40/45
ДНаТ400-5	100	4,6	7,15	50000	20000	E40/45

Таблиця 8. Світлодіодні лампи

Характеристика	LG A19 3000K LB08E830L0A.E20JWE0	LG A19 3000K A1912GD1GE1.C0AASAA	Verbatim LED Classic A E27 9W	Verbatim LED Classic A E27 10W
Скорочена назва	LG 485	LG 810	V 440, Verbatim 440	V 820, Verbatim 820
Споживана потужність, Вт	7.5	12.8	9	10
Світловий потік, лм	485	810	440	820
Еквівалент лампи розжарювання, Вт	40	60	40	60
Світловіддача, лм/Вт	63	63	48	82
Тип патрону	E27	E27	E27	E27
Кут свічення, градусів	140	128	170	130
Напруга живлення, В	230	220-240	220-240	220-240
Термін експлуатації, годин	25 000	25 000	25 000	30 000
Зовнішній вигляд				

Таблиця 9. Норми освітленості сільськогосподарських приміщень

№ п/п	Приміщення, ділянка, обладнання	Освітленість, лк при лампах		
		газороз- рядних	розжа- рю- вання	світло- діодів
1	2	3	4	
1	Приміщення для утримання корів, биків і ремонтної молоді: а) зона харчування б) стійла, секції, бокси	75 50	30 20	75 50
2	Приміщення отелу корів	150	100	150
3	Телятники	100	50	100
4	Денники і секції для корів-годувальниць з телятами	75	30	75
5	Приміщення для дорощування і відгодівлі телят	50	20	50
6	Приміщення для утримання хряків, свинюматок і рем. молодняку	75	30	75
7	Свинарники-відгодівельники	50	20	50
8	Вівчарні	-	30	-
9	Родильні відділення для овець	100	50	100
10	Приміщення для стрижки овець (стіл, настил)	200	150	200
11	Відкриті бази з годівельною площадкою, бази-навіси	-	10	-
12	Приміщення для утримання племінних коней, молодняку	75	30	75
13	Конюшні для робочих коней	50	20	50
14	Хліви для коней	-	20	-
15	Приміщення для підлогового утримання птиці (курей, гусей, качок, цесарок)	75	30	75
16	Приміщення для кліткового утримання птиці, на рівні годівниці, поїлки	75	30	75
17	Приміщення для сортування і обробки курчат (стіл)	300	200	300
18	Інкубаторій (інкубаторний зал)	75	30	75
19	Манеж, пункти штучного запліднення тварин	200	150	200
20	Приміщення закритого типу для утримання кролів ( 0,8 м від підлоги)	75	50	75

1	2	3	4	3
21	Вольєр для молодняку	10	10	10
22	Переддоїльні і післядоїльні площадки	50	20	50
23	Доїльні зали і площадки (у зоні роботи)	200	150	200
24	Приміщення для приймання, зберігання і обробки молока	150	100	150
25	Мийна, цех розфасовки молока (у зоні роботи)	150	100	150
26	Камери холодильні і для тимчасового зберігання туш (0,8 м від підлоги)	-	30	-
27	Приміщення для забою (стіл)	100	75	100
28	Кабінет ветлікаря, аптека	200	150	200
29	Приміщення для зберігання і приймання кормів	-	30	-
30	Дільниця для обробки і змішування кормів (поверхня бункера і змішувача)	150	100	150
31	Варочне відділення (0,8 м від полу)	100	50	100
32	Майданчики для прийому кормів	5	5	5
33	Лабораторії різного призначення (0,8 м від підлоги)	300	150	300
34	Вигульні майданчики	0,5	0,5	0,5
35	Вигульні кормові майданчики (годівниці)	5	5	5
36	Вагові (вертикальна освітленість на шкалі вагів)	150	100	150
37	Фуражні, інвентарні та приміщення для підстилки	-	10	-
38	Галереї для прогону тварин	50	20	50
39	Складські приміщення для картоплі, овочів та фруктів	-	20	-
40	Вентиляційні, фумігаційні камери	50	20	50
41	Приміщення для пророщування картоплі	100	50	100
42	Зерносховища (у зоні дії механізмів – 20 лк)	-	5	-
43	Приміщення для обробітку зерна	-	10	-
44	Експедиції, приміщення видачі продукції (стіл)	75	30	75
45	Бібліотека	500	300	500
46	Адміністративні приміщення	200	150	200
47	Виробничі приміщення, майстерні	200	150	200
48	Кімната відпочинку	200	150	200

## ВИБІР СВІТЛОТЕХНІЧНОЇ АРМАТУРИ

У відповідності до ДСТУ ГОСТ 15597–2008 і ГОСТ 16703–79 світловим приладом називають пристрій, який містить одне або декілька джерел світла (ламп) і світлотехнічну арматуру, що перерозподіляє світло від джерел світла або перетворює структуру світла і призначений для освітлення і сигналізації. Розрізняють наступні типи світлових приладів: 1) світильник – світловий прилад ближньої дії; 2) прожектор – світловий прилад дальньої дії; 3) проектор – світловий прилад, який перерозподіляє світло джерела з концентрацією світлового потоку на поверхні з малим об'ємом або в малому об'ємі. Для систем внутрішнього і зовнішнього освітлення с.-г. підприємств, як правило, використовуються світильники.

Світильник складається із світлотехнічної арматури і ламп або світлодіодів, тому при комплектних поставках вибирають тип світильника під джерело світла.

Світлотехнічна арматура є частиною світильника, яка призначена для перерозподілу світла лампи, для її кріплення і підключення до системи живлення, для захисту лампи від механічних пошкоджень і ізоляції її від навколишнього середовища.

Тип світлотехнічної арматури (світильника) вибирають із урахуванням його світлорозподілу (класу світлорозподілу або кривої сили світла), умов навколишнього середовища в освітлюваному приміщенні і економічності. Приміщення для утримання тварин вважаються як особливо вологі і хімічно активні середовища тому світильники вибирають за ступенем захисту: повністю (5) або частково захищені ( $5^1$ ), пилозахищені і бризкозахищені (3,4).

При високих коефіцієнтах відбивання стелі – 50 %, стін – 30 % перевагу надають світильникам класу розсіяного світла (Р) за умови, що розрахункова потужність лампи не перевищує 200 Вт. В іншому випадку застосовують світильники класу прямого світла (П), для яких відносна відстань між світильниками має найменше значення із рекомендованого нормативною літературою діапазону. При цьому збільшується кількість світильників у приміщенні і зменшується їх одинична потужність.

Характеристики світильників, рекомендованих для сільськогосподарських приміщень, наведено в табл. 10, 11 і 12.

У табл. 10 і 12 наведено типи світильників, які рекомендуються на заміну використовуваним. За відсутності довідникових даних для нових світильників можна скористатися даними для старих світильників, котрих вони замінюють і подібні за світлотехнічними характеристиками.



Таблиця 10. Характеристики світильників для с.-г. приміщень

Тип світильника	Тип лампи	Ступінь захисту	Світлорозподіл		Тип світильника, який замінюється
			Клас	Тип КСС	
1. 3 лампами розжарювання					
НСП01х100; 200	Б 215-225	5 <sup>1</sup> 3	П	Д	
НСП02х100	Б 215-225	IP54	Р	М	
НСП03х60М	БК 215-225	IP54	Р	М	
НСП021х100; 200	БК 215-225	5 <sup>1</sup> 3	П	Д	
ПСХх60М	БК 215-225	IP54	Н	Д	
ППРх100;200	Б 215-225	IP64	Р	М	
ППДх100;200	Б 215-225	IP64	Н	Д	
НПП05х100-001	Б215-225	IP55	Р	М	НСП02,НСП03
2. 3 люмінесцентними лампами					
ЛСП14-2х40	ЛБ 40	IP54	Н	Д	
ЛСП15 2х40 “Лада 1”	ЛБР 40	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
ЛСП15 2х80 “Лада 2”	ЛБР 80	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
ЛСП18 1х40	ЛБР 40	5 <sup>1</sup> 0	Н	Д	
ЛСП18 2х36	ЛБ 36	5 <sup>1</sup> 4	П	Д	ПВЛМ
ЛСП18 2х58	ЛБ 58	5 <sup>1</sup> 4	П	Д	ПВЛМ
ЛСП18 2х36	ЛБ 36	IP65	Р	Спец	ПВЛМ, ПВЛП
ЛСП18 2х58	ЛБ 36	IP65	Р	Спец	ПВЛМ, ПВЛП
ЛСХ10 2х40 <sup>x</sup>	ЛБР 40	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
ЛСП21 2х40 <sup>x</sup>	ЛБР 40	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
ПВЛМ 2х40	ЛБР 40	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
ПВЛМ 2х80	ЛБР 40	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
ПВЛП 2х40	ЛБО 40	5 <sup>1</sup> 4	Н	Д	
3. 3 газорозрядними лампами високого тиску					
РППО 1х50	ДРЛ 50	IP54	П	Д	НСХ60,НСП02, НСП03,НВЛП, НВЛМ.
РПП01х80	ДРЛ 80	IP54	П	Д	Теж
РПП01х125	ДРЛ 125	IP54	П	Д	Теж
ГПП01х125	ДРИ 125	IP54	П	Д	Теж
ЖПП01х70	ДНаТ 70	IP54	П	Д	Теж
ЖПП01х100	ДНаТ 100	IP54	П	Д	Теж
РСП21х125(80)-ХП	ДРЛ 125 (ДРЛ 80)	IP63	П	Д	ПСП21
РСП21х125(80)-ХП	ДРЛ 125 (ДРЛ 80)	IP24	П	Д	Теж

<sup>х</sup> – Світильники постачаються в комплекті з лампами типу ЛБР 40

Таблиця 11. Світильники фірми “PHILIPS”

Позначення	Конструктивне виконання	Кількість і потужність ламп, Вт	Тип лампи	Ступінь захисту
OPK 120	Плафон волого- захищений	1x20 (18)	Люмінесцентні	IP 54
OPK 140		1x40 (36)		IP 54
OPK 220		2x20 (18)		IP 54
OPK 240		2x40 (36)		IP 54
OSPR 236 N	Волого захищене	2x36		IP 65
PK 109	Захищене	9 (11)	Люмінесцентні, компактні	IP 54
OPK 109	Захищене	9 (11)		IP 54
OPK 401	Плафон волого- захищений	60	Розжарювання	IP 54
OUR 250	Закритого типу	250	Ртутна	IP 54
OUS 250	Закритого типу	250	Натрієва	IP 54
OUSp 150	Закритого типу	150		IP 54

Таблиця 12. Світлодіодні світильники

Позначення	Фірма виконання	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Ступінь захисту	Тип світильника, який замінюється
Tech-20	iLED	18	1800	IP 40	
Solaris-6p	iLED	20	2000	IP 40	
Armstrong Office-20	iLED	20	2000	IP 40	
Matrix LO-25	iLED	25	2500	IP 40	
Armstrong VIP Office-40	iLED	36	3300	IP 40	
Armstrong Office-40	iLED	38	3300	IP 40	
Office-40L	iLED	38	3300	IP 40	
Matrix LO-50n	iLED	50	4200	IP 40	ЛПО 2x36
Matrix LL-60	iLED	60	4500	IP 40	ЛПО 2x58
L-industry 12	LEDEL	15	1452	IP 66	
L-industry 24	LEDEL	30	2904	IP 66	
L-industry 36	LEDEL	45	4356	IP 66	ЛПО 2x36
L-industry 48/48T	LEDEL	60	5808	IP 66	ЛПО 2x58
L-industry A3C 48/5856/60/Д	LEDEL	60	5808	IP 66	ДНАТ-150 и ДРЛ-250
L-industry 72	LEDEL	90	8712	IP 66	ЛПО 2x50 і РСП-250
L-industry 96	LEDEL	120	11616	IP 66	РСП-400

## ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА СВІТИЛЬНИКІВ

Число світильників у приміщенні визначають з умови найвигіднішої відносної відстані між ними по відомих параметрах приміщення: довжині, ширині і розрахунковій висоті.

Розрахункову висоту визначають за формулою:

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (1)$$

де  $H_p$  – розрахункова висота, м;

$H$  – висота приміщення, м;

$h_c$  – відстань від стелі до світлового центру світильника;

$h_p$  – рівень робочої поверхні над підлогою, м.

### *Послідовність розрахунку кількості світильників*

1. Для прийнятого типу світильника за кривою сили світла (КСС) приймають значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками  $\lambda$  і визначають розрахункову відстань між світильниками  $L$

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (2)$$

де  $L$  – відстань між світильниками, м;

$\lambda$  – найвигідніша відносна відстань.

Залежно від типу кривої сили світла (КСС) світильника  $\lambda$  має такі значення: К – концентрована КСС:  $\lambda=0,6 \div 0,8$ ; Г – глибока:  $\lambda=0,9 \div 1$ ; Л – напівширока:  $\lambda=1,6 \div 1,8$ ; Д – косинусна:  $\lambda=1,4 \div 1,6$ ; М – рівномірна:  $\lambda=2,0 \div 2,6$ .

2. Визначають кількість світильників у ряду  $n_a$ , кількість рядів  $n_b$  (при системі загального рівномірного освітлення) і загальну кількість світильників  $N$  відповідно з виразів

$$n_a = A/L; \quad (3)$$

$$n_b = B/L; \quad (4)$$

$$N = n_a n_b, \quad (5)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$n_a$  – кількість світильників у ряду, шт;

$n_b$  – кількість рядів світильників, шт;

$N$  – загальна кількість світильників, шт.

