

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

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**

**ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ
ГОСПОДАРСТВІ**

методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами
за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв
2025

УДК 535.23:621.32

E50

Рекомендовано до друку методичною радою Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 15.10.2025, протокол № 2.

Укладач:

Віталій Мардзявко — асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Олексій Садовий — канд. тех. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Андрій Ставинський — д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Дослідження буквено-цифрових та графічних позначення електричного обладнання і проводок на планах електричного освітлення	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Розробка світлотехнічної відомості.....	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Розрахунок робочого освітлення приміщення методом використання коефіцієнту світлового потоку.....	26
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Розрахунок робочого освітлення приміщення точковим методом.....	37
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. Розрахунок робочого освітлення приміщення методом лінійних ізолюкс.....	46
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6. Розрахунок чергового і аварійного освітлення приміщень.....	58
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7. Розрахунок освітлення входів та виходів в приміщеннях.....	68
ПРАКТИЧНА РОБОТА №8. Розподілення навантаження групових ліній по фазам. Вибір марок проводів і способу їх прокладки.....	76
ПРАКТИЧНА РОБОТА №9. Розрахунок режимів роботи стаціонарних та рухомих установок ультрофіолетового опромінення тварин.....	89
ПРАКТИЧНА РОБОТА №10. Розрахунок тепличних опромінювальних установок, які застосовуються в рослинництві.....	108
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	117
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАННЯТЬ.....	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	119
ДОДАТОК.....	121

ВСТУП

У сучасному сільському господарстві важливу роль відіграє забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку рослин та утримання тварин. Одним із ключових факторів, що впливають на продуктивність аграрного виробництва, є правильно організоване електричне освітлення та опромінення. Використання штучних джерел світла дозволяє не лише компенсувати нестачу природного освітлення, а й регулювати інтенсивність, спектральний склад та тривалість світлового впливу на біологічні об'єкти.

Світлотехнічні системи в аграрній сфері застосовуються для освітлення тваринницьких приміщень, теплиць, сховищ, виробничих зон, а також для опромінення рослин, дезінфекції сільськогосподарської продукції та технологічних середовищ. Раціональне проектування та експлуатація таких систем дає змогу підвищити урожайність культур, поліпшити умови утримання тварин, скоротити енерговитрати й забезпечити стабільність технологічних процесів.

Метою методичних рекомендацій є формування у студентів практичних навичок розрахунку, аналізу та проектування систем електричного освітлення й опромінення для об'єктів сільського господарства. Під час виконання практичних робіт студенти набувають умінь користуватися нормативно-довідковими матеріалами, здійснювати техніко-економічну оцінку рішень, а також застосовувати сучасні джерела світла з урахуванням енергозбереження та біологічної ефективності випромінювання.

Методичні рекомендації містять короткі теоретичні відомості, порядок виконання практичних робіт, приклади розрахунків, таблиці довідкових даних і контрольні запитання для самоперевірки знань.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

Тема: Дослідження буквено-цифрових та графічних позначення електричного обладнання і проводок на планах електричного освітлення

Мета роботи: набути навичок в орієнтації розміщення на плані приміщення місць установки освітлювальних щитків, світильників, розеток, вимикачів. вибір трас прокладки освітлювальної мережі

1. Теоретична частина

1.1. Умовні позначення графічної частини

Умовні буквено-цифрові позначення (надалі позначення) призначені:

- для однозначного запису в скороченій формі відомостей про елементи, пристрої та про функціональних групах (далі частини об'єкта) у документації на об'єкт;

- для посилань на відповідні частини об'єкта у текстових документах;
- для нанесення безпосередньо на об'єкт, якщо це передбачено у його конструкції.

Залежно від призначення та характеру інформації, що передається, встановлюються такі типи позначень:

- вищого рівня – пристрої (додаткове позначення);
- вищого рівня – функціональна група (додаткове позначення);
- конструктивного розташування – конструктивне позначення (додаткове позначення);
- елемента – позиційне позначення (обов'язкове позначення);
- електричного контакту (додаткове позначення);
- частини об'єкта, з якою сполучається дана частина об'єкта, або місця розташування на документ зображення або відомостей про дану частину об'єкта (адресне позначення).

Залежно від повноти інформації, що передається, умовне буквено-цифрове позначення може мати просту чи складну структуру, тобто. структуру у вигляді позначень окремих типів або у вигляді складеного позначення.

При необхідності допускається застосовувати позначення та їх кваліфікуючі символи, типи яких не встановлені цим стандартом. Зміст та спосіб запису таких позначень повинні бути пояснені у документації на об'єкт (наприклад, на полі схеми).

Застосування умовних буквено-цифрових позначень у документах

встановлюється правилами виконання відповідних документів (схем, креслень, текстових документів та і т.д.).

Види і типи схем, загальні вимоги до їхнього виконання повинні відповідати ДСТУ 2.701-84, правила виконання всіх типів електричних схем - ДСТУ 2.702-75.

При виконанні електричних схем цифрової обчислювальної техніки користуються правилами за ДСТУ 2.709-72, літерно-цифрові позначення в електричних схемах - за ДСТУ 2.710-81.

Таблиця 1.1 - Буквено-цифрові позначення в електричних схемах

Перша буква (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Двобуквенний код
А В	Пристрій (загальне позначення) Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки, аналогові або багаторозрядні перетворювачі чи датчики для показів або вимірювань	Тепловий датчик	ВК
		Фотоелемент	ВL
		Датчик тиску	ВР
		П'єзоелемент	ВQ
		Датчик частоти обертання (тахогенератор)	ВS
		Датчик швидкості	ВV
С	Конденсатор		
D	Схеми інтегральні, мікросхеми	Схема інтегральна аналогова	DA
		Схема інтегральна цифрова, логічний елемент	DD
		Пристрій зберігання інформації	DS
		Пристрій затримки	DT
		Нагрівальний елемент	EK
E	Елементи різні	Лампа освітлювальна	EL

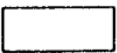
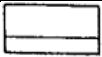
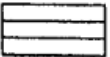
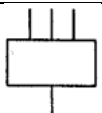
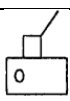
F	Розрядники, запобіжники захисні пристрої	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії	FA
		Дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії	FP
		Запобіжник плавкий	FU
		Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	FV
G	Генератори, джерела живлення	Батарея	GB
H	Прилади індикаційні і сигнальні	Прилад звукової сигналізації	HA
		Прилад світлової сигналізації	HL
K	Реле, контактори, пускачі	Реле струмове	KA
		Реле вказівне	KH
		Реле електротеплов.	KK
		Контактор, магнітний пускач	KM
		Реле часу	KT
		Реле напруги	KV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентної лампи	LL
M	Двигуни		
P	Прилади: вимірювальне обладнання	Амперметр	PA
		Лічильник імпульсів	PC
		Частотомір	PF
		Лічильник активної енергії	PI
		Лічильник реактивної енергії	PK
		Омметр	PR
		Регіструючий прилад	PS
		Годинник, вимірювач часу, дії	PT
		Вольтметр	PV
		Ватметр	PW

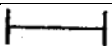
R	Резистори	Терморезистор	RK
		Потенціометр	RP
		Шунт вимірювальний	RS
		Варистор	RU
Q	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах (енергопостачання, живлення обладнання тощо)	Вимикач автоматичний	QF
		Короткозамкнуч	QK
		Роз'єднувач	QS
S	Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних приладів	Вимикач або перемикач	SA
		Вимикач кнопковий	SB
		Вимикач автоматичний	SF
		Вимикачі, що спрацьовують від різних дій:	
		від рівня	SL
		від тиску	SP
		від положення (шляховий)	SQ
		від частоти обертання	SR
		від температури	SK
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму	TA
		Електромагнітний стабілізатор	TS
		Трансформатор напруги	TV
V	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	Діод, стабілітрон	VD
		Прилад електровакуумний	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
X	З'єднання контактні	Стумшшмач, контакт ковзний	XA
		Штир	XP
		Гніздо	XS
		З'єднання розбірне	XT
Y	Пристрій механічний з електромагнітним приводом	Електромагніт	YA
		Муфта з електромагнітним приводом	YC

Таблиця 1.2

Умовні графічні позначення електричного обладнання і проводок на

планах електричного освітлення

Назва	Позначення
Лінія проводки	
Лінія заземлення, занулення	
Конструкції металеві, що використовуються в якості заземлення, занулення	
Лінія напругою 36 вольт і нижче	
Щит, пульт, ящик, шафа з апаратурою :	
а) загальне позначення	
б) з декількох панелей	
в) з показом сторони обслуговування:	
з однієї сторони	
з двох сторін	
Щит, пункт розподільчий, наприклад, з трьома виводами і одним вводом	
Щит групового робочого освітлення	
Щит групового аварійного освітлення	
Вимикач:	
загальне позначення	
однополюсний	
двополюсний	
Перемикач на два напрямки однополюсний	
Вимикач захисний	
Контактор, пускач	
Пристрій з електродвигуном	
Пристрій з багатодвигунним електроприводом	
Пристрій електронагрівний, загальне позначення	

Випромінювач інфрачервоний	
Водонагрівник електричний	
Світильник з лампами розжарювання:	
загальне позначення	
допускається використовувати позначення	
Світильники з люмінесцентними лампами:	
загальне позначення	
допускається використовувати позначення	
Світильник з лампою ДРЛ	

1.2. Розмітка на плані приміщення місць установки освітлювальних щитків, світильників, розеток, вимикачів

При виконанні цього підпункту слід враховувати наступне:

- розмітку на плані приміщень виробничого об'єкту місць встановлення світильників виконують у відповідності з проведеними вище світлотехнічними розрахунками, тобто з урахуванням кількості світильників у приміщенні, кількості рядів світильників, кількості світильників в ряду, відстані між рядами світильників і світильниками в ряду, відстані рядів світильників від стін та інше;

- при установці вимикачів та розеток необхідно виконувати наступні вимоги ПУЄ:2007 та «Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» (ДНАОП 0.00-1.32-01):

- а) вимикачі на стінах встановлюють на висоті 1,5 м від підлоги;
- б) розетки встановлюють на висоті 0,8 – 1,0 м або 0,3 м від підлоги;
- в) у школах, дитячих садках, у приміщеннях для перебування дітей розетки встановлюють на висоті 1,5 м;

- г) розетки встановлюють таким чином, щоб гнізда розташовувалися по горизонталі;

- д) вимикачі з важільними та клавішними рукоятками встановлюють так, щоб при вмиканні освітлення рукоятка рухалася уверх (натискання клавішу зверху);

- е) вимикачі для керування загальним освітленням, а також розетки, які встановлюють біля входу в приміщення, як правило, розміщують так, щоб вони не загороджувалися відчиненими дверима;

ж) вимикачі та розетки для санвузлів встановлюють за межами цих приміщень;

- зображення світильників, вимикачів, розеток та інших елементів системи освітлення на плані приміщень повинні виконуватися у відповідності до вимог СПДБ.

1.3. Вибір місця установки освітлювальних щитків, знижувальних трансформаторів і способу їх живлення

Розміщення освітлювальних щитків та знижувальних трансформаторів повинно забезпечити зручність експлуатації системи освітлення і скорочення протяжності внутрішніх мереж. Для виконання цих вимог необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- освітлювальні щитки слід встановлювати:

а) по можливості поблизу основного робочого входу в приміщення з врахуванням підходів живлячої лінії;

б) по можливості в центрі навантажень;

в) в місцях, зручних для обслуговування і задовільними умовами середовища;

г) в місцях недоступних для випадкових пошкоджень;

д) якщо перераховані у попередніх пунктах вимоги не можливо здійснити, то вирішальним повинні бути економічні міркування;

е) освітлювальні щитки повинні отримувати живлення від окремого вводу. Допускається живлення освітлювальних щитків від загального з силовим навантаженням вводу при умові, що живлюча лінія забезпечить на вводі відхилення напруги від номінальної, не виходячи за допустимі границі: ± 5 і $\pm 2,5$ %;

ж) з місця встановлення освітлювального щитка повинно бути видно групу світильників, які вмикаються з цього щитка;

- щитки, які призначені для керування освітленням необхідно встановлювати на такій висоті, щоб відстань від підлоги до верхній частини щитка було не більш 2,0 м;

- щитки, які не використовують для керування освітленням, встановлюють на висоті до 2,5 - 3,0 м;

- знижувальні трансформатори встановлюють, як правило, у центрі навантаження і на висоті доступній тільки для обслуговуючого персоналу.

1.4. Вибір трас прокладки освітлювальної мережі

Після розміщення освітлювальних щитків всі світильники ділять на групи. При цьому все навантаження спочатку ділять рівномірно на три частини (по числу фаз живлячої мережі), а потім навантаження кожної фази ділять на групи з врахуванням рекомендацій ПУЄ:2007:

а) кожна групова лінія повинна мати на фазі не більше 20 світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ і не більше 50 світильників з люмінесцентним и лампами;

б) групові лінії бажано виконувати однофазними в жилих, адміністративних і побутових приміщеннях невеликої площі з освітлюваними лампами розжарювання потужністю до 200 Вт, а також в приміщеннях з малим числом світильників з люмінесцентними лампами;

в) кожна групова лінія з лампами розжарювання потужністю до 500 Вт, з люмінесцентними лампами і штепсельними розетками повинна бути захищена автоматичним вимикачем або запобіжником на струм не більше 25А, а лінії з лампами розжарювання більше 500 Вт або з лампами ДРЛ – не більше 63А;

г) світильники чергового та аварійного освітлення об'єднують в окремі самостійні групи: аварійна група або від окремого джерела живлення, або безпосередньо від вводу в приміщення; чергова група від системи загального освітлення;

д) в жилих та громадських будинках до однофазних груп освітлення сходів, коридорів, горищ допускається підключати до 60 ламп розжарювання потужністю до 60 Вт кожна;

е) штепсельні розетки в жилих приміщеннях встановлюють по одній на кожні 6 м² жилої площі і на 10 м² площі коридорів, а також до трьох розеток на кухню. Потужність розетки приймають рівною або потужності підключеного струмоприймача, або 500 Вт.

ж) групова мережа квартир і домів повинна бути розрахована на навантаження струмом 15 А при увімкнених освітленні та побутових електроприладах потужністю до 2,0 кВт;

з) у квартирах і домах з електроплитами повинно передбачити групову лінію на струм 30 А при потужності плити 5,5 кВт або на струм 40 А при потужності плити до 8,0 кВт;

к) у домах з плитами на твердому паливі розетки на струм до 10 А, які встановлені на кухні і коридорі об'єднують в окрему групу;

л) у домах необхідно передбачати окрему групу на струм до 25 А для живлення побутових електричних машин потужністю до 4,0 кВт;

Після цього струмоприймачі, виділені в групи, з'єднують груповими лініями. При виборі траси прокладки освітлювальної мережі до уваги

- конструктивні особливості обраного типу проводки;
- вимоги, щодо максимального скорочення протяжності лінії;
- зручність подальшої експлуатації освітлювальної установки.

The diagram is a detailed architectural floor plan of a lecture hall. The hall is rectangular, with a width of 21,000 units and a length of 54,000 units. The seating area is divided into three main sections by two dashed lines, with a central aisle and side aisles. The seats are arranged in rows, with the front row closest to the stage. The stage area at the bottom of the plan includes a raised platform, a podium, and various technical equipment. Labels indicate the placement of speakers (e.g., АБВ 2х25, АБВ 2х40), lighting fixtures (e.g., КЛТ 2х25, КЛТ 2х40), and other equipment (e.g., КЛТ 2х25, КЛТ 2х40). The plan also shows the location of doors, windows, and other architectural features. The overall layout is designed for optimal visibility and acoustics for the audience.

2. Завдання

13

обладнання і проводок на планах електричного освітлення.

Ознайомитися з вимогами розміщення на плані приміщення місць установки освітлювальних щитків, світильників, розеток, вимикачів. вибір трас прокладки освітлювальної мережі.

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Проаналізувати результати виконаної роботи.
3. Відповісти на контрольні питання.
4. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
5. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Яке основне призначення умовних буквено-цифрових позначень в електротехнічній документації?
2. Які типи позначень встановлюються залежно від їх призначення та характеру інформації?
3. Що таке позиційне позначення і для яких елементів воно застосовується?
4. Які стандарти регламентують виконання електричних схем та позначення елементів?
5. Як утворюється буквено-цифрове позначення елементів електричної схеми?
6. Яке позначення мають реле, контактори та пускачі?
7. Які умовні графічні позначення застосовуються для світильників різних типів?
8. На якій висоті встановлюються вимикачі та розетки відповідно до вимог ПУЕ?
9. Де заборонено встановлювати розетки та вимикачі у санвузлах?
10. Які вимоги висуваються до розміщення освітлювальних щитків у приміщенні?
11. Яким чином здійснюється живлення освітлювальних щитків?
12. Де рекомендується встановлювати знижувальні трансформатори і чому?

13. Скільки світильників дозволяється підключати до однієї групової лінії?

14. Які основні вимоги враховуються при виборі трас прокладання освітлювальної мережі?

15. Чому важливо застосовувати стандартизовані умовні позначення при проектуванні електричних схем?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

Тема: Розробка світлотехнічної відомості

Мета роботи: засвоєння методики розробки світлотехнічної відомості.

1. Теоретичні відомості

Світлотехнічна відомість є одним із основних документів, куди заносяться дані про назву приміщень, основну характеристику приміщень, яка включає в себе характеристику середовища в приміщеннях, коефіцієнт відбиття стін, стелі, підлоги, вид і систему освітлення, дані про нормовану освітленість в приміщеннях, коефіцієнт запасу, а також дані про світильники і джерела світла.

1.1. Загальні принципи нормування освітленості

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

При освітленнях всередині приміщення $E_n \geq 50$ лк рекомендуються люмінесцентні лампи. При низьких рівнях освітленості ($E_n < 50$ лк) використання цих ламп не рекомендується.