У тваринницьких приміщеннях при нормуванні освітленості по осі проходів (службових, кормових, гнойових) кількість рядів приймається рівною кількості проходів.

## РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕНOSTІ МЕТОДОМ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ

Цей метод використовується тільки при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь у закритих приміщеннях і враховує освітленість, створену на робочій поверхні прямим і відбитим світловими потоками.

Мета розрахунку: визначення потужності лампи за розрахунковим світловим потоком.

Світловий потік ламп визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (6)$$

де  $\Phi$  – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

$E$  – нормована освітленість робочої поверхні, лк;

$k$  – коефіцієнт запасу;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної по освітлюваній площині) – для світильників прямого світла приймається рівним 1,15, для інших – 1,1,

$N$  – кількість світильників, шт.;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі  $\rho_c$ , стін  $\rho_{ст}$ , робочої поверхні  $\rho_p$  та індексу приміщення  $i$  та визначається з табл. 13...15.

Визначається індекс приміщення за формулою.

$$i = \frac{S}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (7)$$

де  $S$  – площа приміщення м<sup>2</sup>,

$H_p$  – розрахункова висота підвісу світильника, м,

$A$  і  $B$  – довжина і ширина приміщення, що розраховується, м.

Із табл. 11, 12 або 13, відповідно до обраного джерела світла, за обраним типом світильника, коефіцієнтами відбиття стін і стелі та індексом приміщення вибирають коефіцієнт використання світлового потоку.

Всі одержані дані підставляють у формулу (6) і визначають розрахунковий світловий потік лампи.

За розрахованим потоком із відповідної таблиці (1...8) вибирають джерело світла, світловий потік якого найближче відповідає розрахунковому.

У випадку, якщо нормована освітленість у приміщенні не забезпечується розрахунковим потоком визначають фактичну освітленість  $E_{\phi}$ , яку забезпечить потік вибраної лампи :

$$E_H = \frac{\Phi_{\phi}}{\Phi_p} \cdot E_{\phi}, \text{ лк} \quad (8)$$

де  $E_H$  – нормована освітленість у приміщенні, лк;

$\Phi_{\phi}$  – світловий потік вибраної лампи, лм;

$\Phi_p$  – розрахований світловий потік за формулою 6, лм.

За нормативами для сільськогосподарських приміщень допускається відхилення фактичної освітленості від нормованої в межах – 10 %...+20 %.

Тому визначають відповідність допустимому відхиленню фактичного значення освітленості за виразом:

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_H}{E_H} \cdot 100\% \quad (9)$$

Таблиця 13. Значення коефіцієнтів використання світлового потоку ( $\eta$ ) для світильників з лампами розжарювання

Показник примі- щення	Коефіцієнт відбиття	Тип світильника																												
		ППР- 100,200 НСР01, НСР09				ППД-100, 200				НСР01				НСР21, НСР02, НСР03Х60				ПСХ-60А				ПО-21				ПО02				
		Стеля	30	50	70	70	30	50	70	70	30	50	70	70	30	50	70	70	30	50	70	70	30	50	70	70	0	30	50	70
		Стіни	10	30	50	50	10	30	50	50	10	30	50	50	10	30	50	50	10	30	50	50	10	30	50	50	0	10	30	50
		Підл.	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	10	30	0	10	10	10
0,5		9	12	18	19	17	20	24	25	17	20	22	24	5	7	10	12	9	13	18	19	17	20	23	24	8	13	15	16	
0,6		11	15	23	24	20	24	30	31	23	26	32	34	7	10	15	16	12	16	23	24	20	25	28	30	12	16	19	20	
0,7		15	19	27	29	26	30	36	39	30	34	39	42	10	14	19	20	14	19	27	28	25	29	31	36	16	20	23	24	
0,8		18	23	31	33	32	36	41	43	34	38	44	46	12	16	21	23	16	21	29	30	30	34	38	40	18	22	26	27	
0,9		19	25	33	35	34	38	43	45	37	41	47	49	15	18	24	26	18	23	31	33	33	36	39	42	20	24	28	30	
1,0		20	26	35	37	36	39	44	47	39	43	49	51	17	20	26	28	20	25	33	35	34	38	42	44	22	26	30	32	
1,1		22	28	37	40	38	41	45	49	41	45	50	53	18	21	27	29	21	26	35	37	35	39	43	46	23	27	32	34	
1,25		24	30	40	43	39	42	47	51	43	47	52	56	19	23	28	31	23	28	37	40	37	41	46	50	24	29	34	36	
1,5		25	32	42	46	42	45	52	55	46	50	55	60	21	25	31	35	25	31	40	43	39	44	45	53	26	31	36	40	
1,75		27	35	45	49	45	49	53	58	48	53	58	63	22	27	33	37	28	34	42	46	41	46	52	56	28	33	38	42	
2,0		29	37	47	52	47	51	55	61	51	55	60	65	23	29	35	39	30	36	44	49	44	48	54	59	30	35	40	44	
2,25		31	39	49	54	49	53	57	63	53	57	62	68	25	30	37	42	32	38	46	51	45	50	56	61	31	36	42	46	
2,5		32	40	50	56	51	54	58	65	55	59	64	70	27	32	39	44	33	39	47	53	47	51	58	63	33	38	43	48	
3,0		35	43	53	60	54	56	61	68	58	62	66	73	29	35	43	48	35	42	50	56	50	53	60	67	36	40	45	51	
3,5		36	45	55	62	56	58	63	70	61	64	68	76	31	37	45	51	38	44	52	59	52	56	62	70	38	41	48	53	
4,0		38	47	57	64	57	60	64	72	62	66	70	78	32	39	47	53	40	46	53	61	53	57	63	72	40	43	49	55	
5,0		40	49	59	67	58	62	65	74	64	69	73	81	35	42	50	57	42	48	55	63	56	58	65	74	43	46	52	59	
Φ <sub>в</sub>	%	47				68				75				42				51				52				38				
Φ <sub>д</sub>	%	30				0				0				28				17				28				29				

Таблиця 14. Значення коефіцієнтів використання світлового потоку ( $\eta$ )  
для світильників з газорозрядними лампами

Показник приміщення	Коефіцієнт відбиття	Тип світильників																					
		3 лампами низького тиску (люмінесцентними)																3 лампами високого тиску					
		ПВЛМ-2, ПВЛМ-2х з лампами ЛБР				ПВЛМ-Р з лампами ЛБР				ПВЛМ-1х40, ПВЛМ-1х80 з лампами ЛБР				ЛСП18 1Х40				РСП05/Д03; СД2РТС; РСП03/Д03; СД2ДРЛ.					
		Стеля	0	30	50	70	0	30	50	70	0	30	50	70	0	30	50	70	0	30	50	70	
		Стіни	0	10	30	50	0	10	30	50	0	10	30	50	0	10	30	50	0	10	30	50	
		Пілога	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	
0,5		11	13	20	27	11	13	18	25	11	12	17	26	9	11	13	18	20	22	27	29		
0,6		14	17	22	32	15	17	22	29	14	16	21	30	12	14	17	23	26	27	31	27		
0,7		17	20	27	36	18	20	26	34	17	20	26	34	15	16	20	27	31	32	35	32		
0,8		20	23	30	40	20	23	28	36	20	22	28	37	17	19	23	29	34	35	38	35		
0,9		22	26	34	44	22	25	31	40	22	25	32	40	19	21	26	32	37	38	41	47		
1,0		25	29	37	47	24	28	34	43	25	28	34	43	21	23	28	34	39	40	44	49		
1,1		27	31	39	50	26	30	36	45	27	30	37	46	23	25	30	36	41	43	46	51		
1,25		29	34	42	53	27	32	38	47	29	32	39	48	25	27	32	38	44	45	48	54		
1,5		33	38	47	57	30	35	42	51	33	36	44	52	28	30	36	42	48	49	53	57		
1,75		36	42	50	61	33	38	45	54	36	40	47	56	30	33	38	44	51	52	56	60		
2,0		38	44	53	63	34	40	47	56	38	42	49	58	32	35	40	46	53	54	58	62		
2,25		40	47	55	66	36	42	49	58	40	44	51	60	34	37	42	48	55	56	59	63		
2,5		42	49	57	68	37	44	51	60	41	47	53	63	35	39	43	50	56	58	61	65		
3,0		44	52	60	71	39	46	53	63	44	50	56	65	37	41	45	52	58	60	62	67		
3,5		46	54	62	73	40	48	54	64	46	52	58	67	39	43	47	53	59	62	61	68		
4,0		48	56	64	75	41	49	56	66	47	54	60	69	40	44	48	54	60	63	65	69		
5,0		52	61	69	79	44	52	59	68	51	58	64	72	43	48	51	57	63	65	68	71		
ФV	%	66				54				66				55				80					
Фд	%	19				28				19				10				0					

Таблиця 15. Значення коефіцієнтів використання світлового потоку ( $\eta$ )  
для світильників з світлодіодними джерелами світла, що замінюють лінійні газорозрядні лампи низького тиску

Показник приміщення	Коефіцієнт відбиття	Тип світильників															
		L–industry 36 (Matrix LO–50n)				L–industry 48/48T (Matrix LL–60)				L–industry 72				L–industry 96			
	Стеля	0	30	50	70	0	30	50	70	0	30	50	70	0	30	50	70
	Стіни	0	10	30	50	0	10	30	50	0	10	30	50	0	10	30	50
	Підлога	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10
0,5		11	13	20	27	11	13	18	25	11	12	17	26	9	11	13	18
0,6		14	17	22	32	15	17	22	29	14	16	21	30	12	14	17	23
0,7		17	20	27	36	18	20	26	34	17	20	26	34	15	16	20	27
0,8		20	23	30	40	20	23	28	36	20	22	28	37	17	19	23	29
0,9		22	26	34	44	22	25	31	40	22	25	32	40	19	21	26	32
1,0		25	29	37	47	24	28	34	43	25	28	34	43	21	23	28	34
1,1		27	31	39	50	26	30	36	45	27	30	37	46	23	25	30	36
1,25		29	34	42	53	27	32	38	47	29	32	39	48	25	27	32	38
1,5		33	38	47	57	30	35	42	51	33	36	44	52	28	30	36	42
1,75		36	42	50	61	33	38	45	54	36	40	47	56	30	33	38	44
2,0		38	44	53	63	34	40	47	56	38	42	49	58	32	35	40	46
2,25		40	47	55	66	36	42	49	58	40	44	51	60	34	37	42	48
2,5		42	49	57	68	37	44	51	60	41	47	53	63	35	39	43	50
3,0		44	52	60	71	39	46	53	63	44	50	56	65	37	41	45	52
3,5		46	54	62	73	40	48	54	64	46	52	58	67	39	43	47	53
4,0		48	56	64	75	41	49	56	66	47	54	60	69	40	44	48	54
5,0		52	61	69	79	44	52	59	68	51	58	64	72	43	48	51	57
Ф <sub>в</sub>	%	66				54				66				55			
Ф <sub>д</sub>	%	19				28				19				10			



*Приклад 1.* Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку у приміщенні для утримання ремонтного молодняка великої рогатої худоби.

**Вихідні дані**

Довжина приміщення  $A = 50$  м, ширина  $B = 12$  м, площа  $S = 600$  м<sup>2</sup>, висота  $H = 3$  м.

Коефіцієнти відбиття  $\rho_n = 30\%$  ;  $\rho_c = 10\%$  ;  $\rho_p = 10\%$  .

Навколишнє середовище – надзвичайно вологе, хімічно-активне.

Характер виконання робіт: догляд та періодичне стеження за тваринами.

Прийнята система загального рівномірного освітлення.

Вид освітлення – робоче та чергове.

Нормована освітленість – горизонтальна на рівні підлоги, по осях проходів та у центрі відсіків  $E = 30$  лк ( табл. 10 ).

Коефіцієнт запасу  $k = 1,15$ , коефіцієнт нерівномірності освітлення  $Z = 1,15$ .

Прийнято світильники з лампою розжарювання – типу НСП01х100 / Д513-02 ( табл. 9).

Висоту звисання світильника прийнято  $h_c = 0,4$  м.

Висота робочої поверхні (підлога)  $h_{rp} = 0$ .

Найвигідніша відносна відстань

$\lambda = L / N_p = 1,4$  ( Крива сили світла світильника ; рівномірна типу Д).

**Розв'язок**

1. Розрахункова висота  $N_p = 3 - 0,4 = 2,6$  м.
2. Відстань між світильниками  $L = 1,4 \times 2,6 = 3,7$  м.
3. Кількість світильників у ряду, кількість рядів  $n_a = 50/3,7 = 15$  шт.,  
 $n_b = 12/3,7 = 3$ .
4. Всього світильників  $N = 15 \times 3 = 45$  шт.
5. Індекс приміщення  $i = 6000/2,6 (50+12) = 3,7$
6. Значення коефіцієнта використання світлового потоку для світильника НСП01 (при  $\rho_n = 30\%$  ,  $\rho_c = 10\%$  ,  $\rho_p = 10\%$  та  $i = 3,7$ ) з табл. 11 дорівнює  $\eta = 61,5\%$ .
7. Розрахунковий світловий потік лампи  
 $\Phi = 30 \times 1,15 \times 600 \times 1,15 / 45 \times 0,615 = 860$  лм.  
З табл. 2 приймаємо лампу розжарювання з світловим потоком  $\Phi = 950$  лм типу Б 220-230-75.
8. Фактична освітленість  $E_\phi = E \Phi_n / \Phi = 30 \times 950 / 860 = 33$  лк.
9. Відхилення фактичної освітленості від нормованої  
 $\Delta E = ((E_\phi - E)/E) \times 100\% = ((33 - 30)/30) \times 100\% = +10\%$  ,  
що задовольняє допустиме відхилення  $-10 \div + 20\%$ .