При цьому необхідно пам'ятати, що в приміщеннях для утримання тварин освітленість проходів для прибирання гною повинна складати 25% від нормованої для даного приміщення, але не менше 10 лк. Нормована освітленість при проектуванні штучного освітлення споруд і будівель для зберігання сільськогосподарської продукції, тваринницьких і птахівничих приміщень визначають за нормативними документами.

1.2. Види і системи освітлювання

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

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

В практиці освітлення виробничих об'єктів використовуються системи загального, місцевого та комбінованого освітлення. У свою чергу система

загального освітлення розрізняється за способами розташування джерел випромінювання: рівномірне та локалізоване. При рівномірному освітленні відстань між джерелами випромінювання у ряду і між рядами при розташуванні дотримується незмінною. При локалізованому розташуванні положення кожного джерела випромінювання визначається міркуванням вибору найвигіднішого напрямку світлового потоку і усунення затінок на освітлювальному робочому місці та цілком залежить від розташування технологічного обладнання.

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

Комбіноване освітлення – це сукупність загального і місцевого.

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

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

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

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

- робоче освітлення є основним видом і застосовується на всіх виробничих ділянках і робочих місцях;
- чергове освітлення застосовують:
 - а) для догляду за тваринами у нічній період доби. При цьому загальна кількість світильників складає:
 - 1) у приміщеннях для утримання тварин – 10% від загальної кількості;
 - 2) у пологових відділеннях - 15% від загальної кількості;
 - аварійне освітлення для продовження робіт на сільськогосподарських об'єктах влаштовують:
 - б) на інкубаторних станціях, ветеринарних пунктах, зернопунктах, які мають протравлювачі, сушильних установках, диспетчерських пунктах,

установках водозабезпечення, каналізації та теплофікації;

- аварійне освітлення для продовження роботи повинно забезпечувати на робочих місцях, освітленість не менш ніж 5% від нормованих умов освітлення;

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

- освітленість, яка створюється аварійним освітленням для евакуації людей, повинна бути, не менш, як 0,5 лк.

1.3. Вибір типу джерела світла і світильника

Згідно рекомендацій ЛР встановлюються:

- в допоміжних приміщеннях;
- для місцевого освітлення;
- для аварійного освітлення;
- в пташниках для регулювання освітлення;
- свинарниках відгодівельниках.

Люмінесцентні лампи:

- у всіх приміщеннях із зоровим напруженням;
- в тваринницьких приміщеннях;
- в приміщеннях де відсутнє природне освітлення. Роблячи вибір між ЛР

і ЛЛ бажано враховувати наступне:

- капітальні затрати на установку і покупку ЛЛ або ЛР;
- надійна робота ЛР апаратури забезпечується лише при певних параметрах навколишнього середовища;
- спектр випромінювання ЛЛ дозволяє отримати більш правильну кольоропередачу, ніж в ЛР.

Тому вибираючи ЛР чи ЛЛ необхідно брати до уваги конкретні приміщення, які роботи там виконуються, скільки часу знаходиться там оперативний персонал.

Від вибору світильника теж залежить надійність, ефективність і економічність освітлювальної установки. При виборі світильника враховують:

- умови навколишнього середовища;
- вимоги до характеру світлорозподілення;
- економічну ефективність.

Вихідними даними для розробки світлотехнічної відомості є:

- вид освітлення;
- система освітлення;
- джерело світла;

- тип світильника;
- нормована освітленість – E_n ;
- площість для якої нормується освітленість $\Gamma - 00, h_{rp}$;
- коефіцієнт запасу – K_z ;
- мінімальна допустима висота підвісу $h_{під.мін} = 2,5 \text{ м}$;
- висота приміщення $H, \text{ м}$;
- ширина приміщення $B, \text{ м}$;
- довжина приміщення $A, \text{ м}$;
- висота звісу $h_{зв}, \text{ м}$;

1.4. Приклад виконання світлотехнічної відомості

Таблиця 2.1 - Світлотехнічна відомість

Номер приміщення на плані	Назва	Характеристика приміщення							Вид освітлення	Система освітлення	Загальне освітлення						Штепс. розетка		Встановлена потужність, Вт	Питома потужність, Вт
		Довжина, м	Ширина, м	Площа, м ²	Висота, м	Характеристика середовища	Коеф. відбиття.				Е _н , лк	Коефіцієнт запаса	Світильники			Загальна потужність	Тип, потужність, Вт	Кількість		
							ρ _{ст} , %	ρ _{пот} , %					Тип	Потужність, Вт	Кількість					
1	Цех молочний	36	20	720	3,2	Сире	30	50	роб.	заг. рівн.	75	1,3	ЛСП18	40	68	2720	-	-	2720	3,8
2	Приймальня молока	9	9	81	3,2	Сире	30	50	роб.	заг. рівн.	50	1,15	НСП02	200	4	800	-	-	800	9,9
3	Тамбур	9	3	27	3,2	Сире	30	50	роб.	заг. рівн.	20	1,15	НСП02 СПП200	60 60	2 1	120 60	-	-	180	6,7
4	Електрощитова	9	7	63	3,2	Сухе	30	50	роб.	заг. рівн.	50	1,15	НСП02	200	4	800	-	-	800	12,7
5	Тамбур	9	3	27	3,2	Сире	30	50	роб.	заг. рівн.	20	1,15	НСП02 СПП200	60 60	2 1	120 60	-	-	180	6,7
6	Лабораторія	4	4	16	3,2	Сухе	50	70	роб.	заг. рівн.	200	1,15	НСО02	200	1	200	РЩ-Ц-22-0-220	1	700	43,7
7	Кімната відпочинку	4	4	16	3,2	Сухе	50	70	роб.	заг. рівн.	200	1,15	НСО02	200	1	200	РЩ-Ц-22-0-220	1	700	43,7
8	Майстерня	9	5	45	3,2	Сире	30	50	роб.	заг. рівн.	50	1,15	НСП02	200	4	800	-	-	800	17,8
9	Кладова	9	5	45	3,2	Сире	30	50	роб.	заг.рів.	20	1,15	НСП02 СПП200	60	4	240	-		240	5,3

2. Завдання

1. Ознайомитись із планом будівлі, поданим на рис. 2.1.
2. Визначити характеристику кожного приміщення (сухе, вологе, сире середовище), його розміри (довжину, ширину, висоту) та площу.
3. Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2006 «Природне і штучне освітлення», вибрати:
 - вид освітлення (робоче, чергове, аварійне тощо);
 - систему освітлення (загальне рівномірне, локалізоване, комбіноване);
 - тип джерела світла (лампи розжарювання, люмінесцентні, LED);
 - тип світильника (з урахуванням умов середовища та характеру робіт).
4. Встановити нормовану освітленість (E_n) для кожного приміщення відповідно до його призначення.
5. Прийняти коефіцієнт запасу (K_z) залежно від типу приміщення та умов експлуатації.
6. Визначити кількість і потужність світильників, а також розрахувати загальну встановлену потужність у кожному приміщенні.
 - 6.1. Алгоритм вибору світильника і підрахунку:
 - 1) Визначаємо призначення приміщення: сухе, вологе, запилене тощо.
→ Це впливає на тип корпусу (пиловологозахищений або звичайний).
 - 2) Вибираємо тип світильника:
 - для виробничих і вологих приміщень – ЛСП18, НСП02 (пиловологозахищені);
 - для офісів, лабораторій – ЛПО46, LED Panel, НСО02.
 - 3) Визначаємо потужність:
 - люмінесцентна $2 \times 36 \text{ Вт} = 72 \text{ Вт}$;
 - LED-світильник – 40–60 Вт;
 - лампа розжарювання – 100–200 Вт.
 - 4) Розраховуємо кількість світильників:
 - орієнтовно за освітленістю або за питомою потужністю:

$$N = \frac{P_{\text{заг}}}{P_{\text{одн}}}$$

де $P_{\text{заг}}$ - необхідна потужність для приміщення (Вт) (див. табл. 2.2), $P_{\text{одн}}$ - потужність одного світильника.

Таблиця 2.2 - Загальна встановлена потужність освітлення приміщень

№	Приміщення	Загальна потужність, Вт
1	Основне приміщення (стіло, цех, сховище)	2700
2	Вигульний двір, стоянка, відкритий склад	1800
3	Проходи, коридори	800
4	Вентиляційна	400
5	Вагова	600
6	Приміщення ветообробки, вакуумнасосна	900
7	Щитова	800
8	Інвентарна	500
9	Душові	600
10	Кімната відпочинку, роздягальня	700
11	Туалети, умивальники	400
12	Кімнати бригадира, начальника цеху, майстра	600
13	Склад, інструментальний	900
14	Лабораторія	800

7. Заповнити світлотехнічну відомість (таблиця 2.1).

8. Зробити аналіз отриманих результатів, визначивши:

- ефективність обраного типу освітлення;
- рівень енергоефективності (за питомою потужністю);
- відповідність нормам і вимогам безпеки.

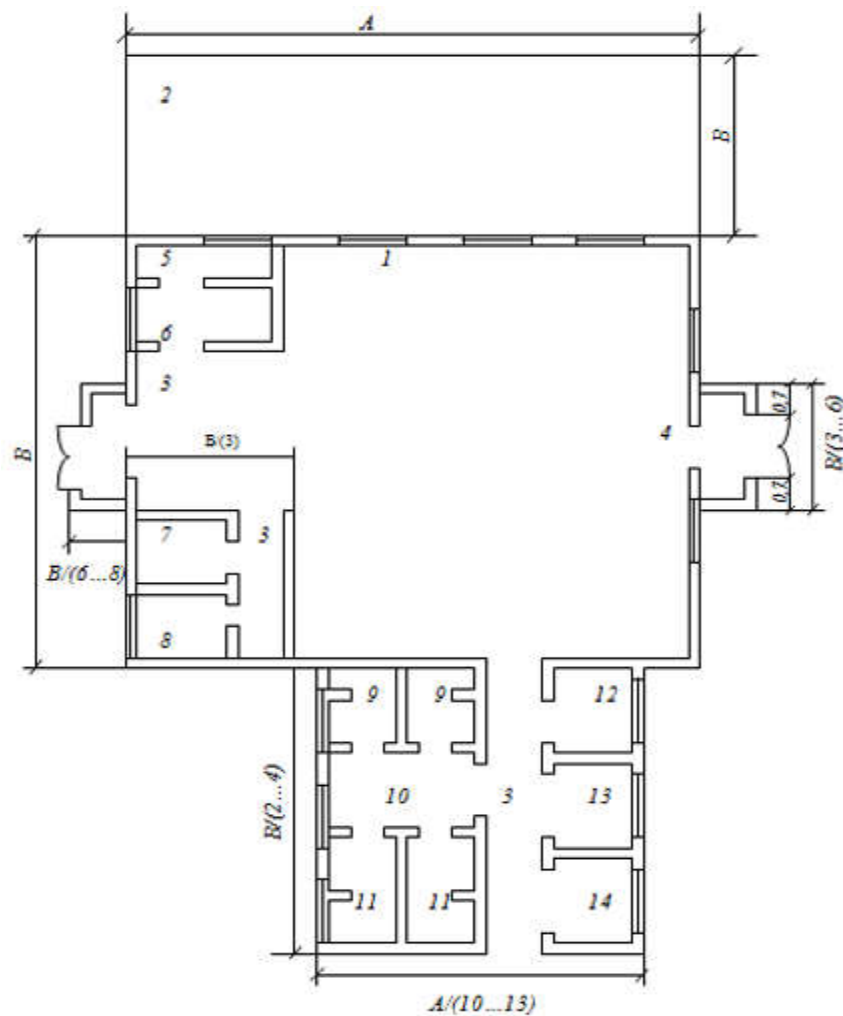


Рис. 2.1 – План будівлі для розрахунку освітлення: 1 - основне приміщення: стійло, цех, сховище; 2 - вигульний двір, стоянка, відкритий склад; 3 - проходи, коридори; 4 - вентиляційна; 5, 6 - вагова, приміщення ветобробки, вакуумнасосна; 7 - щитова; 8 - інвентарна; 9 - душові; 10 - кімната відпочинку, роздягальня; 11 - туалети, умивальники; 12 - кімнати бригадира, начальника цеху, майстра; 13 - склад, інструментальний; 14 - лабораторія

Таблиця 2.3 – Умовні розміри приміщень

№	Приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Площа, м ²	Висота, м
1	Основне приміщення (стійло, цех, сховище)	36,0	20,0	720	3,2
2	Вигульний двір, стоянка, відкритий склад	30,0	20,0	600	3,0
3	Проходи, коридори	20,0	3,0	60	3,0
4	Вентиляційна	3,0	3,0	9	2,8

№	Приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Площа, м ²	Висота, м
5	Вагова	9,0	7,0	63	3,2
6	Приміщення ветобробки / вакуумнасосна	9,0	7,0	63	3,2
7	Щитова	9,0	7,0	63	3,2
8	Інвентарна	9,0	5,0	45	3,0
9	Душові	9,0	5,0	45	2,7
10	Кімната відпочинку, роздягальня	4,0	4,0	16	2,7
11	Туалети, умивальники	3,0	3,0	9	2,7
12	Кімнати бригадира, начальника цеху, майстра	6,0	5,0	30	3,0
13	Склад, інструментальний	12,0	8,0	96	3,2
14	Лабораторія	4,0	4,0	16	3,2

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися з прикладом заповнення світлотехнічної відомості.
3. Відповідно до вихідних даних розробити світлотехнічну відомість, для відповідного об'єкту.
4. Відповісти на контрольні питання.
5. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
6. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Яка мета та основні завдання проходження виробничої практики?
2. Які основні характеристики електричної мережі на об'єкті практики?
3. Які типи світильників використовуються у виробничих приміщеннях?
4. Як визначається загальна потужність освітлювальної установки?
5. Які методи розрахунку штучного освітлення використовуються найчастіше?
6. У чому полягає різниця між робочим, аварійним та евакуаційним освітленням?

7. Які фактори впливають на вибір типу ламп і світильників?
8. Як визначається рівень освітленості в робочій зоні?
9. Які вимоги висуваються до електробезпеки в освітлювальних мережах?
10. Які заходи енергозбереження можна впровадити в системі освітлення підприємства?
11. Які прилади використовуються для вимірювання освітленості та електричних параметрів?
12. Що таке коефіцієнт потужності і як його можна підвищити?
13. Які елементи входять до складу електричної схеми освітлення?
14. Які види захисту електроустановок застосовуються на практичному об'єкті?
15. Які основні результати та навички Ви здобули під час проходження практики?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

Тема: Розрахунок освітлення сільськогосподарського приміщення методом використання коефіцієнту світлового потоку

Мета роботи: вивчити методику та набуття практичних навиків світлотехнічного розрахунку освітлювальних установок методом коефіцієнту використання світлового потоку.

1. Теоретична частина

Метод коефіцієнта використання світлового потоку застосовують при розрахунку загального рівномірного освітлення закритих приміщень при відсутності істотних затінювачів.

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

$$\Phi = \frac{E_n ABKZ}{N\eta}, \quad (3.1)$$

де E_n - нормована освітленість, лк; k_z - коефіцієнт запасу, в.о.; S - площа приміщення, м²; Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, в.о.; N_Σ - кількість світильників у приміщенні, шт; η - коефіцієнт використання світлового потоку, в.о.;

Значення коефіцієнту використання освітлювальної установки η для стаціонарних світильників обирається в залежності від індексу приміщення i та відбиваючих властивостей, тобто коефіцієнтів відбиття стелі ρ_{cm} , стін ρ_c та підлоги ρ_n приміщення $\eta = f(i, \rho_c, \rho_n, \rho_{cm})$.

Індекс приміщення i визначається за виразом:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (3.2)$$

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

Розрахункова висота H_p - це відстань між світловим центром джерела і робочою поверхнею (рис. 3.1).

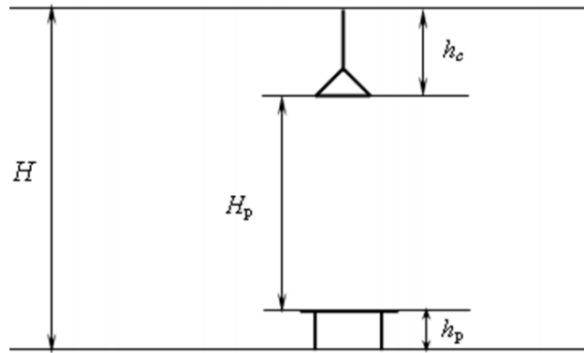


Рис. 3.1 – Висота підвісу світильника: H - висота приміщення; H_p - висота підвісу світильника над робочою поверхнею, h_p - висота робочої поверхні над підлогою

Висота підвісу h_c - відстань між точкою закріплення світильника до перекриття, і світловим центром світильника.

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

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

По розрахунковому світловому потоку лампи $\Phi_{лр}$ обирається тип та потужність лампи з подальшою перевіркою на допустиме відхилення фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{лф}$ від розрахункового. Це відхилення допустимо в межах від мінус 10 до плюс 20%.

При відхиленні фактичного світлового потоку за межі допустимого обирається інше джерело світла або по розрахунковій формулі ($\Phi_{лф}$) визначають іншу кількість світильників та змінюють їх розміщення. Наприкінці розрахунку визначають сумарну потужність світильників та питому потужність, $P_{пит}$, яку порівнюють з рекомендованою.

Вихідними даними для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки методом коефіцієнту використання світлового потоку є:

1. План розміщення світильників, див. рис. 3.2.