10. Встановлена та питома потужність  $P = P_{\text{л}} N = 0,075 \times 45 = 3,37 \text{ кВт}$ ,  
 $P_{\text{пит}} = P / S = 3370 / 600 \approx 5,6 \text{ Вт / м}^2$ .

### МЕТОД РОЗРАХУНКУ ОСВІТЛЕНOSTІ ТОЧКОВИМ МЕТОДОМ

Точковий метод розрахунку освітленості використовується для розрахунку освітленості у конкретних заданих точках на розрахунковій поверхні, здебільшого у центрі (найбільший рівень освітленості) і у кутку приміщення (найменший рівень освітленості).

Точковий метод застосовують при розрахунку місцевого, локалізованого та вуличного освітлення проїзної частини дороги, а також як повірочний метод розрахунку загального рівномірного освітлення світильниками прямого світла та освітлення негоризонтальних площин.

Визначають контрольні точки на робочій поверхні з вірогідними мінімальними та максимальними значеннями освітленості.

Розрахункова формула:

$$E_A = \sum_i^n e_i, \quad (10)$$

де  $E_A$  – горизонтальна освітленість в точці розрахунку, лк;

$n$  – кількість світильників, освітленість від яких враховується у даній точці поверхні;

$e_i$  – освітленість у даній точці, створена від  $i$ -го світильника, лк.

Освітленість від  $i$ -го світильника визначається за виразом:

$$e_i = \frac{I_{\alpha_i} \cdot \cos^3 \alpha_i}{H_p^2}, \quad (11)$$

де  $e_i$  – горизонтальна освітленість у точці розрахунку від  $i$ -го світильника, лк;

$I_{\alpha}$  – сила світла від світильника в напрямку до точки розрахунку, кд;

$\alpha$  – кут між віссю симетрії світильника та напрямком до точки розрахунку, град;

$H_p$  – розрахункова висота підвісу світильника, м.

## ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКУ ТОЧКОВИМ МЕТОДОМ

1. Що визначити кут , під яким світловий потік падає від світильника в точку розрахунку визначається тангенс кута падіння світлового променя від світильника в точку розрахунку (рис. 1) за виразом 12.

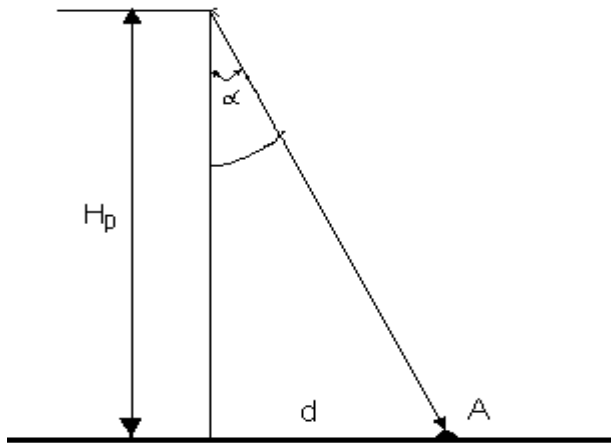


Рис.1. Вертикальний переріз просторового розміщення світиль-ника над розрахунковою точкою А на освітлюваній поверхні приміщення.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p}, \quad (12)$$

де  $d$  – відстань від точки розрахунку до проекції вісі симетрії світильника на площину, яка їй перпендикулярна і проходить через точку розрахунку, м. Дану відстань вимірюють на масштабному плані проекції підлоги приміщення (рис. 2)

$H_p$  – розрахункова висота підвісу, м.

2. За знайденим значенням тангенса із тригонометричних таблиць вираховують  $\alpha$  та  $\cos^3 \alpha$ .

3. Із табл. 13, відповідно до вибраного раніше типу світильника, визначають значення сили світла ( $I_\alpha$ ) при даному розрахунковому значенні кута  $\alpha$ .

Слід звернути увагу, що у цій таблиці наведено значення розподілу сили світла у просторі за кутом  $\alpha$  при розміщенні в них умовного джерела світла з потоком у 1000 лм.

4. Тому для фактично вибраної лампи перераховують силу світла за формулою:

$$I_\alpha = \frac{(I_\alpha)_T \cdot \Phi_l}{1000}, \quad (13)$$

де  $(I_{\alpha})_T$  – сила світла світильника з умовною лампою зі світловим потоком 1000 лм (табл. 11);

$\Phi_L$  – світловий потік вибраної лампи (при розрахунку за методом коефіцієнту використання світлового потоку), лм.

5. Аналогічно визначають освітленість у даній точці  $A$  від кожного іншого світильника (згідно з рис. 2).
6. Визначають загальну освітленість у розрахунковій точці, сумуючи освітленості, які створюються від кожного світильника (за виразом 10).

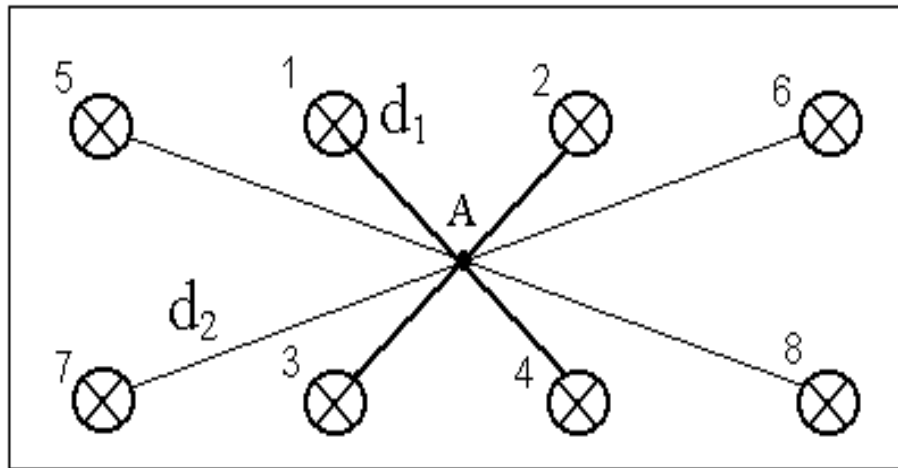


Рис.2. Горизонтальна проекція розміщення світильників на плані приміщення.

### РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕНOSTІ ВІД БЕЗПЕРЕРВНОЇ ЛІНІЇ ІЗ СВІТИЛЬНИКІВ З ЛЮМІНЕСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИ

Безперервні ряди світильників з люмінесцентними лампами або інші світильники, відстань від яких до точки розрахунку менше 3-кратної довжини всього ряду або довжини світильника утворюють світловипромінюючі (світлові) лінії.

Розрахунок освітленості у точці  $A$  (рис. 3) від безперервної лінії із світильників виконують за формулою:

$$E_A = \left( \frac{I_v}{2 \cdot H_p \cdot \kappa} \right) \cdot \cos^2 \nu \cdot \left( \frac{\alpha + \sin 2\alpha}{2} \right), \quad (14)$$

де  $E_A$  – освітленість у точці розрахунку від даного ряду світильників, лк;

$I_v$  – сила світла з одиниці довжини світної лінії в площині перпендикулярній осі лінії, кд / м;

$\nu$  – кут між перпендикуляром, опущеним з кінця світлової лінії, на горизонтальну площину, і лінією, що з'єднує цей кінець з точкою розрахунку, рад (рис. 3);

$H_p$  – розрахункова висота підвісу світильників, м;

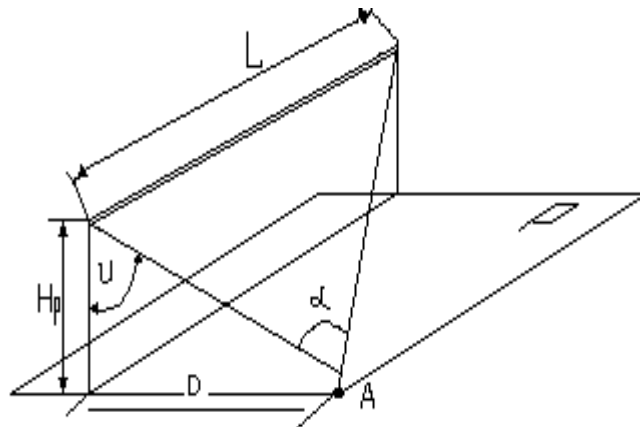
$k$  – коефіцієнт запасу;

$$I_v = \frac{\Phi}{\pi^2 \cdot L}, \quad (15)$$

$$\cos \nu = \frac{H_p}{\sqrt{H_p^2 + P^2}}, \quad (16)$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{L}{\sqrt{H_p^2 + D^2}} \right), \quad (17)$$

де  $\Phi$  – світловий потік світлової лінії, лм;



$D$  – відстань від проекції кінця світлової лінії на горизонтальну площину до точки розрахунку, яка лежить у цій же площині, м;

$L$  – довжина лінії, м.

Рис.3. До розрахунку освітленості від світлової лінії

Послідовність розрахунку освітленості від світлової лінії на наведена нижче на прикладі.

**Приклад 2.** Визначити освітленість на розрахунковій площині в точці А (рис.3). Люмінесцентна лампа ЛБ-40 ;  $\Phi_{\text{л}} = 3000$  лм,  $H_p = 3$  м,  $P = 3$  м,  $L = 1,2$  м,  $K = 1,5$ .

### Розв'язання

1. Сила світла з одиниці довжини лампи

$$I_v = \frac{\Phi}{\pi^2 \cdot L} = \frac{3000}{3,14^2 \cdot 1,2} = 250 \text{ кд / м.}$$

2. Значення кута  $\alpha$  ;  $\sin 2\alpha$  і  $\cos \nu$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{L}{(H_p^2 + P^2)^{1/2}} \right) = \arctg \left( \frac{1,2}{(3^2 + 3^2)^{1/2}} \right) = 16^\circ.$$

$$\sin 2\alpha = 0,53.$$

$$\cos \nu = \frac{H_p}{(H_p^2 + P^2)^{1/2}} = \frac{3}{(3^2 + 3^2)^{1/2}} = 0,7.$$

3. Освітленість у точці розрахунку А

$$E_A = \frac{I_v}{2H_p \cdot \kappa} \cos^2 \nu (\alpha + \sin 2\alpha / 2) = \frac{250}{2 \cdot 3 \cdot 1,5} \cdot 0,7^2 (3,14 \cdot 16 / 180 + 0,53 / 2) = 7,5 \text{ лк.}$$

Аналогічно проводиться розрахунок від сусідніх паралельних ліній і визначається сумарна освітленість точки А від усіх ліній та порівнюється з заданим нормованим значенням.

Таблиця 16. Значення кутової сили світла еталонної лампи різних світильників (при умовній лампі із світловим потоком  $\Phi=1000$  лм)

Град	ППР-100, 200. НСР01; НСР09	ППД- 100, 200.	НСР01 “Астра 11, 12”	РСР05/К 03, С35ДРЛ	ПСХ- 60С	НСР02 , НСР03	РСР05/Д03, РСР08/Д03, СД2 ДРЛ	ЛСП18 1Х40		ЛСП18 2Х40	
								ПОЗД.	ПОПЕРЕЧ.	ПОЗД.	ПОПЕРЕЧ.
0	75	177	238	1050	103	62	290	174	174	190	190
5	74	178	229	980	125	58	290	174	174	188	190
15	77	190	215	830	100	58	285	174	172	180	190
25	83	190	204	530	96	72	265	167	169	158	185
35	85	172	195	215	92	69	235	155	160	125	170
45	81	160	164	80	89	72	185	134	152	90	137
55	77	137	145	38	86	73	118	106	140	65	87
65	71	114	122	8	84	74	60	80	128	60	65
75	69	44	76	-	81	70	28	54	114	30	50
85	68	7	7	-	73	66	5	30	103	20	45
90	66	1	3	-	66	64	-	10	96	0	47
95	63	-	-	-	62	63	-	-	90	5	50
105	66	-	-	-	47	59	-	-	84	20	80
115	71	-	-	-	31	52	-	-	76	30	82
125	64	-	-	-	18	51	-	-	63	35	67
135	34	-	-	-	10	46	-	-	47	42	45
145	8	-	-	-	4	22	-	-	33	45	38
155	3	-	-	-	2	14	-	-	12	50	38
165	2	-	-	-	1	8	-	-	-	5.5	40
175	1	-	-	-	1	3	-	-	-	58	42
180	-	-	-	-	1	-	-	-	-	50	50

## РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕНOSTІ МЕТОДОМ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ

Таблиці значень питомої потужності створено на основі розрахунків методом коефіцієнта використання світлового потоку для найбільш ймовірних значень параметрів освітлюваних приміщень (площі приміщення, висоти) і використовуються при розрахунках загального рівномірного освітлення у невеликих допоміжних приміщеннях, де немає великих вимог до рівня освітленості та її рівномірності.