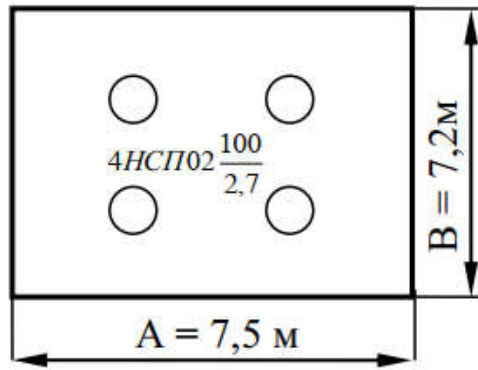


Рис. 3.2 – План розміщення світильників

2. Перелік основних даних по світлотехнічному розрахунку:

Система освітлення – загальна рівномірна;

Вид освітлення – робоч;

Джерело світла – лампа розжарювання;

Тип світильника – НСП02, к.с.с. М – рівномірна (крива сили світла);

Категорія приміщення по умовам навколишнього середовища – пильне;

Нормована освітленість – $E_n = 20$ лк;

Площість для якої нормується освітленість $\Gamma - 00$;

Коефіцієнт запасу – $K_z = 1,15$;

Висота приміщення $H = 2,9$ м;

Висота робочої поверхні $h_{р.п.} = 0$;

Ширина приміщення $B = 7,2$ м;

Довжина приміщення $A = 7,5$ м;

Висота звісу $h_{св.} = 0,2$ м.

2. Завдання

1) Ознайомитися з теоретичними основами методу коефіцієнта використання світлового потоку.

2) Визначити тип приміщення, його призначення, систему та вид освітлення (Кожен студент отримує 3 приміщення з таблиці варіантів).

3) Згідно з варіантом завдання обрати:

- розряд і підрозряд зорової роботи;
- нормовану освітленість (E_n);
- коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги.

4) За заданими розмірами приміщення (A , B , H) визначити:

- розрахункову висоту підвісу світильників H_r ;
- індекс приміщення i ;
- коефіцієнт використання світлового потоку η .

5) Визначити оптимальну кількість світильників та їхнє розташування в приміщенні (у рядах та між рядами).

6) Виконати світлотехнічний розрахунок освітлення:

- визначити розрахунковий світловий потік лампи $\Phi_{\text{лр}}$;
- підібрати тип світильника з відповідним джерелом світла (люмінесцентним або світлодіодним);
- перевірити фактичну освітленість E_f та допустиме відхилення від нормованої.

7) Визначити:

- загальну кількість світильників у приміщенні N ;
- установлену потужність освітлювальної установки P_y ;
- питому потужність $P_{\text{пит}}$.

8) Побудувати план розміщення світильників у приміщенні згідно з розрахованими відстанями.

2.2. Порядок виконання завдання

1. Вибираємо, згідно з варіантом, характеристики зорової роботи, розряд і підрозряд зорової роботи, а також нормований рівень мінімальної освітленості на робочому місці вибираємо з таблиці 3.1.

2. Визначаємо кількість світильників. Кількість світильників повинна забезпечувати рівномірність освітлення та оптимальну питому потужність. Для кожного типу світильників існує найбільш прийнятне співвідношення між світильниками і висотою підвісу над робочими поверхнями.

3. Визначаємо розрахункову висоту, див. рис. 3.1. Звисання світильників приймається зазвичай 0,5-0,7 м, у високих приміщеннях, де немає кранів або інших пристроїв, з яких можна обслуговувати світильники, звис збільшують, щоб висота над підлогою була не більше 5 - 5,5 м. 1,5 - 2 м не слід, оскільки вони сильно розгойдуватимуться навіть від незначного руху повітря.

Далі необхідно визначити висоту підвісу над робочою поверхнею:

$$H_p = H - (h_c + h_p), \quad (3.3)$$

де h_c - висота звисання світильника, враховуючи спосіб його кріплення; h_p - висота робочої поверхні на якій нормується освітленість.

4. Визначивши висоту підвісу визначаємо відстань між світильниками у рядку (рис. 3.3):

$$L = \lambda H_p, \quad (3.4)$$

де λ - відповідно світлотехнічно та економічно найвигідніша відносна відстань між світильниками $\lambda = 1,2 \dots 1,6$.

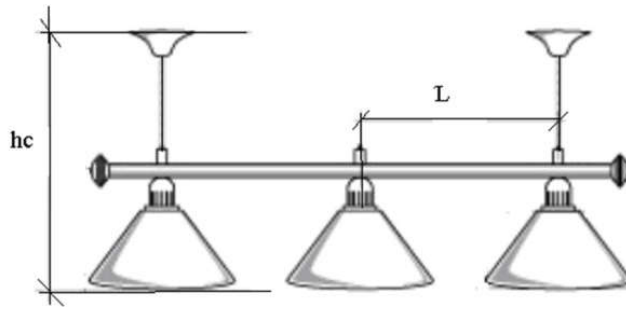


Рис. 3.3 – Конструкційні особливості освітлювальної установки

Відстань між світильниками доводиться іноді зменшувати для досягнення необхідної освітленості або через несиметричність розташування світильників по відношенню до обладнання або елементів будівлі (вікон, балок тощо).

5. Визначаємо відстань від крайніх світильників до стін:

$$L_c = l_{AB} \cdot L, \quad (3.5)$$

де - l_{A-B} відстані від стін, рис. 3.4.

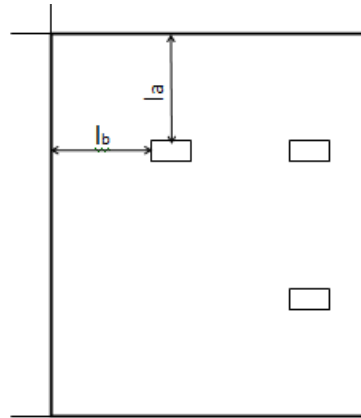


Рис. 3.4 – Зображення відстані між стінами та крайнім світильником

6. Визначаємо кількість рядів світильників, за формулою:

$$n_B = \frac{B - 2L_c}{L} + 1, \quad (3.6)$$

7. Розрахункова відстань між рядами:

$$L_B = \frac{B - 2L_c}{n_B - 1}, \quad (3.7)$$

8. Кількість світильників у ряду визначаємо за формулою:

$$n_A = \frac{A - 2L_c}{L_a} + 1, \quad (3.8)$$

9. Розрахункова відстань між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2\ell_A}{n_A - 1}, \quad (3.9)$$

10. Загальна кількість світильників:

$$N = n_B \cdot n_A, \quad (3.10)$$

11. Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (3.11)$$

12. Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника:

$$\Phi = \frac{E_n ABKZ}{N\eta}, \quad (3.12)$$

де Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення; E_n - нормована освітленість; N - загальна кількість світильників; η - коефіцієнти використання світлового потоку;

13. Виходячи з розрахункових даних та норм освітлення приміщення вибираємо відповідний світильник з відповідним джерелом світла.

14. Визначаємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_\phi = E_n \frac{\Phi_l \cdot m}{\Phi}, \quad (3.13)$$

де m - кількість ламп у світильнику.

15. Визначаємо відхилення освітленості:

$$E\% = \frac{E_\phi - E_n}{E_n} 100\%; \quad (3.14)$$

Допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої повинно бути в межах (+20...-10%).

16. Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = P_l \cdot m \cdot N, \quad (3.15)$$

17. Будуємо план розміщення світильників в приміщенні.

18. Результати розрахунків заносимо в світлотехнічну відомість.

19. Приміщення, які мають площу до 10 м² приймаємо 1 світильник.

2.3. Приклад виконання завдання

Розміри приміщення – довжина $A = 39,15$ м; ширина $B = 15$ м; висота $H = 5$ м; площа приміщення $S = 78,3$ м².

Вид освітлення – робоче.

Система освітлення – загальна рівномірна.

Тип джерела світла – лампа світлодіодна.

Тип світильника - SLIK ECO LED, крива сили світла – Д.

Нормована освітленість – $E_n = 75$ лк.

Характер відбивальних поверхонь: стелі $\rho_{\text{ст}}=70\%$; стін $\rho_{\text{с}}=50\%$; підлоги $\rho_{\text{п}}=10\%$.

1. Визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників:

$$H_p = 5 - (0,5 - 0) = 4,5 \text{ м.}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої - Д.

2. Визначаємо оптимальну відстань між світильниками:

$$L = (1,2 \dots 1,6) 4,5 = 5,4 \dots 7,2 \text{ м.}$$

Приймаємо $L = 6,3 \text{ м.}$

3. Визначаємо відстань від крайніх світильників до стін:

$$L_c = 0,6 \cdot 6,3 \approx 3,8 \text{ м.}$$

4. Визначаємо кількість рядів світильників:

$$n_B = \frac{15 - 2 \times 3,8}{6,3} + 1 = 2,17 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_B = 2 \text{ шт.}$

5. Розрахункова відстань між рядами:

$$L_B = \frac{15 - 2 \cdot 3,8}{2 - 1} = 7,4 \text{ м.}$$

6. Кількість світильників у ряду визначаємо за формулою:

$$n_A = \frac{39,15 - 2 \cdot 3,8}{6,3} + 1 = 6 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_a = 6 \text{ шт.}$

7. Розрахункова відстань між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{39,15 - 2 \cdot 3,8}{6 - 1} = 6,3 \text{ м.}$$

8. Загальна кількість світильників:

$$N = 6 \cdot 2 = 12 \text{ шт.}$$

9. Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{39,15 \cdot 15}{4,5(39,15 + 15)} = 2,41.$$

Коефіцієнти використання світлового потоку світильників з діодними лампами становить: $\eta = 0,71\%$.

Приймаємо горизонтальну нормовану освітленість для розрахункового приміщення $E_n=75 \text{ лк}$; коефіцієнт запасу $k_3 = 1,3$; коефіцієнт нерівномірності освітлення $Z = 1,1$. (для світильників з лампами розжарювання $Z = 1,15$, а для світильників з люмінесцентними та діодними лампами $Z = 1,1$).

10. Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника:

$$\Phi_{p.c.} = \frac{75 \cdot 39,15 \cdot 15 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,71} = 7392,3 \text{ лм.}$$

Вибираємо світлодіодний світильник SLIK ECO LED $P_{\text{л}} = 60$ Вт; $\Phi_{\text{л}} = 7500$ лм. Серія світильників SLICK.PRS ECO LED - оптимальне рішення для освітлення сільськогосподарських, технічних приміщень, і невеликих складів. Простий і швидкий в монтажі без необхідності розбирання. Підходить для заміни світильників типу ЛСП 2х18, ЛСП 2х36, ЛСП 2х58.

11. Будуємо план розміщення світильників в приміщенні (рис. 3.5).

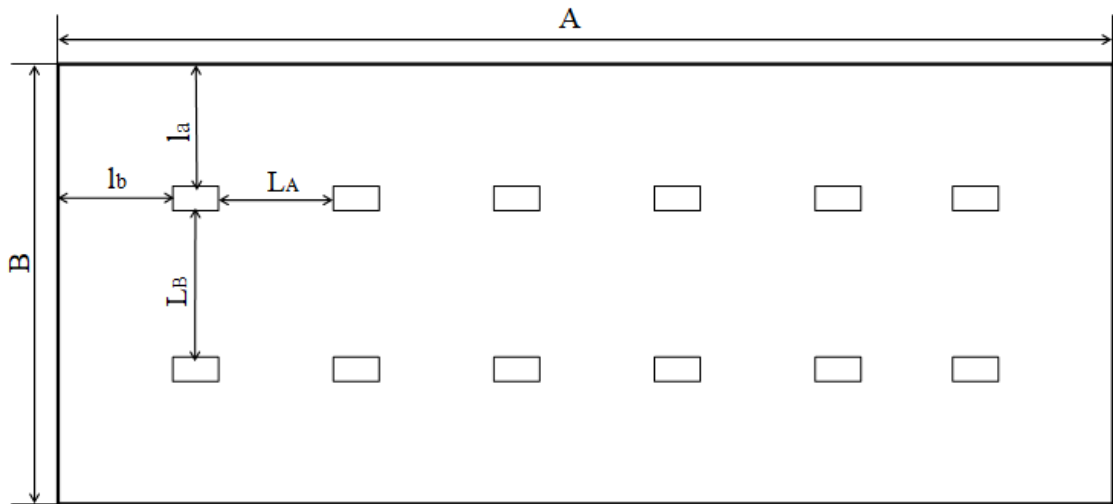


Рис. 3.5 – План розміщення світильників

12. Визначаємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_{\phi} = 75 \frac{7500 \cdot 1}{7392,3} = 76,09 \text{ лк.}$$

13. Визначаємо відхилення освітленості:

$$E\% = \frac{76,09 - 75}{75} 100 = 1,45\% .$$

Допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої повинно бути в межах (+20...-10%).

14. Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = 60 \cdot 12 = 720 \text{ Вт.}$$

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.

3. За вихідними даними приміщення, виконати світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки методом коефіцієнту використання світлового потоку.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Що таке метод коефіцієнта використання світлового потоку і де його застосовують?
2. Яке основне рівняння використовується для розрахунку світлового потоку методом коефіцієнта використання?
3. Що таке розрахункова висота H_r і як її визначають?
4. Як визначається індекс приміщення і для чого він потрібен?
5. Які коефіцієнти відбиття поверхонь враховуються при розрахунку освітлення?
6. Що таке коефіцієнт нерівномірності освітлення Z і як він впливає на розрахунок?
7. Які види освітлення розрізняють у сільськогосподарських приміщеннях?
8. Як визначається кількість світильників у приміщенні?
9. Як розрахувати відстань між світильниками в ряду та між рядами світильників?
10. Що таке розрахунковий світловий потік світильника і як він обчислюється?
11. Як перевіряють фактичну освітленість і допустиме відхилення від нормованої?
12. Які типи джерел світла використовують у сільськогосподарських приміщеннях?
13. Як вибір світильника впливає на надійність і економічність освітлювальної установки?
14. Що таке питома потужність освітлювальної установки і як її розраховують?
15. Які дані обов'язково вносяться до світлотехнічної відомості?
16. Як враховуються умови навколишнього середовища при виборі світильників?
17. Як визначають оптимальне розташування світильників у приміщенні?
18. Що таке коефіцієнт запасу K_z і для чого він потрібен?

Таблиця 3.1 - Варіанти завдань

Варіант	Назва приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Висота Н, м	Площа S, м ²	Ймовірне Джерело світла
1	Молочний цех	7.5	7.2	2.9	54.0	Лампа розжарювання
2	М'ясний цех	10	8	3.0	80.0	Люмінесцентна лампа
3	Зерновий цех	12	6	3.2	72.0	Світлодіодна лампа
4	Олійний цех	15	9	3.5	135.0	Лампа розжарювання
5	Вітамінний цех	8	8	2.8	64.0	Люмінесцентна лампа
6	Сироварня	9	7	3.1	63.0	Світлодіодна лампа
7	Кормовий цех	14	6	3.4	84.0	Лампа розжарювання
8	Фасувальний цех	11	7	3.0	77.0	Люмінесцентна лампа
9	Пакувальний цех	10	10	3.2	100.0	Світлодіодна лампа
10	Сировий цех	13	8	3.3	104.0	Лампа розжарювання
11	Приймальня молока	7.5	6	2.9	45.0	Люмінесцентна лампа
12	Приймальня зерна	9.5	8	3.1	76.0	Світлодіодна лампа
13	Вагова зерна	12	7	3.2	84.0	Лампа розжарювання
14	Приміщення ветобробки	15	6	3.5	90.0	Люмінесцентна лампа
15	Вакуумнасосна	8.5	7.5	3.0	63.75	Світлодіодна лампа

Варіант	Назва приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Висота Н, м	Площа S, м ²	Ймовірне Джерело світла
16	Електроцитова	10	9	3.2	90.0	Лампа розжарювання
17	Інвентарна	11	6	66.0	50.0	Люмінесцентна лампа
18	Душові	13	7	3.3	91.0	Світлодіодна лампа
19	Кімната відпочинку	9	9	3.0	81.0	Лампа розжарювання
20	Роздягальня	12	8	3.4	96.0	Люмінесцентна лампа
21	Кімнати бригадира	10.5	7	3.2	73.5	Світлодіодна лампа
22	Склад інструментальний	14	8	3.5	112.0	Лампа розжарювання
23	Лабораторія №1	8	6	2.8	48.0	Люмінесцентна лампа
24	Лабораторія №2	11	9	3.2	99.0	Світлодіодна лампа
25	Склад сухих продуктів	13	6	78.0	50.0	Лампа розжарювання
26	Склад сипучих матеріалів	12	7	3.1	84.0	Люмінесцентна лампа
27	М'ясопереробний цех	10	8	3.0	80.0	Світлодіодна лампа
28	Кондитерський цех	9	7	3.2	63.0	Лампа розжарювання
29	Пекарський цех	15	9	3.5	135.0	Люмінесцентна лампа
30	Овочесховище	11	6	3.0	66.0	Світлодіодна лампа

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

Тема: Розрахунок робочого освітлення приміщення точковим методом

Мета роботи: вивчити методику та набуття практичних навиків світлотехнічного розрахунку освітлювальних установок точковим методом

1. Теоретична частина

В цьому методі початково приймається, що світловий потік лампи у кожному світильнику рівний 1000 лм. Освітленість, яка створюється в такому випадку називається умовною і позначається e . Величина e залежить від світлорозподілу світильника та геометричних розмірів d та h .

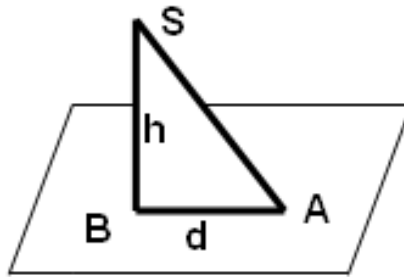


Рис. 4.1 – Зображення точкового методу розрахунку освітлення: h - перпендикуляр від джерела світла (т. S) до освітлювальної поверхні; d - відстань від перетину перпендикуляра освітлювальною поверхнею (т. B) до контрольної точки (т. A)

Для визначення e слугують просторові ізолюкси умовної горизонтальної освітленості. За даними значеннями d та h на ізолюксах для відповідного типу світильника знаходять значення e шляхом інтерполяції між значеннями, що належать найближчим ізолюксам.