Розрахункова формула

$$P = \frac{P_{\text{пит}} \cdot S}{n \cdot N}, \quad (18)$$

де  $P$  – розрахункова потужність встановленої у світильник лампи, Вт;

$S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$P_{\text{пит}}$  – табличне значення питомої потужності лампи, котра забезпечує нормовану освітленість, Вт /  $\text{м}^2$ ;

$N$  – кількість вибраних світильників, шт.;

$n$  – кількість ламп у світильнику, шт.;

Послідовність розрахунку освітлення за питомою потужністю наступна:

1. Вибирають тип світильника, нормовану освітленість, коефіцієнти відбиття стелі і стін, коефіцієнт запасу, вираховують розрахункову висоту і кількість світильників так, як і у розрахунку освітленості методом коефіцієнта використання світлового потоку.

2. Визначають значення питомої потужності із таблиці для вибраного світильника, параметри якого відповідають вимогам п. 1 [1].

3. Визначають розрахункову потужність лампи за вище наведеною формулою.

4. Вибирають тип лампи, потужність якої дорівнює, або близька до розрахункової.

**Примітка.** Таблиці питомої потужності не враховують форми приміщення і рекомендовані до використання при дотриманні умови  $A / B < 2,5$ .

Для більш видовжених приміщень значення питомої потужності приймають для умовної площі, що дорівнює  $2B^2$  і це значення питомої потужності розповсюджується на всю площу приміщення.



## РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ ЗА ПРЯМИМИ НОРМАТИВАМИ

При розрахунку освітлення в сільськогосподарських приміщеннях, в яких допустимо встановлювати один світильник, недоцільно використовувати метод коефіцієнта використання світлового потоку, або точковий метод. Розрахунок освітлення зводиться до вибору потужності лампи із табл. 19 за відомими площею приміщення і нормованою освітленістю.

### ТАБЛИЦІ ДЛЯ ВИБОРУ СВІТИЛЬНИКІВ ТА ЗНАЧЕНЬ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ

Таблиця 17. Питома потужність загального рівномірного освітлення  
(світильники ППР-100; ППР-200; НСР01; НСП09)

Н <sub>р</sub> , м	S, м <sup>2</sup>	Питома потужність, Вт/м при освітленості, лк						
		5	10	20	30	50	75	100
2-3	10-15	3,7	6,3	12,8	18,2	31	46,5	62
	15-25	3,1	5,3	9,7	14,4	23,4	35	46,7
	25-50	2,5	4,4	7,9	11,7	18,8	28,1	37,5
	50-150	2	3,6	6,4	9,2	15	22,5	30
	150-300	1,7	2,9	5,4	7,8	12,8	19,2	25,6
	>300	1,5	2,6	4,8	7	11,4	17	22,7
3-4	10-15	5,8	10	18,8	28,2	47	70,5	94
	15-20	4,1	7,8	15,5	23,2	38,6	58	77,3
	20-30	3,2	6,3	12,4	18,5	30,9	46,4	61,8
	30-50	2,6	4,8	9,3	13,9	23,2	34,7	46,3
	50-120	2,2	3,9	7,4	11,1	18,5	27,8	37
	120-300	1,7	3,1	6	8,9	14,9	22,4	29,8
	>300	1,4	2,6	4,7	7,1	11,8	17,7	23,6

**Примітка.** Враховані значення  $\rho_n = 50\%$  ;  $\rho_c = 30\%$  ;  $\rho_p = 10\%$  ;  $\kappa = 1,3$  ;  $Z = 1,1$

Таблиця 18. Питома потужність загального рівномірного  
освітлення (світильники ППД-100; ППД-200)

Н <sub>р</sub> , м	S, м <sup>2</sup>	Питома потужність, Вт/м при освітленості, лк						
		5	10	20	30	50	75	100
2-3	10-15	2,9	5,1	9,3	13,5	19,8	28,1	37,5
	15-25	2,3	3,9	7,3	9,6	15,7	22,4	29,9
	25-50	1,9	3,5	6,2	8,3	13,7	19,6	26,1
	50-150	1,6	2,9	4,9	6,8	11,3	16,4	21,8
	150	1,4	2,5	4,4	6,1	10	14,6	19,4
	>300	1,3	2,3	4	5,5	9,2	13,4	17,8
3-4	10-15	3,5	6	11,8	16,5	27,8	41,8	55,7
	15-20	3	5,2	9,8	14,4	23,2	34,7	46,3
	20-30	2,5	4,3	7,9	11,5	18,8	28,3	37,7
	30-50	2	3,4	6,1	9	14,9	22,4	29,8
	50-120	1,7	2,9	5,3	7,9	12,9	19,4	25,8
	120-300	1,4	2,5	4,4	6,5	10,7	16	21,4
	>300	1,2	2,1	3,9	5,8	9,2	13,7	18,3

**Примітка.** Враховані значення  $\rho_{\text{п}} = 50\%$  ;  $\rho_{\text{с}} = 30\%$  ;  $\rho_{\text{р}} = 10\%$  ;  $\kappa = 1,3$  ;  $Z = 1,15$

Таблиця 19. Питома потужність загального рівномірного освітлення світильників НСП01 (“Астра-11,12”), НСП21

H <sub>р</sub> , м	S, м <sup>2</sup>	Питома потужність, Вт/м, при освітленості, лк						
		5	10	20	30	50	75	100
2-3	10-15	2,5	4,5	8	11,3	118,4	26,4	33,6
	15-25	2,1	3,7	6,5	9,1	14,5	21	26,7
	25-50	1,8	3,2	5,6	7,7	12,5	17,8	22,5
	50-150	1,5	2,7	4,7	6,5	10,6	15	19,4
	150-300	1,3	2,3	4,1	5,6	9,4	13,3	17
	>300	1,2	2,1	3,8	5,2	8,7	12,4	15,5
3-4	10-15	3,6	6,1	12,3	16,4	25	35,8	45,8
	15-20	2,9	4,9	9,1	12,9	21,4	28,7	38,8
	20-30	2,4	4	7,3	10,6	17,4	23,2	31
	30-50	1,9	3,3	5,8	8,5	13,4	18,8	24
	50-120	1,6	2,8	4,8	7,3	11,3	15,6	19,9
	120-300	1,3	2,3	4,1	6,1	9,5	13	16,7
	>300	1,1	1,9	3,6	5,3	8,2	11	14,6

**Примітка.** Враховані значення  $\rho_{\text{ст}} = 50\%$  ;  $\rho_{\text{с}} = 30\%$  ;  $\rho_{\text{п}} = 10\%$  ;  $\kappa = 1,3$  ;  $Z = 1,15$ .

Таблиця 20. Питома потужність загального рівномірного освітлення (світильники НСП02, НСП03х60М)

H <sub>р</sub> , м	S, м <sup>2</sup>	Питома потужність, Вт/м <sup>2</sup> , при освітленості, лк						
		5	10	20	30	50	75	100
1,5-2	10-15	3,4	6,7	13,3	20	33,2	50	66,5
	15-25	2,9	5,8	11,6	17,4	29	43,5	58
	25-50	2,4	4,8	9,6	14,4	24	36	48
	50-150	2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	150-300	1,6	3,1	6,2	9,3	15,5	23,3	31
	>300	1,4	2,7	5,4	8,1	13,5	20,2	27
2-3	10-15	5	10	20	30	50	75	100
	15-25	3,8	7,5	15	22,5	37,5	56,3	75
	25-50	2,8	5,7	11,4	17,1	28,5	42,7	57
	50-150	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,8	45
	150-300	1,9	3,9	7,5	11,3	18,8	28,1	37,5
	>300	1,5	3	6	9	15	22,5	30

**Примітка.** Враховані значення  $\rho_{\text{п}} = 50\%$  ;  $\rho_{\text{с}} = 30\%$  ;  $\rho_{\text{р}} = 10\%$  ;  $\kappa = 1,3$  ;  $Z = 1,15$ )

Таблиця 21. Питома потужність загального рівномірного освітлення при нормованій освітленості 100 лк для світильників з люмінесцентними лампами

Н <sub>р</sub> , м	S, м <sup>2</sup>	Питома потужність, Вт /м <sup>2</sup> для світильників і типів ламп			
		ПВЛМ-Р ЛБР-40,80; ЛХБР-40,80	ПВЛ-1 ЛБ-40	ЛСП18	
				ЛД-50; ЛХБР-40 ЛТБ-40	ЛДЦ-40
2-3	10-15	12,7	12,4	14,5	17,4
	15-25	10,6	9,4	11	13,4
	25-50	8,6	7,4	8,9	10,7
	50-150	6,8	5,9	7	8,4
	150-300	6	5,2	6,1	7,4
	>300	5,2	4,5	5,3	6,4
3-4	10-15	17,2	17,7	19,8	23
	15-20	15,	15,1	17,5	20
	20-30	12,4	11,9	14,2	17
	30-50	10,5	9,3	10,9	13,2
	50-120	8,4	7,1	8,6	10,3
	120-300	6,2	5,8	7	8,3
	>300	5,2	4,5	5,3	6,4

**Примітка.** Враховані значення  $\rho_n = 50\%$  ;  $\rho_c = 30\%$  ;  $\rho_p = 10\%$  ;  $\kappa = 1,5$  ;  $Z = 1,1$ .

Таблиця 22. Потужність ламп (Вт ) для малих приміщень в яких встановлюється один світильник

S, м <sup>2</sup>	E, лк					
	5	10	20	30	50	75
2	15	25	60	75	100	-
4	25	40	60	100	150	-
6	25	40	75	100	150	200
8	25	60	100	150	200	200
10	40	50	100	150	200	300

## ОПРОМІНЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ

### Розрахунок опромінювальних установок

Розрахунок опромінювальних установок, як і освітлювальних установок, виконують за методом використання світлового потоку, або точковим методом з метою визначення рівня опроміненості на поверхні біологічного об'єкту, що створює необхідну біологічну дію на об'єкт опромінювання.

#### Стаціонарні ультрафіолетові опромінювальні установки

Дані установки використовуються для профілактичного оздоровлення тварин та птиці.

Розрахунок стаціонарних установок ультрафіолетового опромінення звичайно зводиться до визначення опроміненості на спині тварини і часу опромінення, за який об'єкт, що опромінюється, одержить необхідну добову дозу  $H_{\Sigma}$  (табл. 20). Для визначення опроміненості в таких установках принципово можна користуватися викладеними раніше методами розрахунку освітлювальних установок. Однак у цьому випадку маються особливості.

Метод коефіцієнта використання ефективного потоку можна брати з розділу освітлювальних установок практично без змін. Він застосовується при відносно рівномірному опроміненні об'єктів на горизонтальній поверхні. Коефіцієнт нерівномірності приймається не більш 1,4. При цьому прийнято, що коефіцієнти відбивання ультрафіолетових променів від стін і стелі дорівнюють нулю.

Таблиця 23. Добові дози, що рекомендуються, еритемного опромінення сільськогосподарських тварин і птиці

Вид тварини і птиці	Доза еритемного опромінення, $H_{\Sigma}$ ; мер.ч/м <sup>2</sup>	Допустима опроміненість $E_A$ , мер/м <sup>2</sup>
Корови і бугаї	250—270	930
Молодняк старше 6 міс	140—160	570
Телята до 6 міс	110—130	430
Поросята-сисуні	20—25	83
Поросята відьмиші	60—80	230
Поросята на відгодівлі	70—90	--
Свиноматки супоросні	70—90	--
Кури	40—50	150
Курчата	15—20	58

Світлотехнічно найвигідніша відстань для опромінювачів з лампами ДРТ і ЛЭ в стандартній арматурі дорівнює 1,4, при цьому коефіцієнт нерівномірності не перевищує 1,15...1,25.

Основна розрахункова формула

$$E_{\text{сер}} = \Phi_e \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta \cdot K_{\Phi} / K_3 S, \quad (19)$$

де  $E_{\text{сер}}$  — середня опроміненість спини тварини, мер • м<sup>-2</sup>;

$\Phi_e$  — ефективний потік лампи (ер, бакт і т.д.);

$N_{\Sigma}$  — число ламп установки ультрафіолетового опромінення, шт.;

$\eta$  — коефіцієнт використання ефективного потоку (0,45....0,65);

$K_{\Phi}$  -коефіцієнт форми тварин, рівний 0,55...0,64;

$K_3$  -коефіцієнт запасу, рівний 1,5...1,8

$S$  — площа поверхні тварини, що опромінюється, м<sup>2</sup>.

При відомій дозі опромінення  $H_{\Sigma}$  і опроміненості поверхні  $E_{\text{сер}}$  тривалість опромінення визначають з виразу

$$t = H_{\Sigma} / E_{\text{сер}}; \quad (20)$$

де  $H_{\Sigma}$  - добова доза опромінення, що рекомендується, мэр•год•м<sup>2</sup>.(табл. 20).

Дещо наближеним методом тривалість роботи установок ультрафіолетового опромінення можна визначити і по так названому **методу питомого опромінення** виходячи з величини середнього еритемного опромінення  $E_{\text{сер}}$ , створюваного джерелом на поверхні опромінення (табл.21), за відомої висоти підвісу джерела і нормованої дози опромінення  $H_{\Sigma}$ .

Тобто

$$t = H_{\Sigma} / E_{\text{сер}} K_a; \quad (21)$$

де  $K_a = 1,2...1,4$  — коефіцієнт, що враховує вплив арматури на перерозподіл променистого потоку в потрібному напрямку.

У даному випадку висота підвісу ламп над поверхнею, що опромінюється,  $h$  повинна задовольняти вимозі

$$k_3 E_{\text{сер}} z \leq E_a. \quad (22)$$

Таблиця 24. Еритемна опроміненість  $E_d$ , мер·ч·м<sup>-2</sup>, на поверхні, що знаходиться на відповідній відстані від ультрафіолетових ламп 375

Тип лампи	Висота підвісу ламп ,м			
	1,0	1,5	2,0	2,5
ДРТ-375	720	319	180	114
ЛЭ-30	42	18,6	10,6	6,7
ЛЭ-15	20	8,9	5,0	3,2

У цьому випадку виключаються місцеві опіки поверхні тіла тварини ультрафіолетовими променями. Значення максимально припустимого опромінення  $E_d$  приведені у таблиці 2.1

Метод питомого опромінення простий, але придатний для розрахунку опромінення від одиничного опромінювача, коли опромінювачі, що поруч знаходяться, не створюють сумарний променистий потік, спрямований на поверхню, що опромінюється.

**Приклад.** Розрахувати тривалість ультрафіолетового опромінення поросят-сисунів за методом питомої потужності .

Поросяти-сисунів опромінюють лампою ЛЭ-15, поміщеної в арматурі на висоті 1,5 м від спини тварини. Визначити час опромінення.

З таблиці 20 находимо добову дозу, що рекомендується, для цього виду тварини - 20 мер·год·м<sup>-2</sup>, а з таблиці 21- еритемне опромінення для лампи ЛЭ-15 при висоті підвісу 1,5 м складає 8,9 мер·год·м<sup>-2</sup>. Прийmemo коефіцієнт відбивання арматури світильника  $K_a=1,3$ . Тоді

$$t = H_{\Sigma} / E_{\text{сер}} K_a = 20 / (8,9 \cdot 1,3) = 1,75 \text{ год (1 год 45 хв)}.$$

*Установки для одночасного освітлення приміщень і ультрафіолетового опромінення тварин та птиці* лампами, що мають ультрафіолетове і видиме випромінювання у спектрі, наприклад, світильниками-опромінювачами ОЭСП02-2× 40 розраховують за коефіцієнтом  $k_s$  – співвідношення еритемного та світлового потоків. За нормованими значеннями освітленості  $E_v$  і опроміненості  $E_e$  знаходять цей коефіцієнт

$$k_s = \frac{E_e \eta_v}{E_v \cdot \eta_e} \quad (23)$$

де  $\eta_v$   $\eta_e$  – коефіцієнти використання світлового та еритемного потоків даного світильника.

Після розрахунку фактичної освітленості відомими методами за світловим потоком вибраної лампи визначають еритемний потік джерела

$$\Phi_e = k_e \cdot \Phi_v, \quad (24)$$

Із каталогу вибирається ближнє за потоком джерело ультрафіолетового випромінювання і визначається час опромінення  $t = H_\Sigma / E_{\text{сер-}K_a}$ .

#### *Рухомі ультрафіолетові опромінювальні установки*

Найбільш поширена у виробництві рухома ультрафіолетова установка типу УО-4М. При розрахунку цих установок необхідно враховувати, косинусний характер розподілу потоку випромінювання опромінювачів:

$$I_{e_\alpha} = I_{e_0} \cdot \cos \alpha, \quad (25)$$

де  $I_{e_\alpha}$  і  $I_{e_0}$  – відповідно, сила випромінювання опромінювача під кутом  $\alpha$  і вертикально по вісі симетрії.

Для таких установок необхідно визначати висоту  $h$  підвісу опромінювачів над об'єктами. Швидкість руху опромінювачів, здебільшого, під час процесу опромінювання постійна і задається конструкцією механізму пересування опромінювачів.

Реальні форми тіла опромінюваних об'єктів наближено замінюють на площину, сферу або циліндр. Для кожної форми тіла визначають середню опроміненість поверхні, мер/м<sup>2</sup>:

*для плоского об'єкта*

$$E_{nл} = I_{e\alpha} \cdot \cos^3 \alpha, \quad (26)$$

$$h = \frac{\left[ 0,5 \cdot I_{e.o} \cdot k_3 \cdot \left( \frac{\alpha_l \pi}{90} + \sin 2\alpha_k \right) \right] \cdot n}{H_e \cdot v}; \quad (27)$$

*для сферичного об'єкта*

$$E_{сф} = \frac{0,5 \cdot I_{e\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{h^2}; \quad (28)$$

$$h = \left( I_{e.o} \cdot k_3 \cdot \sin \alpha_k \right) \frac{n}{H_e v}; \quad (29)$$

*для циліндричного об'єкта*, вісь якого горизонтальна і знаходиться в одній площині з джерелом випромінювання,

$$E_{\alpha 1} = \frac{0,64 \cdot I_{e\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{h^2}; \quad (30)$$

$$h = \left( 28 \cdot I_{e.o} \cdot k_3 \cdot \sin \alpha_k \right) \cdot \frac{n}{H_e \nu}, \quad (31)$$

де  $h$  – висота підвісу опромінювачів над об'єктами опромінювання, м;  
 $k_3$  – коефіцієнт запасу, що залежить від терміну служби джерела випромінювання ( $K_3 = 1.2 \dots 1.8$ ),

$\alpha_k$  – найбільше значення кута між напрямком потоку від джерела на об'єкт опромінювання і вертикаллю у колі опромінювання, він залежить від геометричних розмірів огороження стійла тварини та захисного кута опромінювача;

$n$  – число проходів опромінювачів над об'єктом;

$H_e$  – доза опромінювання об'єкта · мер год/м<sup>2</sup>;

$\nu$  – швидкість переміщення опромінювачів, м/год.

Пояснення до розрахункових співвідношень подано на рис.4 і 5.

Довжина ходу опромінювачів над тваринами (довжина опромінюваного приміщення), м,

$$L = \frac{\alpha}{N} - 0,58 \cdot h, \quad (32)$$

де  $\alpha$  – довжина приміщення, м;

$N$  – число опромінювачів в одному ряду вздовж приміщення,

$h$  – відстань до спини тварини, м.

Висота підвісу опромінювачів над підлогою, м.

$$h_n = h + 1,5 \cdot h_0, \quad (33)$$

де  $h_0$  – висота центру тулуба тварини над підлогою приміщення, м



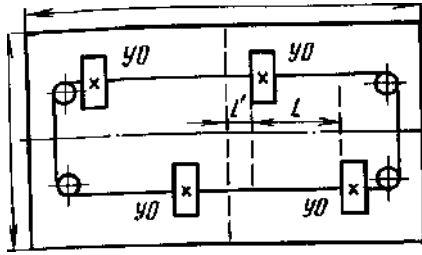


Рис.4. Розміщення установки Y0-4М.

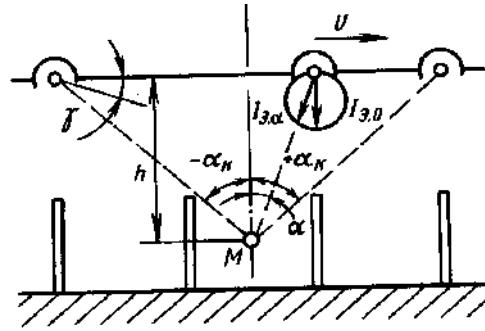


Рис. 5. Схема опромінювання.

Середня опроміненість, мер/м<sup>2</sup>, для об'єктів наведених вище форм тіла визначається із виразів :

$$E_{сф.ср} = \frac{I_{e.o}}{\left( \frac{1}{3} \cdot h \cdot \sqrt{l^2 + 4 \cdot h^2} \right)}, \quad E_{пл.ср} = \frac{2 \cdot I_{e.o} \cdot \cos \alpha_k}{\left( \frac{1}{3} \cdot h \cdot \sqrt{l^2 + 4 \cdot h^2} \right)}, \quad (34)$$

$$E_{ц1.ср} = \frac{1,28 \cdot I_{e.o} \cdot \cos \alpha_k}{\left( \frac{1}{3} \cdot h \cdot \sqrt{l^2 + 4 \cdot h^2} \right)}, \quad E_{ц2.ср} = \frac{1,28 \cdot I_{e.o}}{\left( \frac{1}{3} \cdot h \cdot \sqrt{l^2 + 4 \cdot h^2} \right)}, \quad (35)$$

де  $l = 2htg \alpha_k$  (рис. 5).

Цю опроміненість порівнюють з допустимими значеннями інтенсивності опромінення (табл.21).

При цьому повинно виконуватися співвідношення

$$z \cdot E_{ср} \leq E_{дон}, \quad (36)$$

де  $z$  – коефіцієнт ерівномірності опроміненості, 1,1...1,15.

Тривалість опромінення в кінці терміну використання джерела еритемного випромінювання, год.

$$t_i = \frac{H_e}{2 \cdot E_{ср} + b t_{роз}}, \quad (37)$$

де  $b$  – коефіцієнт, що враховує зменшення ефективного потоку лампи у ході розгоряння від потоку лампи, що розгорілася, (при нормальному вмикання лампи  $b = 0,7$ , при прискореному  $b = 0,35$ );

$t_{роз}$  – час повного розгоряння лампи (наприклад, для лампи типу ДРТ 400 він дорівнює 5...10 хв залежно від умов середовища).

Час роботи опромінювальної установки за добу, год.

$$t = t_i \cdot n, \quad (38)$$

де  $t_i$  – час одного опромінювання (одного проходу опромінювачів над тваринами), год.

Для використання наведених виразів висоти і опромінення необхідно знати силу еритемного випромінювання опромінювача в напрямку опромінювання. Просторовий розподіл потоку випромінювання більшості випромінювачів з газорозрядними джерелами з достатньою точністю приймають косинусним. При цьому потік джерела і сила випромінювання опромінювача в напрямку його вісі зв'язані виразом.

$$\Phi_{ож} = \frac{\sqrt{45 \cdot \alpha_{\kappa} \cdot \pi \cdot I_{e.o}}}{\cos(90 - \gamma) + \cos(90 + \gamma) \cdot \rho}, \quad (39)$$

де  $\gamma$  – захисний кут опромінювача;

$\rho$  – коефіцієнт відбиття його поверхні.

Захисний кут для кожного опромінювача може бути визначений або за паспортними даними, або за кривими світлорозподілу. Коефіцієнт відбиття робочої поверхні опромінювача знаходять за довідниковими таблицями залежно від виду матеріалу відбивача (В розрахунках для УО-4М приймаємо  $\gamma$  – захисний кут опромінювача; (37 град.)  $\rho$  – коефіцієнт відбиття його поверхні (0.45).

При розрахунках необхідно мати на увазі, що  $\alpha_{\kappa} + \gamma = 90$ . При наявності огороження тварин приймають або  $\alpha_{\kappa} < 90 - \gamma$ , або  $\alpha_{\kappa} > 90 - \gamma$ . У першому випадку в розрахункову формулу підставляють не фактичне значення захисного кута, а  $\gamma = 90 - \alpha_{\kappa}$ .

У другому випадку беруть фактичне значення захисного кута і  $\alpha_{\kappa} = 90 - \gamma$ .

Для найширше застосовуваних джерел еритемного випромінювання, нижче наведені сили еритемного випромінювання (при  $\rho = 0,45$ ) у перпендикулярному напрямку від джерела.

#### *Установки для бактерицидного знезаражування води ультрафіолетовим випромінюванням*

Мета розрахунку бактерицидних установок для знезаражування води:

- визначення бактерицидного потоку випромінювання, необхідного для знезаражування від шкідливих бактерій заданих витрат води з обчисленням основних конструктивних параметрів установки. Тобто проектування знезаражувальної установки для конкретних умов заданого водопостачання при заданій витраті води;

- визначення витрати води, що може забезпечити установка при відомих характеристиках джерела водопостачання.

Перший варіант розрахунків

Необхідний бактерицидний потік (у бактах) знаходять за формулою

$$\Phi_{\delta} = \frac{Q \alpha \cdot H_{\delta} \cdot \lg \left( \frac{B}{B_0} \right)}{1563,4 \cdot \eta_u \cdot \eta_e}; \quad (40)$$

де  $Q$  – витрати води, опромінюваної в одиницю часу,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт поглинання бактерицидного випромінювання водою, який вибирається залежно від джерела водопостачання,  $1/\text{см}$ ;

$H_{\delta}$  – доза бактерицидного опромінення, бактерій, що знаходяться у воді (за розрахункову прийнято знешкодження кишкової палички *F.Coli*)  $H_{\delta}=2,4 \text{ мбк} \cdot \text{с}/\text{см}^2$ ;

$B$  – допустима після знезаражування кількість бактерій в 1 л води (ГОСТ 2874-82 припускає  $B=3$ , але для підвищення надійності в розрахунках варто брати  $B=1$ );

$B_0$  – кількість бактерій в 1 л води перед початком опромінювання (ГОСТ припускає  $B_0 < 1000$ );

$\eta_u$  – коефіцієнт використання бактерицидного потоку ламп;

$\eta_e$  – коефіцієнт послаблення бактерицидного потоку у прошарку води завтовшки  $h$ .