Нехай сумарна дія „найближчих” світильників створює в контрольній точці умовну освітленість Σe ; дію більш віддалених світильників та відбиту складову освітленості наближено врахуємо коефіцієнтом μ . Тоді для того, щоб отримати в цій точці нормовану освітленість E при заданому коефіцієнті запасу K_3 , лампи в кожному світильнику повинні мати світловий потік рівний:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{1000 E \cdot K_3}{\mu \cdot \Sigma e}, \quad (4.1)$$

По цьому світловому потоку і обирається за таблицями найнижча стандартна лампа. Необхідно мати на увазі, що фактичний світловий потік стандартної лампи не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на

10% чи 20%. Якщо вибрати лампу з таким допуском неможливо, то необхідно змінити розміщення світильників.

Формулу можна використовувати також для визначення освітленості заданої точки (E_d) при відомому світловому потоці лампи Φ_d .

Точковий метод розрахунку освітлення застосовується для розрахунку загального рівномірного і локалізованого освітлення, місцевого освітлення незалежно від розташування освітлюваної поверхні при світильниках прямого света. Согласно даної методики освітленість визначається в кожній точці розраховується поверхні, щодо кожного джерела освітлення. Не складно здогадатися, що трудомісткість даного методу просто величезна! Точність знаходиться в прямій залежності від сумлінності інженера, провідного розрахунок.

2. Завдання

1) Ознайомитися з теоретичними основами точкового методу розрахунку освітлення.

2) Визначити тип приміщення, його призначення, систему та вид освітлення.

- Кожен студент отримує 3 приміщення з таблиці варіантів.

3) Згідно з варіантом завдання обрати:

- розряд і підрозряд зорової роботи;
- нормовану освітленість E_n ;
- коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги ($\rho_{ст}$, $\rho_{с}$, $\rho_{п}$).

4) За заданими розмірами приміщення (А, В, Н) визначити:

- розрахункову висоту підвісу світильників H_p ;
- оптимальну відстань між світильниками у ряді та між рядами;
- кількість рядів та кількість світильників у ряду.

5) Виконати точковий світлотехнічний розрахунок освітлення:

- визначити відстані від світильників до контрольних точок;
- розрахувати тангенси кутів падіння світлового променя, α та $\cos^3 \alpha$;
- визначити силу світла I_α від кожного світильника у контрольних точках;
- обчислити сумарну освітленість у контрольних точках;
- перевірити допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої.

6) Визначити:

- загальну кількість світильників у приміщенні N ;
- установлену потужність освітлювальної установки P_u ;
- питому потужність $P_{пит}$ на 1 м^2 .

7) Побудувати план розміщення світильників у приміщенні згідно з розрахованими відстанями.

8) Скласти світлотехнічну відомість із результатами розрахунку для кожного з трьох приміщень.

2.2. Порядок виконання завдання

Порядок розрахунку освітлення точковим методом аналогічний методу коефіцієнта використання світлового потоку до пункту:

$$N = n_p n_a, \quad (4.2)$$

На плані приміщення розмішують світильники, намічають контрольні точки на робочій поверхні у місцях з імовірними мінімальними та максимальними освітленостями.

Визначають освітленість у кожній точці від кожного окремого світильника за розрахунковою формулою:

$$E = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H_p^2 K}, \quad (4.3)$$

де E - горизонтальна освітленість у точці розрахунку, лк; I_α - сила світла від світильника в напрямку до контрольної точки, кд; α - кут між віссю симетрії світильника та напрямом до контрольної точки, град; K - коефіцієнт запасу світильника; H_p - розрахункова висота підвісу світильника, м.

Визначають тангенс кута падіння світлового променя від світильника в контрольну точку:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p}, \quad (4.4)$$

де d - відстань від контрольної точки до проекції осі симетрії світильника на площину, яка перпендикулярна їй і проходить через контрольну точку, м.

За знайденим тангенсом розраховують α та $\cos \alpha$ визначають силу світла:

$$I_\alpha = \frac{(I_\alpha)_m \Phi_\lambda}{1000}, \quad (4.5)$$

де $(I_\alpha)_m$ - сила світла світильника з умовною лампою 1000 лм; Φ_λ - світловий потік вибраної лампи, лм.

Якщо контрольна точка освітлюється декількома світильниками, то визначають освітленість в ній від кожного світильника:

$$E_\Sigma = \frac{I_{\alpha 1} \cos^3 \alpha_1}{H_p^2} + \frac{I_{\alpha 2} \cos^3 \alpha_2}{H_p^2} + \dots + \frac{I_{\alpha n} \cos^3 \alpha_n}{H_p^2}, \quad (4.6)$$

Якщо загальна освітленість E_Σ , значно відрізняється від нормованої E_n , то

вибирають іншу лампу і розрахунки повторюють.

2.3. Приклад виконання завдання

Розрахувати точковим методом освітлення приміщення зернозберігального відділення комплексу КЗС-20. Розміри приміщення 12,5 x 6,5 x 4. Нормована освітленість, $E_n = 30$ лк.

1. Вибираємо локалізовану систему освітлення. Враховуючи умови, навколишнього середовища вибираємо світильник типу НСП09-200 з лампою Г220-230-200, світловий потік лампи, $\Phi_{\text{л}} = 2920$ лм. Передбачаємо підвішування світильників на кронштейнах вздовж стін.

2. Визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників:

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (4.7)$$

де H - висота приміщення, м; h_c - відстань від стелі до світлового центру світильника, м; h_p - рівень робочої поверхні над підлогою, м.

$$H_p = 4 - 1,5 - 0 = 2,5 \text{ м}$$

3. З табл. 4.1 вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками (для кривої сили світла М, $\lambda = 1,8 \dots 2,6$ м).

Таблиця 4.1 - Рекомендовані значення λ для світильників з типовими кривими сили світла

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

4. Визначаємо оптимальну відстань між світильниками:

$$L = \lambda H_p = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ м}, \quad (4.8)$$

5. Визначаємо кількість рядів світильників:

$$n_p = \frac{B}{L} = \frac{6,5}{5} = 1,3, \quad (4.9)$$

Враховуючи розміщення технологічного обладнання, приймаємо $n_p = 2$ шт.

6. Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$n_a = \frac{A - 2l_c}{L} + 1, \quad (4.10)$$

де A - довжина приміщення, м; l_c - відстань від крайніх світильників до стін. Приймаємо $l_c = 2$ м.

$$n_a = \frac{12,5 - 2 \cdot 2}{5} + 1 = 2,7$$

Приймаємо $n_a = 3$.

7. Визначаємо загальну кількість світильників:

$$N = n_p \cdot n_a = 2 \cdot 3 = 6 \text{ шт.} \quad (4.11)$$

На плані приміщення розміщуємо світильники і наносимо контрольну точку М. (рис. 4.2.).

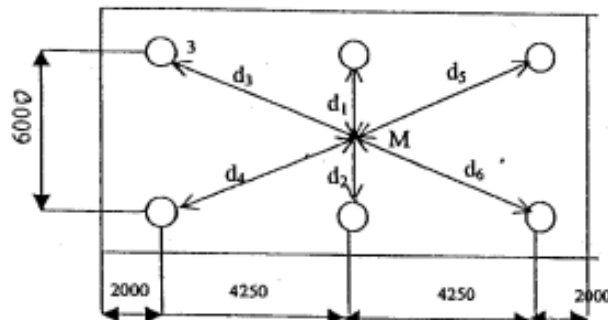


Рис. 4.2 – План приміщення з розміщенням світильників

8. Визначаємо відстані від проєкцій світильників на підлогу до точки М:

$$d_1 = d_2 = 3 \text{ м}$$

$$d_3 = d_4 = d_5 = d_6 = \sqrt{4,25^2 + 3^2} = 5,2 \text{ м.}$$

9. Визначаємо тангенси кутів α :

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_1}{H_p} = \frac{3}{2,5} = 1,2, \quad (4.12)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \operatorname{tg} \alpha_4 = \operatorname{tg} \alpha_5 = \operatorname{tg} \alpha_6 = \frac{d_3}{H_p} = \frac{5,2}{2,5} = 2,08.$$

10. За знайденими тангенсами розраховуємо α та $\cos^3 \alpha$:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 50,2^\circ; \quad \cos^3 \alpha_1 = 0,262$$

$$\alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = 64,32^\circ; \quad \cos^3 \alpha_3 = 0,081.$$

11. Користуючись світлотехнічними характеристиками світильників: сила світла $(I_\alpha)_T$, кд, при умовній лампі із світловим потоком $\Phi = 1000$ лм, (див. в інтернет джерелах), визначаємо силу світла світильника з умовною лампою 1000 лм: $(I_{\alpha 1})_T = 79$ кд; $(I_{\alpha 3})_T = 70$ кд.

12. Визначаємо силу світла:

$$I_{\alpha 1} = I_{\alpha 2} = \frac{(I_{\alpha 1})_T \Phi_L}{1000} = \frac{79 \cdot 2920}{1000} = 230,7 \text{ кд}, \quad (4.13)$$

13. Визначаємо загальну освітленість в точці М:

$$E_{\Sigma} = \frac{I_{\alpha 1} \cdot \cos^3 \alpha_1}{H_p^2 \cdot K}, \quad (4.14)$$
$$E_{\Sigma} = \frac{I_{\alpha 1} \cdot \cos^3 \alpha_1}{H_p^2 \cdot K} = \frac{I_{\alpha 2} \cdot \cos^3 \alpha_2}{H_p^2 \cdot K} = \frac{I_{\alpha 3} \cdot \cos^3 \alpha_3}{H_p^2 \cdot K} = \frac{I_{\alpha 4} \cdot \cos^3 \alpha_4}{H_p^2 \cdot K} = \frac{I_{\alpha 5} \cdot \cos^3 \alpha_5}{H_p^2 \cdot K} = \frac{I_{\alpha 6} \cdot \cos^3 \alpha_6}{H_p^2 \cdot K} =$$
$$= \frac{230,4 \cdot 0,262}{2,5^2 \cdot 1,3} + \frac{230,4 \cdot 0,262}{2,5^2 \cdot 1,3} + \frac{204,4 \cdot 0,081}{2,5^2 \cdot 1,3} + \frac{204,4 \cdot 0,081}{2,5^2 \cdot 1,3} + \frac{204,4 \cdot 0,081}{2,5^2 \cdot 1,3} + \frac{204,4 \cdot 0,081}{2,5^2 \cdot 1,3} = 24,7_{лк}$$

14. Визначаємо відхилення фактичної освітленості від нормованої:

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} \cdot 100 = \frac{24,7 - 30}{30} \cdot 100 = -17,6\% \quad (4.15)$$

Допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої повинно бути в межах (-10%...+20%). Оскільки відхилення фактичної освітленості від нормованої виходить за допустимі значення, то збільшуємо кількість світильників.

Приймаємо $N = 8$ шт.

15. Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = P_{св} \cdot N = 200 \cdot 8 = 1600 \text{ Вт.} \quad (4.16)$$

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. За вихідними даними приміщення, виконати світлотехнічний розрахунок освітлення приміщення.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. У чому основна відмінність точкового методу від методу коефіцієнта використання світлового потоку?
2. Що таке умовна освітленість (e) і як вона визначається?
3. Що таке контрольні точки та для чого вони використовуються при точковому методі?
4. Як розраховується освітленість від одного світильника в контрольній точці?
5. Що означає коефіцієнт запасу (K_z) і як він враховується у розрахунках?
6. Як визначають кут падіння світлового променя (α) та його тангенс?
7. Як обчислюється сила світла світильника (I_α) для обраної лампи?
8. Як визначають сумарну освітленість в контрольній точці при дії кількох світильників?
9. Які допустимі відхилення фактичної освітленості від нормованої за нормативами?
10. Що роблять у випадку, якщо фактична освітленість виходить за межі допустимого відхилення?
11. Як обирають тип лампи та світильника для приміщення?
12. Що таке розрахункова висота підвісу світильника і як вона визначається?
13. Як визначають оптимальну кількість світильників у приміщенні та їх розташування?
14. Що таке питома потужність світильників і як її порівнюють з нормативними значеннями?
15. Для яких типів приміщень точковий метод є доцільним і чому?
16. Як впливає розташування технологічного обладнання на планування освітлювальної установки?

Таблиця 4.2 – Вихідні дані завдання

№ студента	Прим. 1	A (м)	B (м)	H (м)	Прим. 2	A (м)	B (м)	H (м)	Прим.3	A (м)	B (м)	H (м)
1	Склад зерна	12,0	8,0	4,0	Ветобробка	7,5	5,5	3,5	Душові	4,0	3,0	2,8
2	Цех переробки	10,5	7,0	3,8	Кімната відпочинку	5,0	4,0	3,0	Інвентарна	6,0	4,5	3,2
3	Стійло	15,0	10,0	4,5	Вагова	6,0	3,5	3,0	Кімната майстра	4,5	3,5	3,0
4	Зерноочисний цех	14,0	8,0	4,2	Душові	4,5	3,0	2,8	Щитова	3,5	3,0	2,9
5	Відкритий склад	10,0	6,0	3,5	Кімната бригадира	4,0	3,0	3,0	Приміщення	7,0	5,0	3,5

№ студента	Прим. 1	А (м)	В (м)	Н (м)	Прим. 2	А (м)	В (м)	Н (м)	Прим.3	А (м)	В (м)	Н (м)
									ветобробки			
6	Склади кормів	12,5	7,5	4,0	Роздягальня	5,0	4,0	3,0	Інструментальна	6,0	4,0	3,2
7	Цех сушіння	13,0	9,0	4,5	Туалети	4,0	3,0	2,8	Кімната начальни ка цеху	4,5	3,5	3,0
8	Стійло	16,0	10,0	4,5	Інвентарна	6,0	4,5	3,2	Вагова	5,5	3,5	3,0
9	Лабораторія	5,0	4,0	3,2	Душові	4,0	3,0	2,8	Кімната майстра	4,5	3,5	3,0
10	Зерноочисний цех	12,5	8,0	4,0	Цех переробки	11,0	7,5	3,8	Кімната відпочинку	5,0	4,0	3,0
11	Склад кормів	12,0	8,0	4,0	Вагова	6,0	3,5	3,0	Інструментальна	6,0	4,0	3,2
12	Стійло	15,0	10,0	4,5	Кімната бригадира	4,0	3,0	3,0	Душові	4,5	3,0	2,8
13	Цех сушіння	13,0	9,0	4,5	Інвентарна	6,0	4,5	3,2	Кімната начальни ка цеху	4,5	3,5	3,0
14	Відкритий склад	10,0	6,0	3,5	Роздягальня	5,0	4,0	3,0	Приміщення ветобробки	7,0	5,0	3,5
15	Склади кормів	12,5	7,5	4,0	Туалети	4,0	3,0	2,8	Інструментальна	6,0	4,0	3,2
16	Цех переробки	11,0	7,5	3,8	Кімната відпочинку	5,0	4,0	3,0	Вагова	6,0	3,5	3,0
17	Стійло	16,0	10,0	4,5	Лабораторія	5,0	4,0	3,2	Кімната майстра	4,5	3,5	3,0
18	Зерноочисний цех	12,5	8,0	4,0	Цех сушіння	13,0	9,0	4,5	Інвентарна	6,0	4,5	3,2
19	Склад зерна	12,0	8,0	4,0	Душові	4,0	3,0	2,8	Кімната бригадира	4,0	3,0	3,0
20	Відкритий склад	10,0	6,0	3,5	Вагова	6,0	3,5	3,0	Кімната начальни ка цеху	4,5	3,5	3,0
21	Склади кормів	12,5	7,5	4,0	Роздягальня	5,0	4,0	3,0	Приміщення ветобробки	7,0	5,0	3,5
22	Цех переробки	11,0	7,5	3,8	Кімната відпочинку	5,0	4,0	3,0	Інструментальна	6,0	4,0	3,2
23	Стійло	15,0	10,0	4,5	Вагова	6,0	3,5	3,0	Душові	4,5	3,0	2,8

№ студента	Прим. 1	А (м)	В (м)	Н (м)	Прим. 2	А (м)	В (м)	Н (м)	Прим.3	А (м)	В (м)	Н (м)
24	Лабораторія	5,0	4,0	3,2	Кімната майстра	4,5	3,5	3,0	Інвентарна	6,0	4,0	3,2
25	Цех сушіння	13,0	9,0	4,5	Роздягальня	5,0	4,0	3,0	Приміщення ветобробки	7,0	5,0	3,5
26	Склад зерна	12,0	8,0	4,0	Кімната бригадира	4,0	3,0	3,0	Вагова	6,0	3,5	3,0
27	Склади кормів	12,5	7,5	4,0	Туалети	4,0	3,0	2,8	Кімната начальника цеху	4,5	3,5	3,0
28	Цех переробки	11,0	7,5	3,8	Душові	4,5	3,0	2,8	Інструментальна	6,0	4,0	3,2
29	Стійло	15,0	10,0	4,5	Лабораторія	5,0	4,0	3,2	Кімната майстра	4,5	3,5	3,0
30	Зерноочисний цех	12,5	8,0	4,0	Цех сушіння	13,0	9,0	4,5	Інвентарна	6,0	4,5	3,2

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема: Розрахунок робочого освітлення приміщення методом лінійних ізолюкс

Мета роботи: вивчити методику та набуття практичних навиків світлотехнічного розрахунку освітлювальних установок точковим методом

1. Теоретична частина

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

Цей метод застосовується у тих випадках, коли окремо встановлені світильники з люмінесцентними лампами або їх ряди можливо розглядати як світні лінії. Основною підставою для визначення світляної лінії є наступні умови:

- 1) довжина L окремого світильника або їх ряду повинна бути *більше половини* розрахункової висоти H_p , тобто: $L > 0,5 H_p$;
- 2) відстань між світильниками в ряду l_p повинна бути *менше половини* розрахункової висоти H_p , тобто: $l_p < 0,5 \cdot H_p$ (рис. 5.1).