Коефіцієнт використання потоку лампи визначають з виразу

$$\eta_u = \frac{\alpha_{\text{отр}} + \rho_{\delta} \cdot (60 - \alpha_{\text{отр}})}{360}; \quad (41)$$

де  $\alpha_{\text{отр}}$  – центральний кут у градусах між прямими, що з'єднують центр джерела і ближні краї відбивача (для знезаражувальної установки з однією лампою значення цього кута приймають від  $120^\circ$  до  $150^\circ$ . В установках з декількома лампами приймають  $\alpha_{\text{отр}} > 180$ );

$\rho_{\delta}$  – коефіцієнт відбиття бактерицидного потоку поверхнею відбивача установки (0,4).

Коефіцієнт ослаблення бактерицидного потоку в прошарку води

$$\eta_e = 1 - e^{-\alpha \cdot h}, \quad (42)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання води,  $1/\text{см}$ ;

$h$  – товщина прошарку води, см. На практиці приймають  $\eta_e = 0,9$

Глибина потоку (товщина прошарку, що опромінюється) води визначають з виразу

$$h = \frac{-\lg (1 - \eta_e)}{\alpha \cdot \lg e}. \quad (43)$$

### Другий варіант розрахунків

У цьому випадку задаються конструкцією (джерелами бактерицидного випромінювання та їх розміщенням) установки і за відомим значенням бактерицидного потоку ламп в установках з поверхневими джерелами випромінювання визначають витрату води, м<sup>3</sup>/год,

$$Q = \frac{1563,4 \cdot \Phi_{\delta} \cdot \eta_u \cdot \eta_v}{\alpha \cdot H_{\delta} \cdot \lg \left( \frac{B}{B_0} \right)} . \quad (44)$$

Розрахунок установок з заглибними джерелами бактерицидного випромінювання здійснюють за попередніми формулами, але при цьому коефіцієнт ослаблення бактерицидного потоку в прошарку води визначають з виразу

$$\eta_v = 1 - e^{-\alpha \cdot (R - r)} , \quad (45)$$

де  $R$  – радіус внутрішньої поверхні циліндра установки, см;

$r$  – радіус зовнішньої поверхні кварцового чохла, в якому розміщене джерело випромінювання, см.

Значення коефіцієнта використання бактерицидного потоку, враховуючи втрати у кварцовому чохлі, також приймають рівним  $\eta_v = 0,9$ .

Приклад конструктивного виконання установки бактерицидного знезаражування води з поверхневими джерелами випромінювання наведено на рис.6.

Таблиця 25. Коефіцієнт поглинання бактерицидного випромінювання водою із різних джерел

Вид джерела води	$\alpha$ , 1/см
Глибокі горизонти, артезіанські свердловини	0,10
Грунтові джерела з хорошою фільтрацією, шахтні колодці	0,15
Поверхневі джерела з відвітленням (ГОСТ 2874-82)	0,20...0,30

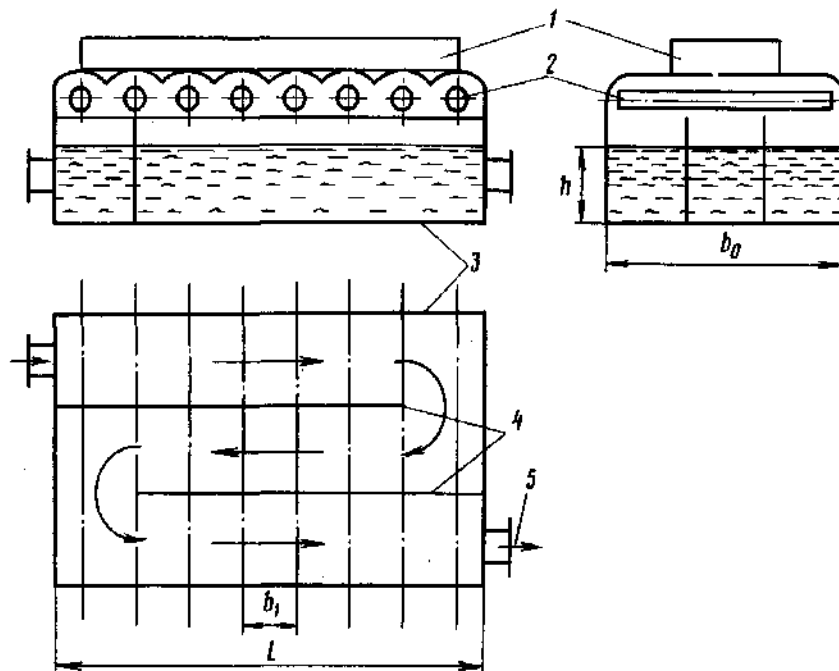


Рис. 6. Ескіз установки для знезаражування води з поверхневими джерелами бактерицидного вивітання:

1 – пускорегулювальна апаратура ламп; 2 – бактерицидні лампи; 3 – корпус установки; 4 – перегородки; 5 – напрямок руху води.

### *Розрахунок установок для опромінення рослин*

До опромінювальних установок, що використовуються в теплицях, ставиться ряд вимог:

- спектральний склад енергії випромінювання повинен бути сприятливим для здійснення процесу фотосинтезу і не містити випромінювань, пригнічуючи розвиток рослин;
  - опроміненість повинна рівномірно розподілятися по поверхні рослини і бути достатньою для протікання основних процесів у розвитку рослин і формування врожаю;
  - установка не повинна перегрівати рослини і заважати догляду за ними;
- застосування опромінювальних установок повинно бути рентабельним і екологічно безпечним в експлуатації.

Таблиця 26. Характеристики ламп для опромінення рослин

Тип лампи	Світловий потік, клм	Фітопотік, Ффл , мфйт	Тип лампи	Світловий потік, клм	Фітопотік, Ффл , мфйт
ДРЛФ-400	16	27200	ДРВ-750	19,5	62000
ДРФ-1000	55	95000	ДРЛ-2000	120	182000
ДРИ-1000-6	90	140000	ДМЗ-3000	270	467000
ДРИ-2000-6	190	294000	ЛФ-40-1	1,88	4200
ДНаТ-400	47	62000	ЛФ-40-2	1,72	4450
ДРИ-400-5	35	60000	ЛБ-40	3,1	3740

Визначається фітовіддача ламп

$$Нф = \Phi_{фл} / Р_{л}$$

де  $\Phi_{фл}$  — фітопотік лампи, мфйт.

Р - потужність лампи, Вт

Кількість опромінювачів:

$$n = P / P_{опр} ;$$

де  $P_{опр}$  — потужність опромінювача, Вт.

Таблиця 27. Характеристики опромінювачів для рослинництва

Тип установки	Тип опромінювача	Кільк. опромінювач.	Джерело опромінення
УОРТ-1-6000	ОТ-6000	1	ДМ4-6000
УОРТ-2-3000	ОТ-3000	2	ДМЗ-3000
УОРТ-6-1000	ГСП26-1000	6	ДРИ-1000-5
УОРТ-15-400	ГСП26-400	15	ДРИ-400-5
СОРТ-2-23К	КОРТ-2000	3	ДРОТ-2000
СОРТ-2-23Т	ОТ-2000	3	ДРОТ-2000
СОРТ-2-12К	КОРТ-200	12	ДРОТ-200

Для обчислення витрати електроенергії за період вегетації рослин необхідно знати тривалість роботи опромінювального обладнання:

$$T = T_{п} \cdot t_{п} + T_{с} \cdot t_{с} + T_{др} \cdot t_{др} + T_{пр} \cdot t_{пр} ,$$

де  $T_{п}$ ,  $T_{с}$ ,  $T_{др}$ ,  $T_{пр}$  — відповідно тривалості проростання насіння, вирощування сіянців, розсади до розстановки і після розстановки ( табл. 28).

$t_{п}$  ,  $t_{с}$  ,  $t_{др}$  ,  $t_{пр}$  – відповідно добові тривалості проростання насіння, вирощування сіянців, розсади до розстановки і після розстановки ( табл. 28).

Таблиця 28. Тривалості опромінення розсади

Період вегетації	Огірки		Томати	
	t, год./добу	T , діб	t , год./добу	T , діб
Проростання	24	2...3	24	2...3
Сіянці	15 (8)	12...15	15 (8)	10...12
Розсада до розстановки	16 (8)	10...12	16 (8)	12...15
Розсада після розстановки	14(7)	10...12	14(7)	20...25

Витрати електроенергії на опромінення

$$W = P \cdot T ;$$

Мета розрахунку установок для опромінення рослин – визначення потоку і потужності джерела випромінювання, їх числа і розміщення.

Розрізняють установки з *точковими і лінійними* джерелами випромінювання. Методики розрахунку таких установок різні.

*Опромінювальні установки з точковими джерелами випромінювання.*

Для стаціонарних установок з точковими джерелами випромінювання висоту підвісу опромінювачів над рослинами приймають  $h > 0,5\text{м}$  [2].

Установки розраховують за мінімальною опроміненістю, тобто за найменшим значенням опроміненості об'єкта, розміщеного в найгірших умовах відносно опромінювачів. При цьому коефіцієнт мінімальної опроміненості (коефіцієнт нерівномірності опромінювання) визначається з відношення

$$z = \frac{E_{\phi.min}}{E_{\phi.max}} \geq 0,8 , \quad (52)$$

де  $E_{\phi.min}$ , і  $E_{\phi.max}$  – мінімальна і максимальна фітоопроміненість в різних точках опромінюваної поверхні в приміщенні,  $\text{фІт/м}^2$  або  $\text{мфІт/м}^2$ .

$$E_{\phi} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha^3 \cdot k_{\phi}}{n^2} , \quad (53)$$

де  $I_a$  – сила світла опромінювача в напрямку розрахункової точки, кд;

$k_\phi$  – коефіцієнт переводу світлового потоку джерела у фітопотік (коефіцієнт фітоефективності даного джерела випромінювання).

Загальна опроміненість в розрахунковій точки дорівнює сумі опроміненостей від всіх близько розміщених джерел (згідно точковому методу).

### *Опромінювальні установки з лінійними джерелами випромінювання.*

Лінійні джерела випромінювання розміщують над поверхнею, що опромінюється, на невеликій відстані – 0,05...0,25 м [2] .

Установки розраховують по середній опроміненості площі під рядом (блоком) люмінесцентних ламп. Часто беруть площадку шириною 1 м і довжиною, рівною довжині люмінесцентних ламп.

Фітоопроміненість, мфйт/м<sup>2</sup>, визначають за виразом

$$E_\phi = \frac{F_{v.l.} \cdot k_\phi \cdot \eta_{б.л.} \cdot (n-1)}{L \cdot l}, \quad (54)$$

де  $F_{v.l.}$  – світловий потік однієї лампи, лм;

$\eta_{б.л.}$  – ККД блоку ламп;

$n$  – число ламп в блоці;

$L$  – довжина люмінесцентний лампи, м;

$l$  – ширина блока ламп, дорівнює 1 м.

Для полегшення розрахунку в формулу вводять позначення

$$\mu_\phi = \frac{F_{v.l.} \cdot k_\phi}{L \cdot l}, \quad (55)$$

та

$$e_\phi = \eta_{б.л.} \cdot (n-1) \quad (56)$$

тоді блок люмінесцентних ламп розраховують в такій послідовності:

- вибирають тип і потужність ламп;
- обчислюють значення  $\mu_\phi$ ;
- виходячи із нормованої опроміненості  $E_\phi$  визначають відносну опроміненість

$$e_\phi = \frac{E_\phi}{\mu_\phi}; \quad (57)$$

За графічними залежностями [2] відносної опроміненості від числа люмінесцентних ламп при різних висотах їх розташування над опромі-



нюваною поверхнею знаходять число люмінесцентних ламп в блоці на 1 м ширини блоку  $n_1$ . Потім знаходять загальну кількість ламп опромінювальної установки з виразу:

$$N = n_1 \cdot l, \quad (58)$$

де  $n_1$  – табличне значення кількості люмінесцентних ламп в блоці, шириною 1 м,

$l$  – фактична ширина блоку ламп, м.

Всі необхідні подальші розрахунки установок виконують на основі логічних побудов або вже відомих співвідношень розмірів.

### *Інфрачервоні опромінювальні установки для обігріву тварин і птиці.*

Мета розрахунку: визначити основні параметри інфрачервоних опромінювальних установок: потужність джерел випромінювання; висоту підвісу джерела над об'єктом; число ламп в опромінювачі; взаємне розташування ламп; напругу на лампах.

Визначальним для розрахунків параметром вважають необхідну інфрачервону опроміненість  $E$ , Вт/м<sup>2</sup> на рівні опромінюваної спини тварин.

Наближено опроміненість знаходять, використовуючи поняття "відчувана температура" –  $t_0$  із виразу

$$t_0 = t_n + 0,04 \cdot k_e \cdot E, \quad (59)$$

де  $t_n$  – температура в приміщенні при комбінованому обігріві, °С;

$k_e$  – коефіцієнт "відчуття" інфрачервоного випромінювання організмом тварини.

Температуру у приміщенні визначають як суму середньозважених температур  $t_e$  повітря і радіаційної температури  $t_p$  поверхні огорожень:

$$t_n = m \cdot t_p + (1 - m) \cdot t_e, \quad (60)$$

де  $m$  – емпіричний коефіцієнт, що залежить від виду приміщення (для корівників 0,3, для свинарників 0,42, для житлових будинків і інших будівництв 0,5).

Температуру у приміщенні визначають як суму середньозважених температур  $t_e$  повітря і радіаційної температури  $t_p$  поверхні огорожень:

$$t_n = m \cdot t_p + (1 - m) \cdot t_e, \quad (61)$$

де  $m$  – емпіричний коефіцієнт, що залежить від виду приміщення (для корівників 0,3; для свинарників 0,42; для житлових будинків і інших будівництв 0,5).