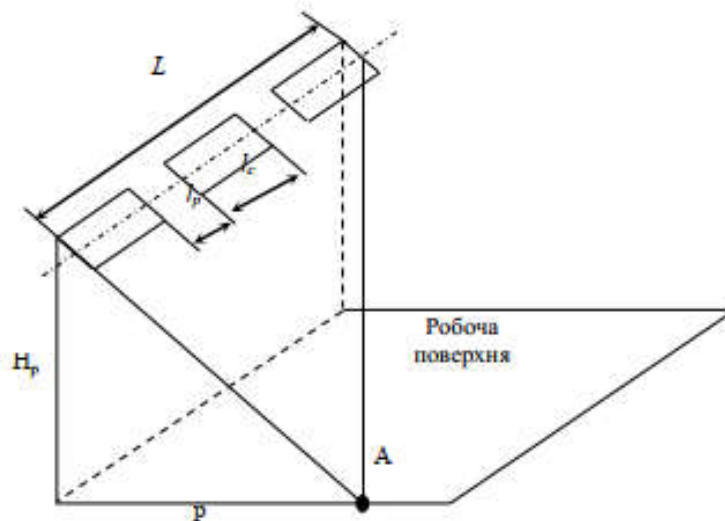


Рис. 5.1 – Зображення точки світлових ліній

Розрахунок освітленості проводять за допомогою графіків лінійних ізолюкс (рис. 5.2).

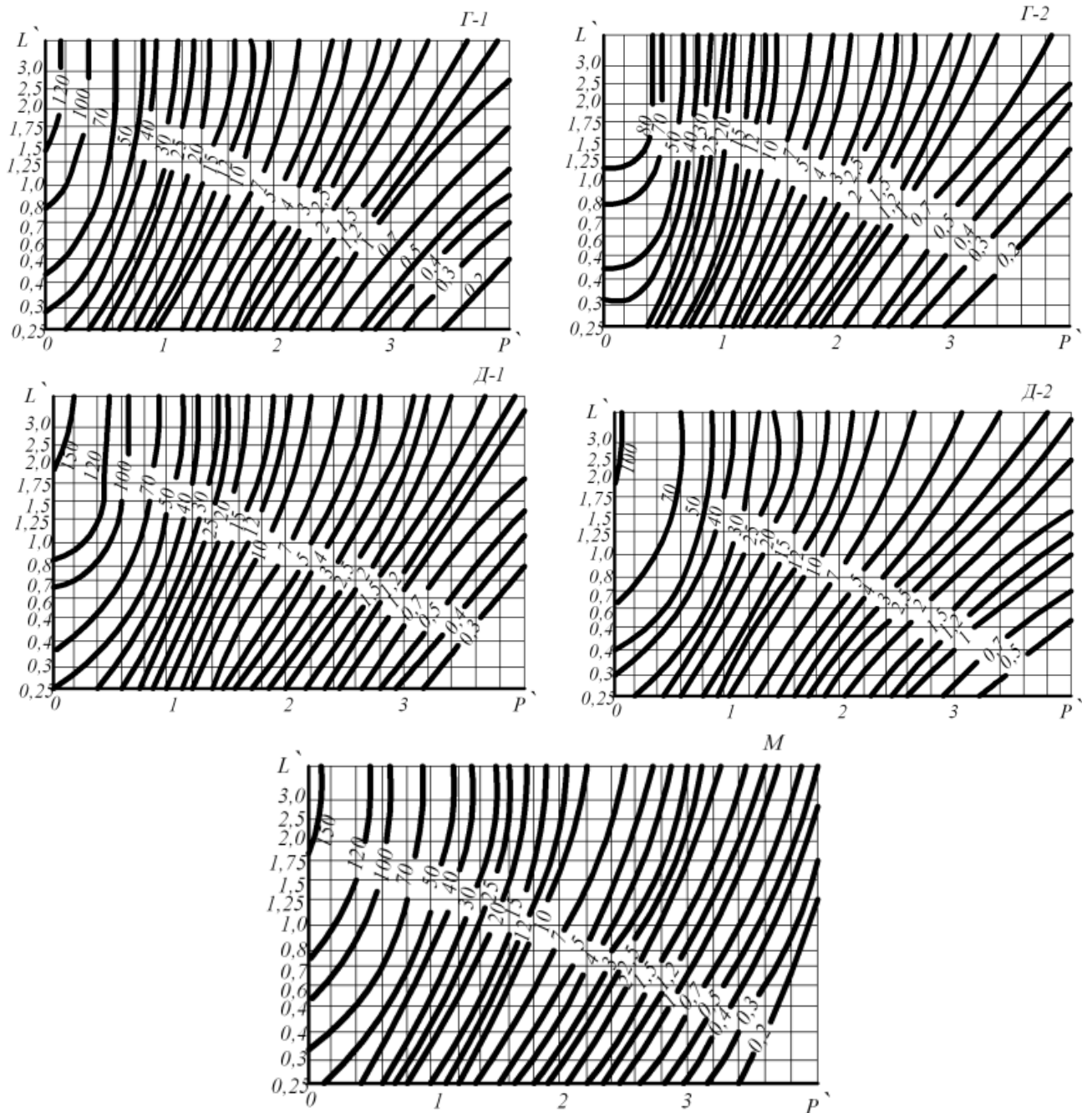


Рис. 5.2 – Графіки лінійних ізолюкс Г-1, Г-2, Д1, Д-2, М

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

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

$L^* = 4.0$, або $p^* = 4.0$, або $L^* = 4.0$ і $p^* = 4.0$.

Основна розрахункова формула методу:

$$\Phi_{роз} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa_z \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma_e}, \quad (5.1)$$

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

При розрахунках слід враховувати наступне:

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

2.1. Завдання

1. Ознайомитися з теоретичними основами методу лінійних ізолюкс.
2. Визначити тип приміщення, його призначення, систему та вид освітлення (кожен студент отримує 3 приміщення із таблиці варіантів).
3. Згідно з варіантом завдання обрати:
 - категорію приміщення по умовам навколишнього середовища;
 - нормовану освітленість (E_n);
 - коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги;
 - систему освітлення (загальна рівномірна, локалізована тощо).
4. За заданими розмірами приміщення (A, B, H) визначити:

- розрахункову висоту світильника H_p ;
 - найвигіднішу відносну відстань між рядами λ_c та λ_e ;
 - відстань між світильниками в ряду L_B ;
 - відстань від стіни до першого ряду l_B .
5. Розрахувати кількість рядів і кількість світильників у ряді.
6. Виконати світлотехнічний розрахунок методом лінійних ізолюкс:
- визначити відносну довжину ряду L^* та відстань до контрольної точки r^* ;
 - визначити умовну відносну освітленість e^* по графіках лінійних ізолюкс;
 - розрахувати необхідний світловий потік ряду і одного світильника;
 - підібрати лампу за розрахунковим світловим потоком.
7. Визначити:
- загальну кількість світильників у приміщенні;
 - фактичну освітленість у контрольних точках;
 - відхилення освітленості від нормованої;
 - встановлену потужність освітлювальної установки;
 - питому потужність установки.
8. Побудувати план розміщення світильників у приміщенні згідно з розрахованими відстанями.
9. Порівняти розраховані значення з нормативними величинами та обґрунтувати вибір оптимальної схеми розташування світильників.

2.2. Порядок виконання завдання

1. Визначаємо розрахункову висоту світильника:
- $$h_p = H - h_{св.} - h_{р.п.}, \quad (5.2)$$
2. Визначаємо найвигіднішу відносну відстань між рядами світильників:
- $$\lambda_c = 1,2 \dots 1,6 \text{ - при зоровій напрузі;}$$
- $$\lambda_e = 1,6 \dots 2,1 \text{ при відсутності зорової напруги.}$$
3. Рекомендовану відносну відстань між світильниками в ряду визначаємо по формулі:
- $$L_B = \lambda_c \cdot h_p, \quad (5.3)$$
4. Визначаємо рекомендовану відстань від стіни до найближчого ряду:
- $$l_c = 0,25 \dots 0,5 \text{ – при зоровій напрузі;}$$
- $$l_e = 3,2 \dots 4,3 \text{ – при відсутності зорової напруги.}$$
- $$l_B = (0,25 \dots 0,5) L_B, \quad (5.4)$$
5. Визначаємо кількість рядів по формулі:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1, \quad (5.5)$$

6. Визначаємо довжину півряду:

$$L = \frac{A}{2}, \quad (5.6)$$

7. Визначаємо відстань від розрахункової точки до світлового ряду.

7.1. Розрахункову точку вибираємо посередині приміщення між рядами:

$$p = \frac{L_B}{2}, \quad (5.7)$$

7.2. Визначаємо відношення p і L :

$$L^1 = \frac{L}{h_{\text{розр.}}}, \quad (5.8)$$

$$p^1 = \frac{p}{h_{\text{розр.}}}, \quad (5.9)$$

8. Визначаємо необхідний світловий потік ряду довжиною в 1 м:

$$\Phi^1 = \frac{1000 E_n \cdot K_z \cdot h_{\text{розр.}}}{\mu \cdot \sum e}, \quad (5.10)$$

де K_z - коефіцієнт запасу; μ - коефіцієнт додаткової освітленості, $\mu = 1,1$.

9. Визначаємо необхідний світловий потік ряду:

$$\Phi_p = \Phi^1 A, \quad (5.11)$$

10. Приймаємо лампу за розрахунковим світловим потоком.

11. Визначаємо світловий потік одного світильника:

$$\Phi_{\text{св}} = \Phi_p / n, \quad (5.12)$$

де n - кількість ламп в одному світильнику.

12. Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$N_p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{св}}}, \quad (5.13)$$

13. Світні лінії є неприривними, якщо проміжки між світильниками не перевищують $0,5 \cdot h_{\text{розр.}}$.

$$l = 0,5 \cdot 2,7 = 1,35 \text{ м.}$$

14. Фактичні проміжки становлять:

$$\Delta l = \frac{A - l_{\text{св}} \cdot N_p}{N_p}, \quad (5.14)$$

15. Визначаємо встановлену потужність:

$$P_{\text{вст.}} = (1,25 \dots 1,3) P_n n N_p m + P_{\text{роз.}} n_{\text{роз.}}, \quad (5.15)$$

де P_n - номінальна потужність лампи, Вт; n - кількість ламп в світильнику; N_p - кількість світильників в ряду; m - кількість рядів; $P_{роз.}$ - потужність розеток в приміщенні, Вт. $n_{роз.}$ - кількість розеток, шт.

16. Визначаємо питому потужність:

$$P_{пит.} = \frac{P_{вст.}}{S}, \quad (5.16)$$

17. Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$N_p = \frac{P_{вст.}}{1,25 \cdot P_n \cdot n \cdot m}, \quad (5.17)$$

де P_n - номінальна потужність лампи, Вт; m - кількість рядів; $n_{роз.}$ - кількість ламп в світильнику.

18. Визначаємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_\phi = E_n \frac{\Phi_l \cdot m}{\Phi}, \quad (5.18)$$

де m - кількість ламп у світильнику.

19. Визначаємо відхилення освітленості:

$$E\% = \frac{E_\phi - E_n}{E_n} 100\%; \quad (5.19)$$

Допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої повинно бути в межах (+20...-10%).

20. Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = P_l \cdot m \cdot N, \quad (5.20)$$

21. Будуємо план розміщення світильників в приміщенні.

2.3. Приклад виконання завдання

Вихідними даними для світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки за допомогою графіків лінійних ізолюкс є:

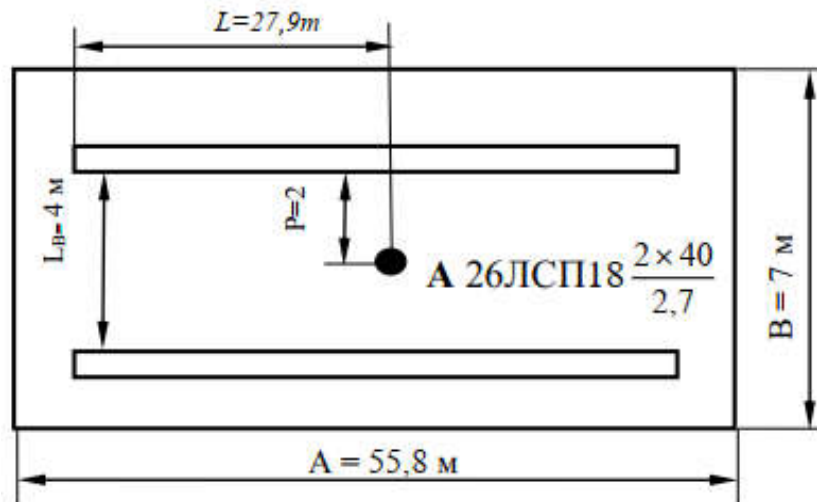


Рис. 5.2 – План розміщення світильників

Система освітлення – загальна рівномірна;
 Вид освітлення – робоче;
 Джерело світла – люмінесцентна лампа;
 Тип світильника – ЛСП18, к.с.с. Д – косінусна (крива сили світла);
 Категорія приміщення по умовам навколишнього середовища – сире з хімічно агресивним середовищем;
 Нормована освітленість – $E_n = 100$ лк;
 Плоскість для якої нормується освітленість $\Gamma - 00$
 Коефіцієнт запасу – $K_z = 1,3$;
 Висота приміщення $H = 2,9$ м;
 Висота робочої поверхні $h_{p.п.} = 0$;
 Ширина приміщення $B = 7$ м;
 Довжина приміщення $A = 55,8$ м;
 Висота звісу $h_{св.} = 0,2$ м.

1. Визначасмо розрахункову висоту світильника:

$$h_p = 2,9 - 0,2 - 0 = 2,7 \text{ м}$$

2. Визначасмо найвигіднішу відносну відстань між рядами світильників:

$$\lambda_c = 1,2 \dots 1,6 \text{ - при зоровій напрузі};$$

$$\lambda_c = 1,6 \dots 2,1 \text{ при відсутності зорової напруги.}$$

3. Рекомендовану відносну відстань між світильниками в ряду визначаємо по формулі:

$$L_b = (1,2 \dots 1,6) 2,7 = 3,2 \dots 4,3 \text{ м}$$

Приймаємо $L_b = 4$ м.

4. Визначасмо рекомендовану відстань від стіни до найближчого ряду:

$$l_c = 0,25 \dots 0,5 \text{ – при зоровій напрузі};$$

$$l_c = 3,2 \dots 4,3 \text{ – при відсутності зорової напруги.}$$

Приймаємо $l_b = 0,25 \dots 0,5$.

$$l_b = (0,25 \dots 0,5) \cdot 2,7 = 0,675 \dots 1,35$$

5. Визначаємо кількість рядів по формулі:

$$N_b = \frac{7 - 2 \cdot 1,5}{4} + 1 = 1,8$$

6. Визначаємо довжину півряду:

$$L = \frac{55,8}{2} = 27,9 \text{ м}$$

7. Визначаємо відстань від розрахункової точки до світлового ряду.

7.1. Розрахункову точку вибираємо посередині приміщення між рядами:

$$p = \frac{4}{2} = 2 \text{ м}$$

7.2. Визначаємо відношення p і L :

$$L^1 = \frac{27,9}{2,7} = 10,3$$

$$p^1 = \frac{2}{2,7} = 0,74$$

Розрахунок величин L , L_1 , p , p_1 , заносимо в таблицю 5.1. Умовну освітленість визначаємо по таблицям лінійних ізолюкс в залежності від p_1 , L_1 .

Таблиця 5.1 - Розрахунок умовної освітленості

Напівряд	$L, \text{м}$	$p, \text{м}$	$L_1,$	p_1	$E, \text{лк}$	$\sum e, \text{лк}$
1,2,3,4	27,9	2	10,3	0,74	$90 \cdot 4$	360

8. Визначаємо необхідний світловий потік ряду довжиною в 1 м:

$$\Phi^1 = \frac{1000 \cdot 100 \cdot 1,3 \cdot 2,7}{1,1 \cdot 360} = 886,4 \text{ лм/м}$$

9. Визначаємо необхідний світловий потік ряду:

$$\Phi_p = 886,4 \cdot 55,8 = 49459 \text{ лм}$$

10. Приймаємо лампу ЛЕ40, світловий потік $\Phi_l = 1900$ лм, номінальна потужність $P_n = 40$ Вт, довжина світильника $l_{\text{св.}} = 1,2$ м.

11. Визначаємо світловий потік одного світильника:

$$\Phi_{\text{св}} = 1900 \cdot 2 = 3800 \text{ лм};$$

12. Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$N_p = \frac{49459}{3800} = 13 \text{ шт}$$

Приймаємо 13 світильників в одному ряду.

13. Світні лінії є неприривними, якщо проміжки між світильниками не перевищують $0,5 \cdot h_{\text{розр.}}$.

$$l = 0,5 \cdot 2,7 = 1,35 \text{ м.}$$

14. Фактичні проміжки становлять:

$$\Delta l = \frac{A - l_{\text{св}} \cdot N_p}{N_p},$$

15. Визначаємо встановлену потужність:

$$P_{\text{вст}} = 1,3 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 13 \cdot 2 + 0 = 2704 \text{ Вт,}$$

16. Визначаємо питому потужність:

$$P_{\text{пит.}} = \frac{2704}{390,6} = 6,9 \text{ Вт / м}$$

17. Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$N_p = \frac{2704}{1,25 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 2} = 13,52 \text{ шт.}$$

Приймаємо 14 світильників.

18. Аналогічно попереднім методам розрахунку освітлення, визначаємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_{\phi} = E_n \frac{\Phi_l \cdot m}{\Phi},$$

де m - кількість ламп у світильнику.

19. Визначаємо відхилення освітленості:

$$E\% = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} 100\%;$$

Допустиме відхилення фактичної освітленості від нормованої повинно бути в межах (+20...-10%).

20. Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки:

$$P_y = P_l \cdot m \cdot N,$$

21. Будуємо план розміщення світильників в приміщенні.

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.

2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.

3. За вихідними даними приміщення, виконати світлотехнічний розрахунок освітлення приміщення.

4. Проаналізувати результати виконаної роботи.

5. Відповісти на контрольні питання.

6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.

7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Дати визначення світової лінії.
2. Як визначити кількість рядів світильників?
3. Як вибрати розрахункову точку?
4. Записати основне розрахункове рівняння для визначення потрібного світлового потоку лінії.
5. Як визначити відносну освітленість в розрахунковій точці за допомогою графіків лінійних ізолюкс?
6. Як визначити кількість світильників в ряду?
7. Як перевірити умови безперервності світної лінії?
8. Як уточнити розрахунок ЛЛ у випадку коли світна лінія з проміжками?

Таблиця 5.2 – Вихідні дані завдання

№ сту ден та	Примі щення 1	A×B× H, м	Система/вид	Примі щення 2	A×B× H, м	Система/вид	Примі щення 3	A×B ×H, м	Система/вид
1	Склад	12×8× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	10×6× 3.5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	8×5× 3	Локалізован е
2	Склад	15×10 ×4.5	Загальна/Рів номірне	Офіс	12×8× 3	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	10×6 ×3.5	Локалізован е
3	Цех механіч ний	20×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Склад	12×8× 4	Загальна/Рів номірне	Офіс	10×7 ×3	Локалізован е
4	Лаборат орія	8×6×3	Локалізован е	Офіс	12×8× 3	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	10×6 ×3.5	Загальна/Рів номірне
5	Цех харчови й	18×10 ×4	Загальна/Рів номірне	Склад	14×9× 4	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×5× 3	Локалізован е
6	Офіс	10×6× 3	Загальна/Рів номірне	Цех механіч ний	20×10 ×4.5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×6× 3.5	Локалізован е
7	Склад	16×8× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	12×6× 3.5	Загальна/Рів номірне	Офіс	10×7 ×3	Локалізован е
8	Лаборат орія	9×5×3	Локалізован е	Цех харчов ий	18×9× 4	Загальна/Рів номірне	Склад	14×8 ×4	Загальна/Рів номірне
9	Офіс	12×7× 3	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	8×6×3	Локалізован е	Майсте рня	10×6 ×3.5	Загальна/Рів номірне
10	Цех механіч ний	22×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Склад	15×10 ×4.5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	10×6 ×3.5	Локалізован е

№ сту ден та	Приміщ ення 1	A×B× H, м	Система/вид	Примі щення 2	A×B× H, м	Система/вид	Примі щення 3	A×B ×H, м	Система/вид
11	Лаборат орія	8×5×3	Локалізован е	Офіс	12×8× 3	Загальна/Рів номірне	Склад	12×8 ×4	Загальна/Рів номірне
12	Склад	14×9× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	10×6× 3.5	Загальна/Рів номірне	Офіс	10×7 ×3	Локалізован е
13	Цех харчови й	18×10 ×4	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×5×3	Локалізован е	Склад	14×8 ×4	Загальна/Рів номірне
14	Офіс	12×6× 3	Загальна/Рів номірне	Цех механіч ний	20×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	8×5× 3	Локалізован е
15	Лаборат орія	9×5×3	Локалізован е	Склад	16×8× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	12×6 ×3.5	Загальна/Рів номірне
16	Цех механіч ний	20×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×6×3 .5	Локалізован е	Офіс	10×7 ×3	Локалізован е
17	Склад	12×8× 4	Загальна/Рів номірне	Цех харчов ий	18×10 ×4	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	8×5× 3	Локалізован е
18	Лаборат орія	8×5×3	Локалізован е	Офіс	12×8× 3	Загальна/Рів номірне	Склад	14×8 ×4	Загальна/Рів номірне
19	Офіс	10×6× 3	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	10×6× 3.5	Загальна/Рів номірне	Цех механіч ний	20×1 2×5	Загальна/Рів номірне
20	Цех харчови й	18×10 ×4	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×5×3	Локалізован е	Офіс	12×7 ×3	Локалізован е
21	Лаборат орія	8×6×3	Локалізован е	Склад	12×8× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	10×6 ×3.5	Загальна/Рів номірне
22	Офіс	12×8× 3	Загальна/Рів номірне	Цех механіч ний	20×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×5× 3	Локалізован е
23	Склад	14×9× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	12×6× 3.5	Загальна/Рів номірне	Офіс	10×7 ×3	Локалізован е
24	Лаборат орія	9×5×3	Локалізован е	Цех харчов ий	18×9× 4	Загальна/Рів номірне	Склад	14×8 ×4	Загальна/Рів номірне
25	Офіс	12×6× 3	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	8×5×3	Локалізован е	Майсте рня	10×6 ×3.5	Загальна/Рів номірне
26	Цех механіч ний	22×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Склад	15×10 ×4.5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	10×6 ×3.5	Локалізован е
27	Лаборат орія	8×5×3	Локалізован е	Офіс	12×8× 3	Загальна/Рів номірне	Склад	12×8 ×4	Загальна/Рів номірне

№ сту ден та	Приміщ ення 1	А×В× Н, м	Система/вид	Примі щення 2	А×В× Н, м	Система/вид	Примі щення 3	А×В ×Н, м	Система/вид
28	Склад	14×9× 4	Загальна/Рів номірне	Майсте рня	10×6× 3.5	Загальна/Рів номірне	Офіс	10×7 ×3	Локалізован е
29	Цех харчови й	18×10 ×4	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	9×5×3	Локалізован е	Склад	14×8 ×4	Загальна/Рів номірне
30	Офіс	12×6× 3	Загальна/Рів номірне	Цех механіч ний	20×12 ×5	Загальна/Рів номірне	Лабора торія	8×5× 3	Локалізован е

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

Тема: Розрахунок чергового і аварійного освітлення приміщень

Мета роботи: вивчити методику та набуття практичних навиків світлотехнічного розрахунку чергового і аварійного освітлення

1. Теоретична частина

Аварійний світло в публічних місцях має два підвиди: евакуаційне підсвічування і резервне світло. Евакуаційні системи світла включають:

- світильники для шляхів евакуації;
- антипанічні світлові моделі;
- підсвічування для місць з підвищеною небезпекою.

Аварійні світильники відрізняються способом підключення. Їх під'єднують до незалежного джерела живлення. У аварійного підсвічування рекомендований індекс кольоропередавання – не менше 40. Контролюють монтаж аварійного підсвічування і штрафують за помилки пожежні організації.



Рис. 6.1 – Приклад аварійних світильників

При виникненні надзвичайних ситуацій, пожеж і задимлень евакуаційне підсвічування показує покупцям і співробітникам безпечний вихід з торгових

центрів. Підсвічені шляхи евакуації повинні без проблем вивести людей з небезпечного місця назовні. Евакуаційні світильники розміщують над виходами, вогнегасниками та іншими засобами для гасіння пожеж. Час функціонування евакуаційного світла – 1 година.

Згідно з правилами, евакуаційне підсвічування включається через 5 секунд після відключення освітлення. Спочатку воно дає 50% освітленості, 100%-й рівень освітленості евакуаційне світло повинне видавати через 60 секунд після знеструмлення робочої системи.

В приміщеннях з великою кількістю людей, евакуаційне підсвічування встановлюють:

- біля виходів, до яких ведуть евакуаційні шляхи;
- в коридорах, зазначених на плані аварійної евакуації;
- на сходах – особливо добре освітлені повинні бути нижня і верхня сходинки;
- в місцях перетину шляхів евакуації, при зміні напрямку шляху;
- над апаратами екстреного зв'язку та аптечками;
- над вогнегасниками й схемами евакуації;
- над зовнішніми виходами.

Чергове освітлення з кожним днем стає дедалі більш популярним у побуті, і вже дуже давно застосовується у промисловості. Його суть є максимально простою: ввечері у квартирах або у період нічного простою виробничого обладнання у цехах повинна залишатися хоча б мінімальна видимість. У житлових приміщеннях стоїть гранично проста задача зробити його зручнішим для пересування, якщо мешканцям потрібно затемна вийти зі спальні.

Таким чином чергове освітлення призначено для освітлення приміщень у темний період доби.



Рис. 6.2 – Приклад чергового освітлення приміщення

Аварійне освітлення застосовується при відмові робочого освітлення і призначене або для евакуації людей, або продовження виробничого процесу.

Чергове освітлення застосовують:

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

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

$$N_{\text{черг.}} = 10\% \text{ від } N_{\text{роб.}}, \quad (6.1)$$

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

$$N_{\text{черг.}} = 15\% \text{ від } N_{\text{роб.}}, \quad (6.2)$$

Аварійне освітлення для продовження робіт на сільськогосподарських об'єктах влаштовують:

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

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

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

Аварійне освітлення для евакуації людей влаштовують:

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

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

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

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

Для живлення системи аварійного освітлення повинно застосовувати або резервне, або автономне джерело живлення. Освітленість, яка створюється аварійним освітленням для евакуації людей, повинна бути, не менш, як 0,5 лк на стелі по вісі основних проходів і на сходах сходов, а в зовнішніх установках 0,2 лк.

Світильники аварійного освітлення повинні відрізнятися від світильників робочого освітлення.

Для аварійного освітлення можна використовувати тільки лампи розжарювання.

Для аварійного освітлення допускається використовувати газорозрядні лампи низького тиску при умові, що їх живлення у всіх режимах буде

здійснюватися від мережі змінного струму напругою не нижче, ніж 90% від номінального.

Застосування ламп типів ДРЛ, ДРИ та ксенонових для аварійного освітлення **заборонено**.

Кількість світильників аварійного освітлення визначаємо методом коефіцієнту використання світлового потоку:

$$N_{ав.} = \frac{E_{AB} K_z Z \cdot S}{\Phi_l \cdot \eta}, \quad (6.3)$$

де Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,15$; E_{AB} - норма аварійного освітлення; Φ_l - світловий потік лампи; η - коефіцієнти використання світлового потоку;

Коефіцієнт відбиття стелі, стін і підлоги можна приймати $\rho_{ст} = 30\%$, $\rho_{ном} = 50\%$.

Індекс приміщення визначається по наступній формулі

$$i = \frac{AB}{h_p (A + B)}, \quad (6.4)$$

де A, B - відповідно, довжина і ширина приміщення, м; h_p - розрахункова висота, м.

Визначаємо встановлену потужність:

$$P_{вст.} = P_n \cdot N_{ав}$$

Визначаємо питому потужність:

$$P_{пит.} = \frac{P_{уст.}}{S}, \quad (6.5)$$

2.1. Завдання

1. Ознайомитися з теоретичними основами чергового та аварійного освітлення, їх видами, нормованими параметрами та правилами розташування світильників.

2. Визначити тип приміщення, його призначення та систему освітлення (робоче, чергове або аварійне). Кожен студент отримує 3 приміщення з таблиці варіантів.

3. За варіантом завдання обрати:

- Нормовану освітленість для робочого та аварійного освітлення (E_n);
- Коефіцієнт запасу (K_z);
- Коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги ($\rho_{ст}$, $\rho_{п}$, $\rho_{підлоги}$);
- Світловий потік та номінальну потужність ламп.

4. Розрахунок чергового освітлення:

5. Розрахунок аварійного освітлення:
6. Побудувати план розташування світильників чергового та аварійного освітлення у приміщенні.
7. Порівняти розраховані результати (кількість світильників, потужність) з нормативними значеннями та обґрунтувати вибір оптимального варіанту.

2.2. Порядок виконання завдання

2.2.1 Розрахунок чергового освітлення

Кількість світильників чергового освітлення в приміщення для тварин становить 10% від кількості світильників робочого освітлення, в родильних відділеннях – 15%.

$$N_{\text{черг.}} = 10\% \cdot N_{\text{роб.}}, \quad (6.6)$$

Установлена потужність чергового освітлення

$$P_{\text{уст.}} = 1,3 \cdot P_{\text{л}} \cdot n \cdot N_{\text{черг.}}, \quad (6.7)$$

2.2.2 Розрахунок аварійного освітлення

1. Визначаємо нормована освітленість робочого освітлення:

$E_{\text{н.роб.}} = 100$ лк – для люмінесцентних ламп;

$E_{\text{н.роб.}} = 50$ лк – для ламп розжарювання;

$$E_{\text{ав.}} = 0,05 \cdot E_{\text{н}}, \quad (6.8)$$

2. Визначаємо індекс приміщення визначається по наступній формулі:

$$i = \frac{AB}{h_p (A + B)}, \quad (6.9)$$

3. Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку за розрахованим індексом приміщення.

4. Вибираємо лампу, її світловий потік лампи та номінальну потужність.

5. Визначаємо кількість світильників аварійного освітлення:

$$N_{\text{ав.}} = \frac{E_{\text{ав}} K_z Z \cdot S}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (6.10)$$

6. Визначаємо встановлену потужність:

$$P_{\text{вст.}} = P_{\text{н}} \cdot N_{\text{ав}}$$

7. Визначаємо питому потужність:

$$P_{\text{пит.}} = \frac{P_{\text{уст.}}}{S}, \quad (6.11)$$

2.3. Приклад виконання завдання

Вихідними даними для світлотехнічного розрахунку чергового і аварійного освітлення є:

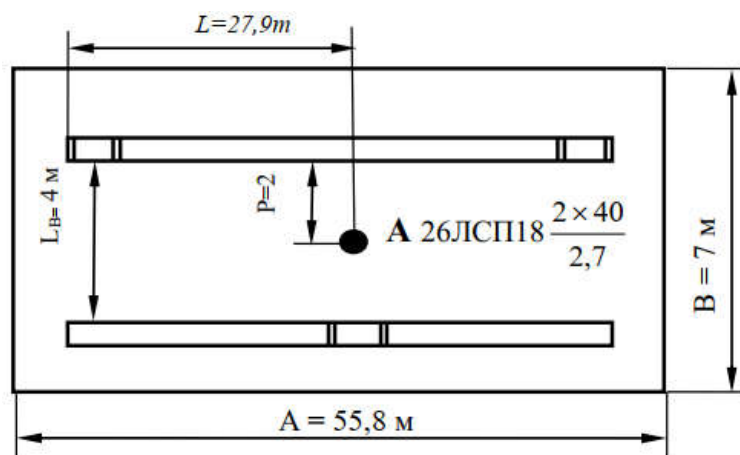


Рис. 6.3 – План розміщення світильників чергового освітлення

Система освітлення – загальна рівномірна;

Вид освітлення – робоче;

Джерело світла – люмінесцентна лампа;

Тип світильника – ЛСП18 – 26 шт. , к.с.с. Д – косінусна (крива сили світла);

Категорія приміщення по умовам навколишнього середовища – сире з хімічно агресивним середовищем;

Нормована освітленість – $E_n = 100$ лк;

Плоскість для якої нормується освітленість $\Gamma - 00$;

Коефіцієнт запасу – $K_z = 1,3$;

Висота приміщення $H = 2,9$ м;

Висота робочої поверхні $h_{р.п.} = 0$;

Ширина приміщення $B = 7$ м;

Довжина приміщення $A = 55,8$ м;

Висота звісу $h_{св.} = 0,2$ м.

2.3.1. Розрахунок чергового освітлення

1. Кількість світильників чергового освітлення в приміщення для тварин становить 10% від кількості світильників робочого освітлення, в родильних відділеннях - 15%.

$$N_{\text{черг.}} = 0,1 \cdot 26 = 2,6 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{\text{черг.}} = 3$ шт.

2. Установлена потужність чергового освітлення:

$$P_{\text{уст.}} = 1,3 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 3 = 312 \text{ Вт}$$

2.3.2. Розрахунок аварійного освітлення

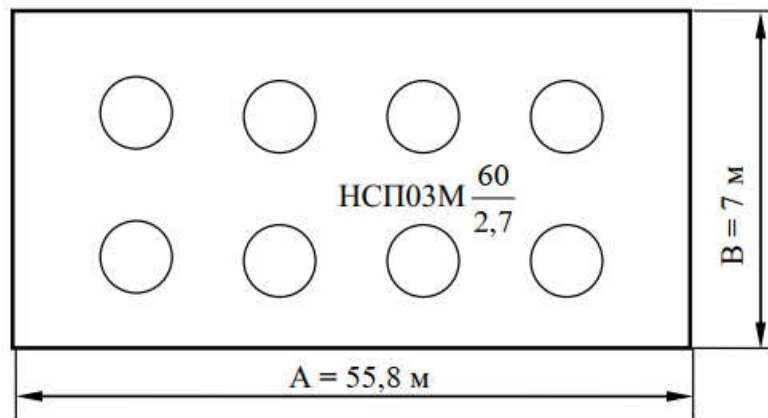


Рис. 6.4 – План розміщення світильників аварійного освітлення

Висота звісу світильника $h_{\text{зв.}} = 0,2 \text{ м}$;

Розрахункова висота дорівнює $h_{\text{роз}} = 2,7 \text{ м}$;

Нормована освітленість аварійного освітлення $E_{\text{авар.}} = 5\%$;

1. Визначаємо нормована освітленість робочого освітлення:

$E_{\text{н.роб.}} = 100 \text{ лк}$ - для люмінесцентних ламп;

$E_{\text{н.роб.}} = 50 \text{ лк}$ - для ламп розжарювання;

$$E_{\text{ав.}} = 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ лк}$$

2. Визначаємо індекс приміщення визначається по наступній формулі:

$$i = \frac{390,6}{2,7 \cdot (55,8 + 7)} = 2,3$$

3. Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку за розрахованим індексом приміщення.

Коефіцієнт використання світлового потоку приймаємо $\eta_n = 30 \% = 0,3$.

4. Вибираємо лампу, її світловий потік лампи та номінальну потужність.

Вибираємо лампу Б230-240-60, світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}} = 555 \text{ лм}$, номінальна потужність $P_{\text{н}} = 60 \text{ Вт}$.

5. Визначаємо кількість світильників аварійного освітлення:

$$N_{\text{ав.}} = \frac{2,5 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 390,6}{555 \cdot 0,3} = 7,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо 8 штук.