Коефіцієнт "відчуття"  $k_e$  залежить від коефіцієнта поглинання шкірно-шерстинного покриву тварини, фізичного стану системи терморегуляції організму і швидкості повітря у приміщенні.

При інфрачервоному обігріванні курчат різного віку приймають  $k_e \cong 1$ .

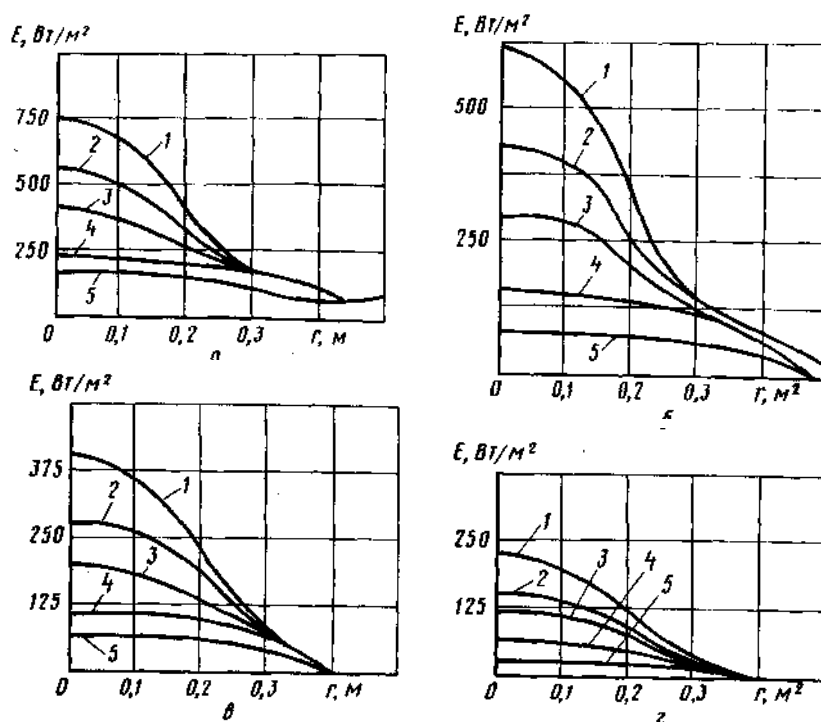


Рис.7. Епюри опроміненостей під лампою типу ИКЗК220-250 при напрузі живлення 220 В (а), 180 В (б), 140 В (в), 100 В (г) і при різних висотах підвісу:

1.  $h = 0,4$  м; 2.  $h = 0,5$  м; 3.  $h = 0,6$  м; 4.  $h = 0,8$  м; 5.  $h = 1,0$  м.

При опроміненні поросят, телят серійною установкою типу ИКУФ  $k_e=1$ .

За знайденим значенням необхідного опромінення

$$E=(t_o - t_n)/0,04k_v \quad (62)$$

використовуючи епюри для ламп типу ИКЗК220-250 (рис. 7, а, б, в, г), визначають висоту підвісу ламп, напругу живлення і радіус зони, в якій опромінення не менше розрахункових. За радіусом розраховують необхідне число ламп.

Якщо як джерела ІЧ-випромінювання застосовують не тільки лампи типу ИКЗК, але і лампи розжарювання, то для наближеного визна-

чення дози опромінення сільськогосподарських тварин і птиці використовують вираз

$$E_x = A_q - \alpha_T \cdot t, \quad (63)$$

де  $A_q$  – постійна втрат теплоти, залежить від виду тварини або способу її утримання, Вт/м<sup>2</sup>;

$\alpha_T$  – коефіцієнт тепловіддачі тварини, залежить від вологості повітря, його спрямування всередині приміщення, вологості підлоги, виду і віку тварини, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$t$  – температура навколишнього середовища °C.

Для розрахунків значення  $A_q$  і  $\alpha_T$  беруть із відповідної таблиці додатку.

За графічними залежностями (рис.8, додатку) між площею опромінення  $A$ , висотою підвісу  $h$  і опроміненістю  $E_{100}$  (від лампи потужністю 100 Вт) визначають умовну опроміненість, а вже за нею – потрібну потужність лампи

$$P_{\lambda} = \frac{100 \cdot E}{E_{100} \cdot \eta_u \cdot \eta_{сф}}, \quad (64)$$

де  $\eta_u$  – частка потужності, перетвореної на променевий потік (для ламп розжарювання  $\eta_u = 0,8...0,9$ );

$\eta_{сф}$  – частка випромінювання через колбу лампи або зовнішній світлофільтр (для прозорої колби  $\eta_{сф} = 1$ , для колби ламп типу ИКЗС  $\eta_{сф} = 0,84$ , для колби ламп ИКЗК  $\eta_{сф} = 0,76$ ).

За розрахунковою потужністю із каталогів вибирають стандартну лампу. При цьому можна передбачити вмикання ламп на напругу, відмінну від номінальної.

Таблиця 29. Рекомендована площа зон місцевого обігріву тварин

Вид і вік тварини	Площа зони, що обігрівається для тварини, м <sup>2</sup>
Телята:	
до 2 тижневого віку	1,5
старше 2 тижнів(групового утримання)	15,0
Поросята – сисуні (на одне гніздо):	
добові	0,5
1,5 місячні	1,5
Ягнята (при груповому утриманні)	15,0
Крільчата	1,0

Розрахунки та вибір опромінювальних установок завершуються визначенням часу роботи або режиму роботи опромінювачів протягом доби.

Відповідно до розрахунків заповнюється світлотехнічна відомість проекту.

## ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

### Вибір напруги та схеми живлення

Для живлення освітлювальних і опромінювальних установок сільськогосподарських приміщень і будівель приймаються переважно трифазні чотирипроводні мережі змінного струму з напругою 380/220 В із заземленою нейтраллю та 220 В при ізольованій нейтралі.

Зниження напруги у найбільш віддалених ламп при нормальному режимі роботи ліній не повинно перевищувати 7,5 % номінального значення. В установках з горизонтальними люмінесцентними лампами не допускається навіть короточасне зниження напруги нижче 90 % номінального значення. Максимальна напруга, яка допускається для ламп, визначається конструкцією світильника, типом джерела світла (оптичного випромінювання), системою освітлення, категорією приміщення за умовами електробезпеки, висотою підвісу світильників і т. д.

Слід відмітити, що у приміщеннях з надзвичайно складними умовами середовища (вологих, жарких, запилених...) при висоті підвісу світильників менше 2,5 м рекомендується приймати напругу до 42 В для живлення загального освітлення при світильниках будь-якої конструкції.

При напрузі основних електроприймачів 380 В живлення робочого освітлення має виконуватися від спільних для силового та освітлювального навантаження трифазних трансформаторів з заземленою нейтраллю.

### Вибір напруги освітлювальної мережі залежно від характеристики приміщення

Живлення робочого освітлення від силової мережі допускається при умові додержання вимог щодо рівня та постійності напруги у приміщеннях, які мають природне освітлення. У цих випадках освітлювальна мережа приєднується до вивідних зажимів силових розподільчих пунктів чи безпосередньо до силових живильних ліній.

У сільськогосподарських приміщеннях допускається можливість живлення аварійного чи чергового освітлення не тільки від незалежного джерела живлення, а також від вводу спільного з робочим освітленням.

У цих випадках мережа аварійного чи чергового освітлення повинна приєднуватися до ввідних зажимів апаратів, установлених на ввіді робочого освітлення. У тваринницьких приміщеннях і пташниках світильники чергового освітлення виділяються в окрему групу, до якої можуть належати і світильники освітлення входів до приміщення.

## Схема живлення освітлювальних мереж

Здебільшого, джерела світла вмикаються в електричну мережу паралельно.

У трифазних мережах змінного струму переважно використовуються такі схеми групової мережі:

при заземленій нейтралі – двопровідна однофазна (рис.8), двопровідна двофазна, трипровідна двофазна з нульовим проводом, трипровідна трифазна, чотирипровідна трифазна з нульовим проводом (рис.9).

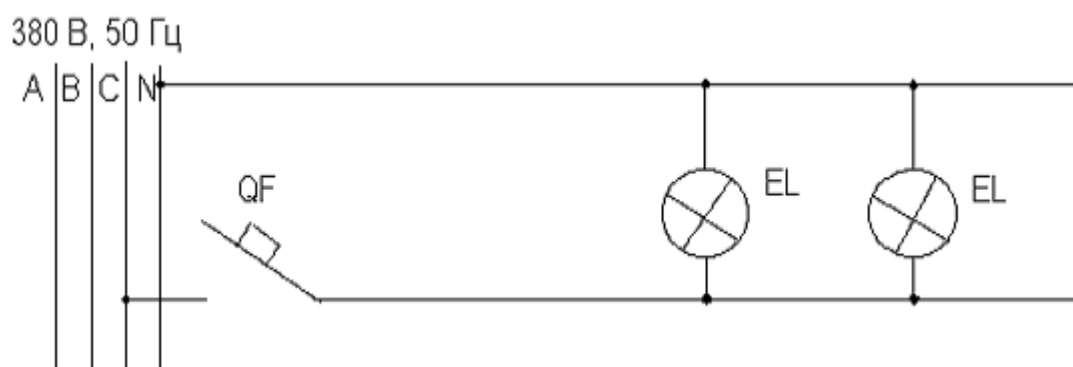


Рис.8. Схема групової мережі – двопровідна однофазна.

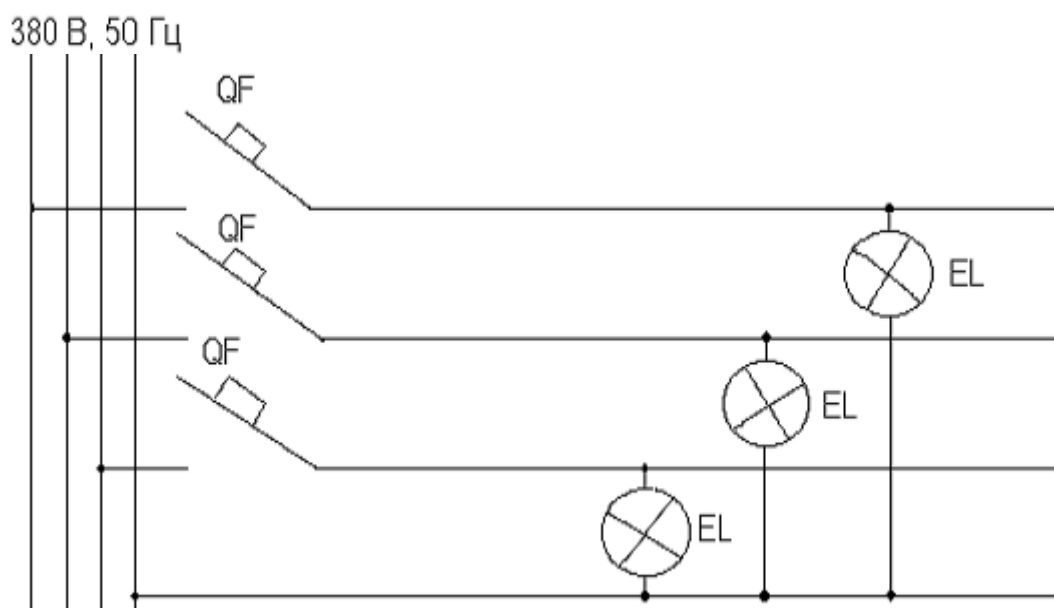


Рис.9. Схема групової мережі – чотирипровідна трифазна з нульовим проводом.

У двопровідних лініях з нульовим проводом захисний та вимикаючий апарат (QF) допускається встановлювати тільки у фазному проводі.

Встановлення запобіжників у нульових провідниках три- та чотирипровідних мереж забороняється, а встановлення автоматичних вимикачів з електромагнітними розчіплювачами допускається при умові, що при їх спрацюванні відключаються від мережі одночасно всі провідники, що знаходяться під напругою.

При великій потужності системи освітлення в будівлі допускається встановлювати декілька групових щитків, які живляться однією магістраллю від вводу.

Визначення місця розташування живильних щитків, прокладання траси освітлювальної мережі та розбивка світильників на групи

Живильні і групові щитки потрібно розмішувати в місцях з'єднання живильних і групових мереж, по можливості в центрі електричного навантаження і у місцях доступних для обслуговування.

Висота встановлення щитків має бути не більше 2 м (до верху щитка).

Траса освітлювальної мережі визначається розташуванням світильників. При прокладанні траси враховуються такі вимоги та особливості:

- максимальне скорочення довжини лінії;
- архітектурно-будівельні особливості будівлі,
- зручність подальшої експлуатації обладнання.

Кожна групова лінія має бути захищена запобіжниками або автоматичними вимикачами з електромагнітними розчіплювачами, розрахованими на струм не більший 25 А при живленні ламп розжарювання потужністю до 500 Вт і люмінесцентних ламп.

Світильники розбивають на групи з урахуванням обмежень за допустимою потужністю і кількістю світильників.

При наявності штепсельних розеток приймається потужність 0,6 кВт на одну розетку.