6. Визначаємо встановлену потужність:

$$P_{\text{вст.}} = 60 \cdot 8 = 480 \text{ Вт}$$

7. Визначаємо питому потужність:

$$P_{\text{пит.}} = \frac{480}{390,6} = 1,3 \text{ Вт/м}^2$$

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. За вихідними даними приміщення, виконати світлотехнічний розрахунок освітлення приміщення.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Як визначити кількість світильників чергового освітлення?
2. Як визначити значення освітленості аварійного освітлення?
3. Як вибрати тип світильника аварійного освітлення?
4. Записати розрахункову формулу для визначення кількості світильників аварійного освітлення.
5. Чи можна використовувати світильники аварійного освітлення для чергового освітлення?
6. Призначення чергового освітлення тваринницьких приміщень?

Таблиця 6.1 – Вихідні дані завдання

№	Приміщення 1	Розміри (м) А×В×Н	Приміщення 2	Розміри (м) А×В×Н	Приміщення 3	Розміри (м) А×В×Н
1	Корівник	20×10×3	Родильне відділення	12×8×3	Інкубаторна станція	15×6×3
2	Корівник	22×12×3	Склад зерна	18×10×3	Корівник	20×10×3
3	Родильне відділення	12×8×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Корівник	20×10×3
4	Склад зерна	18×10×3	Корівник	22×12×3	Родильне відділення	12×8×3

№	Приміщення 1	Розміри (м) А×В×Н	Приміщення 2	Розміри (м) А×В×Н	Приміщення 3	Розміри (м) А×В×Н
5	Інкубаторна станція	15×6×3	Корівник	20×10×3	Склад зерна	18×10×3
6	Корівник	20×10×3	Родильне відділення	12×8×3	Інкубаторна станція	15×6×3
7	Родильне відділення	12×8×3	Корівник	22×12×3	Склад зерна	18×10×3
8	Склад зерна	18×10×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Корівник	20×10×3
9	Корівник	22×12×3	Родильне відділення	12×8×3	Інкубаторна станція	15×6×3
10	Інкубаторна станція	15×6×3	Склад зерна	18×10×3	Корівник	20×10×3
11	Корівник	20×10×3	Родильне відділення	12×8×3	Склад зерна	18×10×3
12	Склад зерна	18×10×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Родильне відділення	12×8×3
13	Родильне відділення	12×8×3	Корівник	22×12×3	Інкубаторна станція	15×6×3
14	Корівник	20×10×3	Склад зерна	18×10×3	Родильне відділення	12×8×3
15	Інкубаторна станція	15×6×3	Корівник	22×12×3	Склад зерна	18×10×3
16	Родильне відділення	12×8×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Корівник	20×10×3
17	Склад зерна	18×10×3	Корівник	22×12×3	Родильне відділення	12×8×3
18	Корівник	20×10×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Склад зерна	18×10×3
19	Родильне відділення	12×8×3	Склад зерна	18×10×3	Корівник	22×12×3
20	Інкубаторна станція	15×6×3	Корівник	20×10×3	Родильне відділення	12×8×3
21	Корівник	22×12×3	Родильне відділення	12×8×3	Інкубаторна станція	15×6×3
22	Склад зерна	18×10×3	Корівник	20×10×3	Родильне відділення	12×8×3
23	Інкубаторна станція	15×6×3	Родильне відділення	12×8×3	Корівник	22×12×3

№	Приміщення 1	Розміри (м) А×В×Н	Приміщення 2	Розміри (м) А×В×Н	Приміщення 3	Розміри (м) А×В×Н
24	Корівник	20×10×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Склад зерна	18×10×3
25	Родильне відділення	12×8×3	Корівник	22×12×3	Інкубаторна станція	15×6×3
26	Склад зерна	18×10×3	Корівник	20×10×3	Родильне відділення	12×8×3
27	Корівник	22×12×3	Інкубаторна станція	15×6×3	Склад зерна	18×10×3
28	Родильне відділення	12×8×3	Склад зерна	18×10×3	Корівник	20×10×3
29	Інкубаторна станція	15×6×3	Родильне відділення	12×8×3	Корівник	22×12×3
30	Корівник	20×10×3	Склад зерна	18×10×3	Інкубаторна станція	15×6×3

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Тема: Розрахунок освітлення входів та виходів в приміщеннях

Мета роботи: вивчити методику та набуття практичних навиків світлотехнічного розрахунку входів в приміщення та перевірку освітленості в контрольних точках.

1. Теоретична частина

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

Суть методу полягає у тому, що потрібний світловий потік від світильника визначають, виходячи із умов, що у будь-якій точці освітлюваної поверхні освітленість не повинна бути менш нормованої. При цьому у розрахунковій точці визначають не дійсну, а умовну освітленість так, як світловий потік обраних світильників на початку розрахунку невідомий. Умовна освітленість визначається по графіку *просторових ізолюкс*. Графік просторових ізолюкс для певного світильника представляє собою сімейство кривих, які є геометричним місцем точок, які мають рівну горизонтальну освітленість. Такі графіки для світильників з умовною лампою із світловим потоком 1000 лм побудовані в осях $d - h$, де d - відстань на плані від проекції світильника до точки, в якій визначається освітленість, h - розрахункова висота (H_p) (рис. 7.1).

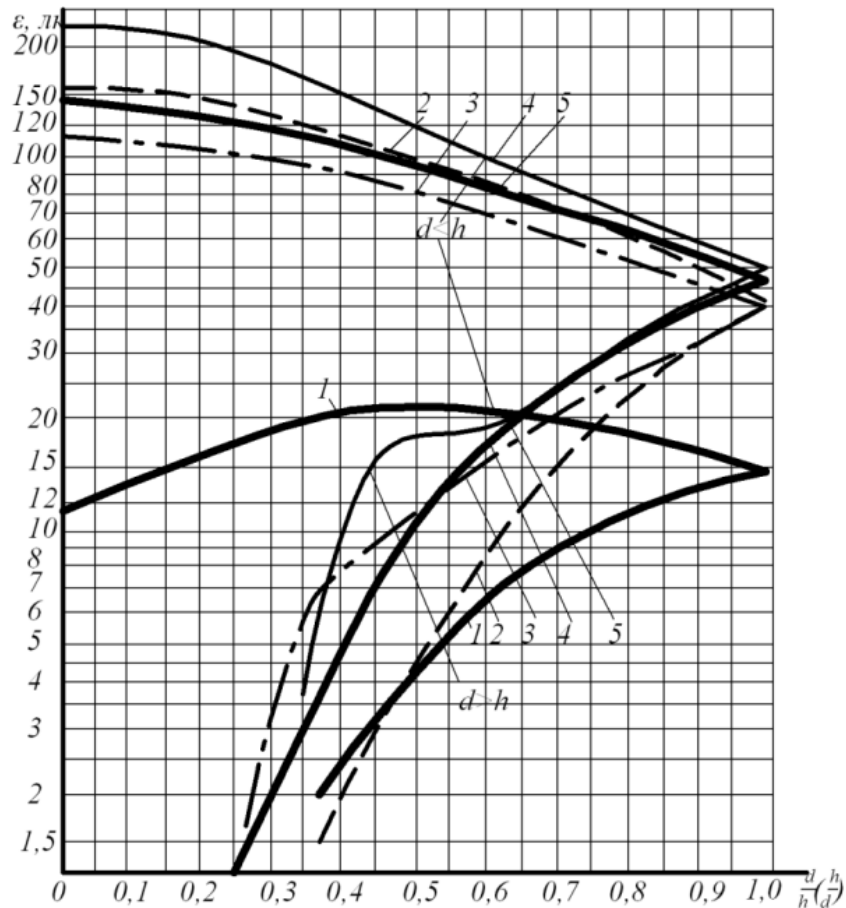


Рис. 7.1 – Графіки просторових ізолюкс для світильників: 1 - СВ і СВР; 2 - СПОР; 3 - СПО-2-200; 4 - СПП-200М; 5 - СПО-200

Основна розрахункова формула методу:

$$\Phi = \frac{1000 E_k}{\mu \Sigma e}, \quad (7.1)$$

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

При розрахунках слід враховувати наступне:

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

При розрахунках освітлення похилих поверхонь поступають наступним чином.

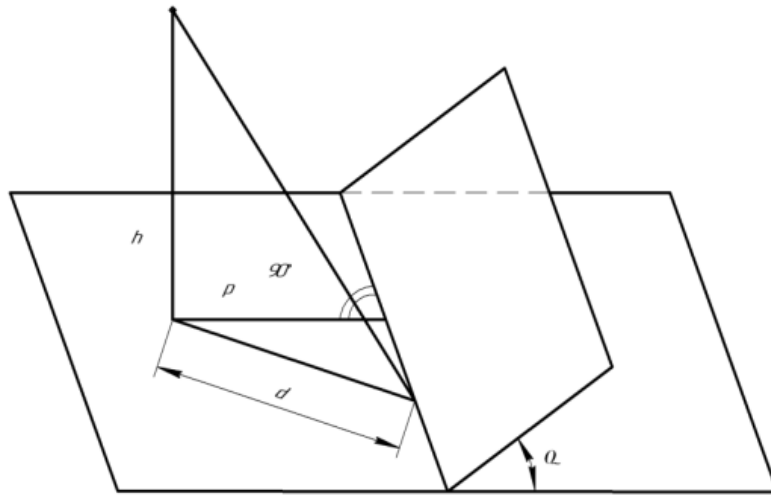


Рис. 7.2 – До розрахунку освітленості похилої поверхні

Через розрахункову точку похилої поверхні проводять допоміжну горизонтальну поверхню, на якій і ведуть розрахунок освітленості E_{Γ} (рис. 7.2). Освітленість похилої поверхні E_{Π} у тій самій точці визначають по співвідношенню:

$$E_{\Pi} = \Psi \cdot E_{\Gamma}, \quad (7.2)$$

де $\Psi = \cos\theta \pm (p/h) \sin\theta$.

2.1. Завдання

1. Ознайомитися з теоретичними основами освітлення входів та виходів у приміщеннях, нормованими параметрами та правилами розташування світильників.

2. Визначити тип приміщення та його призначення, систему освітлення (робоче, загальне або локалізоване). Кожен студент отримує 3 приміщення з таблиці варіантів.

3. За варіантом завдання обрати вихідні дані:

- Нормовану освітленість E_n для входу/виходу;
- Коефіцієнт запасу k_z ;
- Висоту підвісу h_{Π} та висоту звісу $h_{зв}$;
- Тип та світловий потік лампи, номінальну потужність.

4. Виконати розрахунок відповідно до вказаної методики.

5. Побудувати план розташування світильників на входах та виходах кожного приміщення.

6. Порівняти розраховані результати (кількість світильників, потужність, питома потужність) з нормативними значеннями та обґрунтувати вибір оптимального варіанту.

2.2. Порядок виконання завдання

1. Визначаємо вихідні дані.

2. Визначаємо розрахункову висоту:

$$H_p = H - h_{зв.} - h_{р.л.}, \quad (7.3)$$

3. Визначаємо відстань в плані від розрахункової точки до проекції світильника d :

$$d = \sqrt{a^2 + (b/2)^2}, \quad (7.4)$$

4. Визначаємось з умовою вибору сумарної відносної освітленості:

$$\frac{h_{nid}}{d} \leq 1 \quad \text{або} \quad \frac{d}{h_{nid}} \leq 1, \quad (7.5)$$

5. По графікам просторових ізолюкс (рис. 1) визначити Σe .

6. Визначаємо необхідний світловий потік лампи $\Phi_{л.розр.}$.

$$\Phi_{л.розр.} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_z \cdot h_{підв.}^2}{\Sigma e}, \quad (7.6)$$

де $\Phi_{л.розр.}$ - щільність світлового потоку, лм/м; E_n - нормована освітленість, лк; k_z - коефіцієнт запасу; $h_{підв.}$ - розрахункова висота підвісу, м; Σe - сумарна умовна відносна освітленість, лк.

7. За розрахованим світловим потоком, вибираємо тип лампи з світловим потоком найближчим до розрахункового $\Phi_{л.розр.}$ по довідникам.

8. Зрівнюємо світловий потік лампи розрахунковий $\Phi_{л.розр.}$ та фактичний $\Phi_{л.ст.}$ і перевірити виконання умови:

$$\Delta \Phi = \frac{\Phi_{л.ст.} - \Phi_{л.розр.}}{\Phi_{л.ст.}} \cdot 100\%, \quad (7.7)$$

2.3. Приклад виконання завдання

Вихідними даними для світлотехнічного розрахунку освітлення входів є:

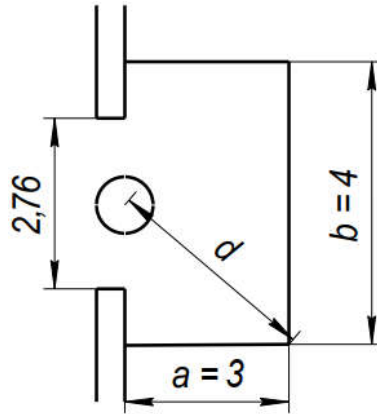


Рис. 7.3 – План розміщення світильника на вході

Вид освітлення: робоче;

Система освітлення: загальна рівномірна.

Джерело світла вибираємо - лампу розжарювання.

Для світлотехнічного розрахунку вибираємо точковий метод по графікам просторових ізолюкс.

Вибираємо світильник типу СПП200;

Нормована освітленість $E_n = 2$ лк;

Плоскість для якої нормується освітленість $\Gamma - 00$, тобто висота робочої поверхні $h_{р.п.} = 0$.

Коефіцієнт запасу $k_z = 1,15$.

Висота підвісу $h_n = 3,3$ м;

Висота звісу $h_{зв} = 0,1$ м;

1. Визначаємо вихідні дані. Вхід має наступні розміри: висоту $H = 3,3$ м; довжину $b = 4,0$ м; ширину $a = 3,0$ м.

2. Визначаємо розрахункову висоту:

$$H_p = 3,3 - 0,1 - 0 = 3,2 \text{ м};$$

3. Визначаємо відстань в плані від розрахункової точки до проекції світильника d :

$$d = \sqrt{3^2 + (4/2)^2} = 3,6 \text{ м}$$

4. Визначаємось з умовою вибору сумарної відносної освітленості:

$$\frac{h_{nid}}{d} = \frac{3,2}{3,6} = 0,89 \leq 1$$

5. По графікам просторових ізолюкс (рис. 8.1) визначити $\Sigma e = 38$ лк.

6. Визначаємо необхідний світловий потік лампи $\Phi_{л.розр.}$

$$\Phi_{л.розр.} = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 3,2^2}{38} = 700,6 \text{ лм}$$

7. За розрахованим світловим потоком, вибираємо тип лампи з світловим потоком найближчим до розрахункового $\Phi_{л.розр.}$ по довідникам.

Вибираємо тип лампи БК 220-230-60; $\Phi_{л.ст.} = 728$ лк; $P_{л} = 60$ Вт.

8. Зрівнюємо світловий потік лампи розрахунковий $\Phi_{\text{розрах.}}$ та фактичний $\Phi_{\text{факт.}}$ і перевірити виконання умови:

$$\Delta\Phi = \frac{728 - 700,6}{728} \cdot 100\% = 3,8\%$$

Умова виконується.

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. За вихідними даними приміщення, виконати світлотехнічний розрахунок освітлення на виході і вході приміщення.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Що таке освітленість і які її одиниці вимірювання?
2. Які види освітлення входів та виходів застосовуються в приміщеннях?
3. У чому суть методу просторових ізолюкс?
4. Чим відрізняється точковий метод від методу просторових ізолюкс?
5. Що таке нормована освітленість і як вона визначається для входів/виходів?
6. Який коефіцієнт запасу застосовується у розрахунках і для чого він потрібен?
7. Як враховуються похилі поверхні під час розрахунку освітленості?
8. Що таке сумарна умовна освітленість і яку роль вона відіграє у розрахунках?
9. Як визначити розрахункову висоту H_r для входу чи виходу?
10. Як обчислити відстань в плані від розрахункової точки до проекції світильника?
11. Як визначається необхідний світловий потік лампи за методом просторових ізолюкс?
12. Як перевіряється виконання умови освітленості після вибору фактичного світильника?
13. Як правильно розташувати світильники на плані входу або виходу?

14. Які параметри приміщення потрібно враховувати при розрахунку освітлення (розміри, висота, поверхня)?

15. Що робити, якщо розрахункова освітленість не відповідає нормованій?

Таблиця 7.1 - Варіанти завдань для виконання

Студент №	Приміщення	Висота Н (м)	Довжина b (м)	Ширина a (м)	Тип світильника
1	Вхід А	3,3	4,0	3,0	СПП-200
2	Вихід В	3,5	5,0	3,5	СПП-200
3	Вхід С	3,2	4,5	3,0	СПП-200
4	Вихід D	3,4	4,0	3,2	СПП-200
5	Вхід Е	3,3	4,5	3,5	СПП-200
6	Вихід F	3,6	5,0	3,0	СПП-200
7	Вхід G	3,2	4,0	3,0	СПП-200
8	Вихід Н	3,5	4,5	3,5	СПП-200
9	Вхід І	3,3	4,0	3,2	СПП-200
10	Вихід J	3,4	5,0	3,5	СПП-200
11	Вхід К	3,2	4,5	3,0	СПП-200
12	Вихід L	3,5	4,0	3,2	СПП-200
13	Вхід М	3,3	4,0	3,0	СПП-200
14	Вихід N	3,6	5,0	3,5	СПП-200
15	Вхід О	3,4	4,5	3,2	СПП-200
16	Вихід Р	3,2	4,0	3,0	СПП-200
17	Вхід Q	3,5	4,5	3,5	СПП-200
18	Вихід R	3,4	5,0	3,2	СПП-200
19	Вхід S	3,3	4,0	3,0	СПП-200
20	Вихід Т	3,6	4,5	3,5	СПП-200
21	Вхід U	3,4	5,0	3,2	СПП-200
22	Вихід V	3,5	4,0	3,2	СПП-200
23	Вхід W	3,2	4,5	3,0	СПП-200
24	Вихід X	3,3	5,0	3,5	СПП-200
25	Вхід Y	3,4	4,0	3,0	СПП-200
26	Вихід Z	3,6	5,0	3,5	СПП-200

Студент №	Приміщення	Висота Н (м)	Довжина b (м)	Ширина а (м)	Тип світильника
27	Вхід АА	3,2	4,5	3,2	СПП-200
28	Вихід ВВ	3,5	4,0	3,0	СПП-200
29	Вхід СС	3,3	4,5	3,5	СПП-200
30	Вихід DD	3,4	5,0	3,2	СПП-200

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

Тема: Розподілення навантаження групових ліній по фазам. Вибір марок проводів і способу їх прокладки.