Найбільша допустима встановлена потужність у групових мережах на напругу 380/220 В становить:

двопровідні мережі (фаза і нуль): 4,4 кВт – для ламп розжарювання; 3,3 кВт – для люмінесцентних ламп;

чотирипровідні мережі (три фази і нуль): 8,8 кВт – для ламп розжарювання і 6,6 кВт – для люмінесцентних ламп.

При напрузі 220/127 В відповідно:

двопровідні мережі: 2,3 кВт – для ламп розжарювання, 1,9 кВт – для люмінесцентних ламп;

чотирипровідні мережі: 7,6 кВт і 5,7 кВт відповідно до типу джерела світла.

Допустима кількість світильників у груповій лінії становить:  
двопровідна мережа: 20 шт. – з лампами розжарювання і 50 шт. – з люмінесцентними лампами;  
чотирипровідна мережа: 60 шт. – з лампами розжарювання і 150 шт. – з люмінесцентними лампами.

### Вибір марки проводів, способу прокладання мережі і розрахунок перерізу проводів

Відповідно до нормативних документів для сільськогосподарських електроустановок рекомендується використовувати марки проводів, кабелів і методи їх прокладання

У сільськогосподарських приміщеннях освітлювальні електропроводи прокладають закритим і відкритим методом на тросах, у пласмасових і сталевих трубах, у каналах будівельних конструкцій, по стінах або на стелі.

Захищені проводи і кабелі дозволяється прокладати безпосередньо по поверхні стін і стель за допомогою монтажних металевих стрічок завширшки 16 мм, завтовшки 0,8 мм, які закріплюються до стіни (стелі) дюбелями на відстані 500 мм між точками закріплення.

Пласкі проводи прокладають у пазах, які закривають цементним розчином або шаром вологої штукатурки.

Пласкі проводи, які мають розподільну ізолюючу основу закріплюють цвяхами, клеєм або спеціальними скобами.

У місцях під'єднання має бути запас проводу завдовжки не менше 50 мм.

При виконанні тросової електропроводки проводи і неброньовані кабелі кріпляться до несучого сталевих тросу або проводу сталевих стрічкою з ізоляційною прокладкою. Кінцеве кріплення тросів виконується спеціальними натяжними муфтами.

Стріла провисання у прольотах між точками кріплення має бути  $0,017 \div 0,025$  довжини прольота. Діаметр тросу –  $2 \div 8$  мм для кабелю завдовжки до 90 м.

### Розрахунок перерізу проводів

Переріз проводів освітлювальної та опромінювальної мереж вибирають із умови довгострокового нагрівання і достатньої механічної міцності з наступною перевіркою перерізу за величиною втрати напруги. При цьому втрати напруги в мережі не повинні перевищувати допустимих значень.



У завданні курсової роботи відсутні відомості про втрати напруги в лінії від джерела живлення до групового щита. Тому втрати напруги в освітлювальних мережах допускається приймати рівними 2,5 %.

При виборі перерізу проводів необхідно виконувати умови

$$I_{роб} \leq I_{дов.доп}, \quad (65)$$

де  $I_{роб}$  – робоча (розрахункова) сила струму освітлювальної мережі, А;

$I_{дов. доп}$  – довгостроково допустима сила струму для конкретного перерізу проводу, А.

Робочий струм групи і вводу у приміщення визначається за виразом:

для однофазної мережі

$$I_{роб} = \frac{P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi_n}, \text{ А} \quad (66)$$

для трифазної мережі

$$I_{роб} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi_n}, \text{ А} \quad (67)$$

За довгостроково допустимою силою струму для освітлювальної групи вибирають переріз проводу, але не меншим  $2,5 \text{ мм}^2$  для групових ліній і  $4 \text{ мм}^2$  для вводу (для алюмінієвих проводів). Переріз нульового проводу приймається рівним фазному.

Втрати напруги в освітлювальній мережі визначають за формулою

$$\Delta U = \sum \frac{P \cdot L}{c \cdot S}, \text{ А} \quad (68)$$

де  $S$  – переріз проводу,  $\text{мм}^2$ ;

$\sum P$  – сумарна електрична потужність, кВт;

$L$  – довжина ділянки освітлювальної лінії до місця прикладання сумарної потужності, м;

$c$  – коефіцієнт, який залежить від схеми живлення мережі і матеріалу проводу.

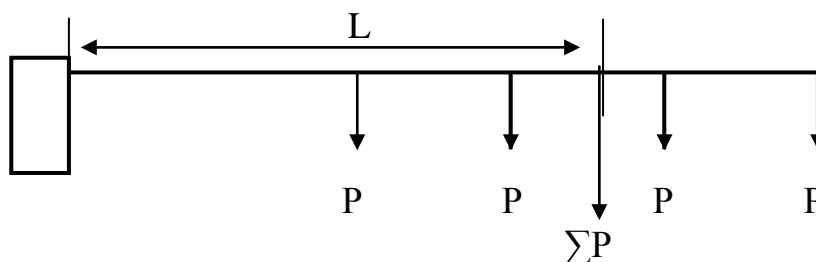


Рис. 10. До розрахунку втрати напруги у групі.

## Вибір пускової та захисної апаратури

Для захисту від коротких замикань та комутації освітлювальних і опромінювальних мереж застосовують запобіжники і автоматичні вимикачі з електромагнітними розчіплювачами. Вибір запобіжників і електромагнітних уставок вимикачів (FU, QF) для захисту мережі від короткого замикання виконується за умовою

$$I_{уст} \geq I_{роб}, \quad (69)$$

де  $I_{уст}$  – номінальний струм плавкої вставки запобіжника або уставки автоматичного вимикача, А;

$I_{роб}$  – розрахунковий струм освітлювальної лінії, А.

У сучасних освітлювальних мережах і опромінювальних установках для комутації і захисту застосовують низьковольтні комплекти обладнання – щитки, в яких вмонтовується задане число апаратів.

Тому при виборі пускової та захисної апаратури слід приймати відповідні комплекти обладнання.

Наприклад, комплекти обладнання ПР 41 комплектуються чотирма трифазними конденсаторами КС-0,38-18 УЗ для компенсації реактивної потужності, потужністю 18 кВАр. Тому їх рекомендується використовувати в освітлювальних мережах великих приміщень, укомплектованих газорозрядними лампами.

## Визначення заходів захисту від ураження електричним струмом

Заходи з захисту від ураження електричним струмом в освітлювальних мережах та опромінювальних установках визначаються “Правилами техніки безпеки при експлуатації електрообладнання споживачем”.

Споживання електроенергії освітлювальним та опромінювальним обладнанням має відбуватися від окремого розподільчого щитка шафного типу з дверцятами які закриваються.

Щиток повинен мати вхідний рубильник або автоматичний вимикач для вимикання усієї мережі, а також атоматичні вимикачі або запобіжники, які забезпечують захист від перевантажень або коротких замикань окремих груп.

У щитках необхідно вказувати номер освітлювальної (опромінювальної) групи або установки та номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача або плавкої вставки запобіжника.

Найменша висота підвісу світильників з лампами розжарювання допускається 2,5...3 м., а світильників з люмінесцентними лампами – 2,5 м при умові що контактні частини недоступні для випадкового дотику (особливо у теплицях).

При підключенні патронів світильників та опромінювачів до електричної мережі гвинтову різьбу приєднують до нульового проводу.

Корпуси світильників та опромінювачів необхідно заземлювати гнучкими перемичками між заземленим контактом корпусу та нульовим проводом.

До апаратів управління та арматури світильника проводи або кабелі дозволяється приєднувати за допомогою наконечників або спеціальних затискачів. Приєднання проводів або кабеля з алюмінієвими жилами дозволяється за наявності у світильників контактної арматури, спеціально призначеної для алюмінієвих проводів. Одножильні проводи перерізом до 10 мм<sup>2</sup> та багатожильні з перерізом до 2,5 мм<sup>2</sup> дозволяється приєднувати без наконечників, однак кінці багатожильних проводів необхідно обпаювати.

З'єднання та розгалудження проводів, прокладених у трубах, виконуються у з'єднувальних коробах.

Прокладання освітлювальних мереж у трубах виконується тільки при техніко-економічному обґрунтуванні необхідності цього способу.

Вимоги електробезпеки до освітлювального та опромінювального обладнання:

- забезпечити безперервність та надійність роботи джерела світла та освітлювального обладнання в конкретних умовах навколишнього середовища;
- вимагати для виконання монтажних робіт мінімальних затрат коштів і дефіцитних матеріалів (особливо міді, алюмінію та сталевих труб);
- гарантувати безпеку щодо можливості пожежі, вибуху та ураження електричним струмом;
- по можливості має виконуватися заміна зношених або ушкоджених проводів або кабелів у ході експлуатації;
- установка має бути досяжною для обслуговування і не заважати виконанню технологічних процесів у приміщенні;
- електропроводка повинна мати достатню механічну міцність та стійкість до можливих механічних ушкоджень.
- ультрафіолетові опромінювальні установки мають забезпечувати відсутність шкідливого впливу бактерицидного випромінювання на обслуговуючий персонал.
- гарантувати безпеку щодо можливості пошкодження газорозрядних ламп і розпилю в приміщеннях шкідливих сполук ртуті;

Наведені заходи і вимоги техніки безпеки мають бути враховані при виконанні курсової роботи.

### Складання специфікації на матеріали і обладнання

Курсову роботу слід закінчувати специфікацією застосованих матеріалів і використаного обладнання.

У специфікації необхідно навести перелік обладнання та матеріалів із вказівкою типу та їх кількості у такому порядку:

- освітлювальні щитки;
- світильники;
- опромінювачі;
- джерела оптичного випромінювання;
- проводи та кабелі;
- розетки та вимикачі.

Доцільно крім найменування та типу обладнання наводити:

- основні технічні характеристики (номінальну напругу, номінальний струм вставки запобіжника або уставки розчіплювача автоматичного вимикача),
- відомості про ДГСУ або ТУ на виготовлення конкретного виробу.

Таблиця 30. Приклад специфікації

№ п/п	Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість
1	Освітлювальний щиток ПР11-21У4 ТУ 16-536.610-82	шт.	1
2	Світильник типу НСП21х100-001-43	шт.	21
3	Лампа розжарювання Б 215-125-100	шт.	21
	І т.д.		

### ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

Графічна частина проекту складається з одного листа формату 24 (А2) на якому креслять у зручному масштабі план приміщення з нанесенням освітлювальної мережі; щита управління, світильників, ліній робочого та чергового освітлення, норми освітленості у кожному приміщенні та тип світильника. По можливості показують розміщення опромінювачів опромінювальної установки у технологічному приміщенні.

На цьому ж листі наводиться експлікація приміщень, нестандартні умовні позначення освітлювальної та опромінювальної установок і їх мереж, котрі нанесені на плані приміщення.

Нижче плану приміщення розміщується розрахунково-монтажна таблиця, в якій наводяться електротехнічні параметри обраного обладнання: тип щитка, апарати керування в ньому, номери груп, довжина ліній, потужність у кожній лінії і т.п.

Всі позначення на плані виконуються відповідно до вимог ЄСКД та ДСТУ до креслярської документації.

При неможливості нанесення опромінювальної установки на плані приміщення, на вільному місці графічного листа наводиться її принципова електрична схема або конструктивне креслення.

У кінці пояснювальної записки подається перелік використаної літератури.

Таблиця 31. Значення коефіцієнта  $c$  для проводів

Напруга мережі, В	Схема живлення	Значення $c$ для проводів	
		мідних	алюмінієвих
380/220	Трифазна з нульовим проводом	77	46
	Двофазна з нульовим проводом	34	20
220	Трифазна	25	15
	Двофазна	12,8	7,7

Таблиця 32. Теплові характеристики тварин

Вид тварини	$A_q$ , Вт/м <sup>2</sup>	$\alpha_t$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)
Поросята:		
на глибокій підстилці	188	9,5
без підстилки	215	
Телята	215	
Ягнята	150	
Птиця	290	

Таблиця 33. Рекомендована площа зон місцевого обігрівання тварин

Вид і вік тварини	Площа зони, що обігрівається для тварини, м <sup>2</sup>
Телята:	
до 2-тижневого віку	1,5
старше 2 тижнів (групового утримання)	15,0
Поросята-сисуни (на одне гніздо):	
добові	0,5
1,5-місячні	1,5
Ягнята (при груповому утриманні)	15,0
Крільчата	1,0

Таблиця 34. Технічні характеристики автоматичних вимикачів

Тип	Номінальна напруга, В	Номінальний струм, А
АЕ 1031М-1	220/380	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40
АЕ 2043М	до 400	0,6; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63
АЕ 2056М	380	80; 100; 125
ВА57-31-34	380	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125

## Список літератури

1. Козинський В.А. Электрическое освещение и облучение, М.: Агропромиздат. 1991.
2. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению. М.: Агропромиздат, 1991.
3. Жилинський Б.М., Кумин В.Д., Электрическое освещение и облучение, М.: «Колос» 1962.
4. Червінський Л.С., Шевель С.С. Експлуатація освітлювальних і опромінювальних установок в сільському господарстві. Київ, Урожай, 1990 р.
5. Живописцев Е.Н., Косицин О.А. Электротехнология и электрическое освещение. М.: Агропромиздат, 1990.
6. ДСТУ ГОСТ 15597–2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови.
7. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Айзенберга Ю.Б., М.: Энергоатомиздательство, 1983.
8. Червінський Л.С. . Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення Київ. 2011.- 226 с.

## Додаток А

## Форма світлотехнічної відомості

[illegible]