Мета роботи: засвоїти методику та отримати практичні навички розподілення навантаження групових ліній по фазам, вибору марок проводів і способу їх прокладки

1. Теоретична частина

Після розміщення освітлювальних щитків необхідно всі світильники поділити на групи. При цьому все навантаження спочатку ділять рівномірно на три частини (по числу фаз живлячої мережі), а потім навантаження кожної фази ділять на групи з врахуванням рекомендацій ПУЕ:2007.

Марку проводу освітлювальної мережі і спосіб прокладки визначають у відповідності з умовами навколишнього середовища, призначенням приміщення і розміщенням обладнання.

Для освітлювальних мереж сільськогосподарських об'єктів рекомендується вибирати алюмінієві ізольовані проводи та кабелі. Проводи та кабелі з мідними жилами прокладають лише у випадках, які оговорені у ПУЕ:2007 та (ДНАОП 0.00-1.32-01). В таблиці 8.1 наведено деякі рекомендовані провідники, кабелі і способи їх прокладки для освітлювальних мереж у виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств.

Спосіб прокладки може бути: на роликах та кліцях, ізоляторах, скобах, в трубах, з несучим сталевим тросом, в трубах, під штукатуркою, у лотках та коробах, по поверхні стін, стель, перекриття, у траншеях. По виду електропроводки розділяються на: відкриті по негорючій та важко горючій основі; відкрито по горючим поверхням та конструкціям; приховані по негорючій та важко горючій основі; приховані по горючим поверхням та конструкціям. Спосіб прокладки проводок позначається буквами: Т – у сталевих трубах; П – у пластмасових трубах; І – на ізоляторах; Р – на роликах; Тс – тросова проводка; Мр – у металорукаві; Л – у лотках; Кр – у коробах; Ск – на скобах.

У виробничих приміщеннях широко застосовують відкриті проводки, які виконані у трубах, на тросах, у лотках та коробах, на базі шинопроводів. У жилих та адміністративних приміщеннях застосовують переважно скриту проводку.

При визначенні способу та виду проводки слід користуватися наступними рекомендаціями:

- відкриті електропроводки, як правило, прокладаються по стінам, по стелі або фермам;

- відкрито прокладку незахищених ізольованих проводів безпосередньо по будівельним основам, на роликах і ізоляторах виконують на висоті не менш 2,5 м від рівня підлоги або площадки обслуговування. Зменшення цієї висоти до 2,0 м дозволяється у приміщеннях без підвищеної безпеки, а при напрузі 42 В - у всіх приміщеннях;

- у виробничих приміщеннях спуск до вимикачів, розеток, пускових апаратів захищають від механічних пошкоджень до висоти не менш 1,5 м від рівня підлоги;

- висота розміщення інших видів проводок (захищеними проводами, проводами у трубах, коробах, кабелями) не нормується;

- відкрито проводи прокладають таким чином, щоб вони не виділялися дуже різко на фоні стін і стель. З цією метою їх розміщують паралельно карнизам, укосам двірних та віконних прорізів;

- при прокладці у приміщеннях незахищених проводів на роликах та ізоляторах останні встановлюють від стелі або стіни на відстані, яка дорівнює полуторній – подвійній висоті ролика або ізолятора;

- проводи АППВ, ППВ, АППР, АПРН, ПРН прокладають паралельно лініям перетинання стін із стелею на відстані 100 – 200 мм від стелі або на відстані 50 – 100 мм від карнизу або балки;

- перетинання відкрито прокладених незахищених та захищених проводів з трубопроводами опалення, водопроводу та ін.) виконують на відстані від них не менш 50 мм, а трубопроводів з горючими або легкозаймистими рідинами та газами – не менш 100 мм;

- паралельно трубопроводам проводи і кабелі прокладають на відстані не менш 100 мм, а від трубопроводів з горючими і легкозаймистими рідинами та газами – не менш 400 мм;

- при прихованій прокладці проводів під шаром штукатурки або у тонкостінних (до 80 мм) перегородках проводи повинні бути прокладені паралельно архітектурно-будівельним лініям;

- відстань горизонтально прокладених проводів від плит перекриття не повинно перевищувати 150 мм;

- на лотках, опорних поверхнях, тросах, струнах, смугах та інших несучих конструкціях дозволяється прокладати проводи і кабелі впритул один до одного пучками (групами) різної форми;

- використання лотків рекомендується при багатошаровій прокладці кабелів або прокладці їх пучками; при прокладці силових кабелів перерізом до 16 мм^2 , проводів перерізом менш 120 мм^2 та контрольних кабелів;

- висота розташування лотків і коробів не нормується, але у виробничих приміщеннях їх зазвичай розміщують на висоті не менш 2,0 м для забезпечення проходів, а в необхідних місцях – проїзд транспорту;

- сталеві труби дозволяється застосовувати тільки у спеціально обґрунтованих у проекті випадках у відповідності до вимог нормативних документів;

- для виконання проводок у трубах рекомендується застосовувати полімерні труби.

Площа поперечного перерізу струмопровідних жил проводів і кабелів визначають, виходячи із двох основних умов: *тривалого допустимого струму* навантаження (інакше по *нагріву*) проводів і *допустимої втрати напруги*. Розрахунок за звичай виконують по одній із умов, а по другій – перевіряють.

Переріз провідників внутрішніх освітлювальних мереж у виробничих приміщеннях сільськогосподарських підприємств згідно ПУЕ:2007 та (НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) розраховують по *допустимій втраті напруги*, а потім *перевіряють по нагріву*. Згідно названих документів, для внутрішніх освітлювальних мереж, при номінальній напрузі на вводі, допустима втрата напруги дорівнює **2,5%**. Крім того, площі поперечного перерізу провідників повинні забезпечувати *механічну міцність* і бути *узгоджені з уставками* захисних апаратів.

При виборі проводів і кабелів по допустимій втраті напруги повинно бути витримана умова:

$$\Delta U\%_{розр} \leq \Delta U\%_{доп}, \quad (8.1)$$

де $\Delta U\%_{розр}$, $\Delta U\%_{доп}$ – відповідно, розрахункова і допустима втрати напруги, %.

Розрахункові втрати напруги $\Delta U\%_{розр}$ визначають при умові, що навантаження по фазам розподілені рівномірно і на усіх ділянках прокладено однаковий провід:

- для лінії :

$$\Delta U\%_{розрлі} = \frac{\sum P_i l_i}{c S_i} = \frac{\sum M_i}{c S_i}, \quad (8.2)$$

- для однієї ділянки:

$$\Delta U\%_{розрлі} = \frac{P_i l_i}{c S_i} = \frac{M_i}{c S_i}, \quad (8.3)$$

де P_i - потужність на i -ої розрахункової ділянці, кВт; l_i - довжина i -ої розрахункової ділянки, м; M_i - електричний момент i -ої розрахункової ділянки, кВт·м; c - постійний коефіцієнт для даного провідника, який залежить від напруги мережі, кількості фаз та матеріалу провідника); S_i - переріз провідника i -ої розрахункової ділянки, мм².

Починають розрахунок перерізу проводів із складанням схеми освітлювальної мережі (див. рис. 8.1).

Площа поперечного перерізу проводів на кожній ділянці визначається по формулі:

$$S_i = \frac{M_i}{c \Delta U_{\% \text{дон}}}, \quad (8.4)$$

Площа поперечного перерізу живлячої мережі на ділянці від розподільчого пристрою до групового щитка визначається за виразом:

$$S_{\text{жсм}} = \frac{M_{\text{жсм}} + \alpha \cdot (\sum M_i)}{c \cdot \Delta U_{\% \text{дон}}}, \quad (8.5)$$

де α - коефіцієнт, що враховує зміну числа проводів на відгалуженнях; $M_{\text{жсм}}$ - електричний момент живлячої мережі на ділянці від розподільчого пристрою до групового щитка, кВт·м.

Отримане у результаті розрахунку значення перерізу провідника округляють до найближчого найбільшого стандартного значення та визначають фактичну втрату напруги для обраного провідника.

2.1. Завдання

За допомогою вказаної нижче методики виконати розрахунки та вибір марок проводів і способу їх прокладки, а також виконати розподілення навантаження групових ліній по фазам.

2.2. Порядок виконання завдання

1. Площу поперечного перерізу проводів вибираємо за допустимою втратою напруги, враховуючи довжину та сумарне навантаження груп.

2. За вихідними даними згідно плану розподільчої мережі освітлення скласти розрахункову схему розподілення навантаження по групах і розподілення моментів.

3. Визначаємо момент навантаження на всіх ділянках:

$$M_{A1-A2} = P_{A1-A2} \cdot L_{A1-A2}; \quad (8.6)$$

де P_{A1-A2} , P_{A1-A3} - сумарна встановлена потужність; L_{A1-A2} , L_{A1-A3} - довжина живлючої мережі.

4. Визначаємо момент навантаження після розподільчого щитка:

$$m_n = \sum P \cdot L_{\text{гр}}, \quad (8.7)$$

де P - навантаження, кВт.; L - довжина ділянки по якій проходить струм цього навантаження.

5. Визначаємо площу перерізу проводу на живильній ділянці

$$S_{A1-A2} = \frac{M_{A1-A2} \cdot \alpha (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)}{C_2 \cdot \Delta U_{\text{дон}}}, \quad (8.8)$$

де M_{A1-A2} , M_{A1-A3} - момент навантаження на живлючій ділянці; m_n - моменти навантаження відгалужень від розрахункової ділянці з іншим числом проводів; α - коефіцієнт приведення моментів навантаження, $\alpha = 1,85$; C_2 - коефіцієнт визначається в залежності від матеріалу проводу, кількістю проводів мережі та від системи напруги, $C_2 = 77$; $\Delta U_{\text{дон.}}$ - допустимі втрати напруги в мережі, $\Delta U_{\text{дон.}} = 2,5\%$.

6. Визначаємо втрату напруги на живлючій ділянці $A_1 - A_n$:

$$\Delta U_{A1-A_n} = \frac{M_{A1-A2}}{C_2 \cdot S_{A1-A2}}, \quad (8.9)$$

7. Визначаємо площу перерізу проводу груп з урахуванням втрат напруг в живлючій ділянці $A_1 - A_n$:

$$S_{\Gamma p} = \frac{m_n}{C_2 \cdot (\Delta U_{\text{дон.}} - U_{A1-A2})}, \quad (8.10)$$

8. Визначаємо втрату напруги в групах на живлючій ділянках $A_1 - A_n$:

$$\Delta U_{\Gamma p} = \frac{m_n}{C_2 \cdot S_{\Gamma p}}, \quad (8.11)$$

9. Визначаєм загальні втрати напруги:

$$\Delta U_{A1-A2-i} = \Delta U_{Ai-Ai} + \Delta U_{\Gamma p i} \leq 2,5\%, \quad (8.12)$$

10. Перевірка вибраної площі перерізу по умовам нагріву і механічної міцності

10.1. Перевірка за умовою нагріву виконується по наступній умові:

$$I_{\text{розр.}} \leq I_{\text{тр.дон.}}, \quad (8.13)$$

де $I_{\text{тр.дон.}}$ - тривало допустимий струм.

10.2. Визначаємо значення розрахункових струмів для кожної групи:

$$I_{\text{роз.}} = \frac{P_{\Gamma p}}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (8.14)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга, 220 В; $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

2.3. Приклад виконання завдання

1. Вибір марок проводів і спосіб їх прокладання

Від електропроводки, марку і спосіб прокладання або кабелів вибираємо в залежності від призначення, умов оточуючого середовища, характеристики електроприймачів, вимог техніки безпеки, протипожежних правил та ін.

В якості електропроводки в розраховуваних приміщеннях використовуємо проводи і кабелі мідними жилами. Освітлювальний та аварійний груповий щит живиться від розподільчого щита кабелем марки ШВВП, прокладений по основі.

В приміщенні проводку прокладаємо проводом марки ПВС.

2. Розрахунок поперечного перерізу проводу на мінімум провідникового матеріалу (по величині допустимої втрати напруги)

2.1. Згідно плану розподільчої мережі освітлення скласти розрахункову схему розподілення навантаження по групах і розподілення моментів (див. рис. 8.1).

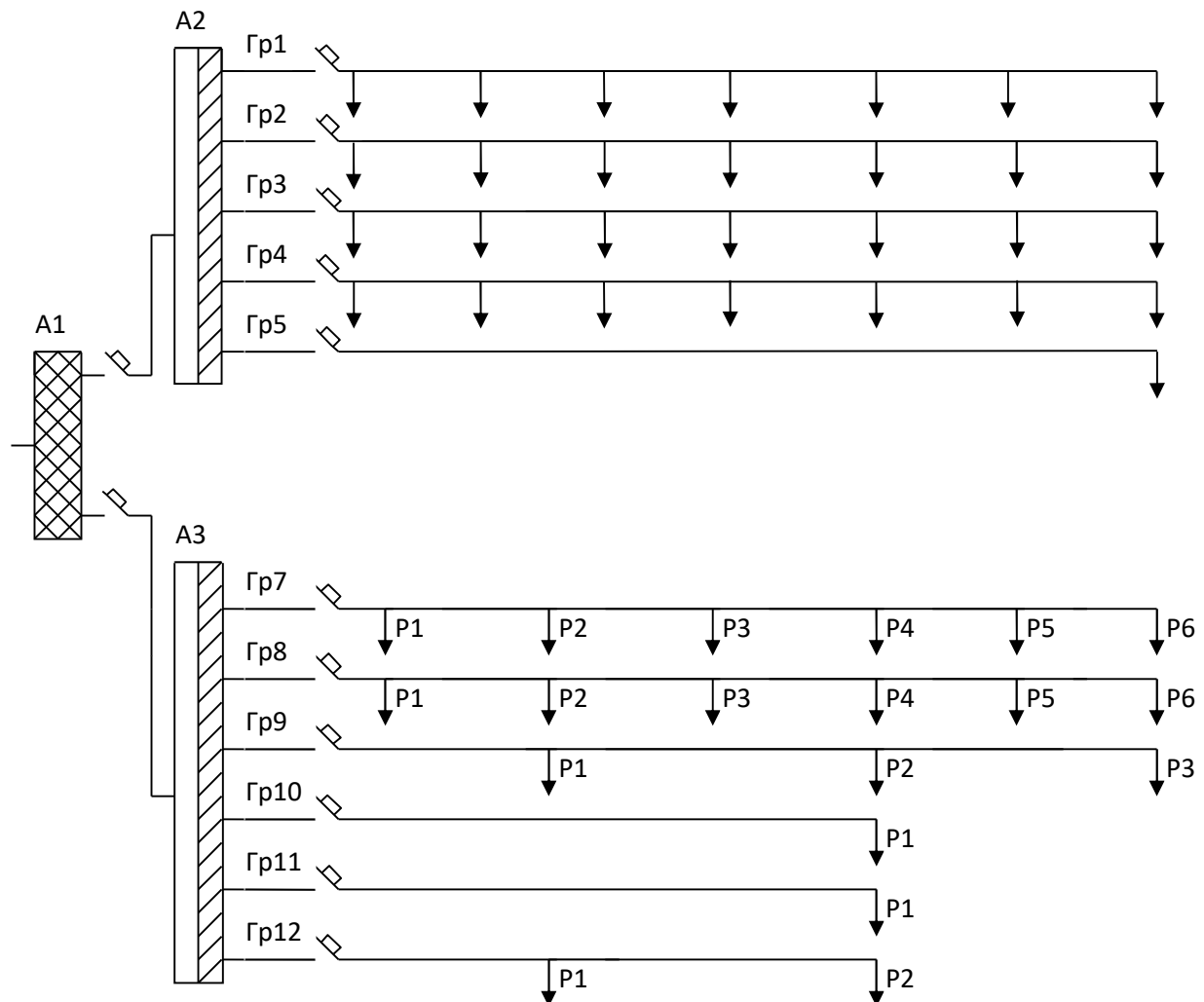


Рис. 8.1 – Розрахункова схема освітлювальної мережі

2.2. Площу поперечного перерізу проводів вибираємо за допустимою втратою напруги, враховуючи довжину та сумарне навантаження груп, значення яких наведено в таблиці 8.1.

Таблица 8.1 - Вихідні дані для розрахунку

№ Групи	Довжина групи L,м.	Сумарне навантаження групи, $\Sigma P_{гр}$ кВт.	Відстань між розподільними щитами, м.		Сумарне навантаження на розподільчий щит, кВт.	
			LA1-A2	LA1-3	ΣP_{A1-A2}	ΣP_{A1-A3}
1	40	0,36	48,24	56,88	1,086	1,176
2	39,6	0,36				
3	62	0,096				
4	7,4	0,060				
5	7,9	0,060				
6	6,95	0,15				
7	40	0,36				
8	39,6	0,36				
9	62	0,36				
10	7,4	0,060				
11	7,9	0,15				
12	6,95	0,15				

2.3. Визначаємо момента навантаження на всіх ділянках:

$$M_{A1-A2} = 1,086 \cdot 48,24 = 52,38 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$M_{A1-A3} = 1,176 \cdot 56,88 = 66,9 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

2.4. Визначаємо момент навантаження після розподільчого щитка:

$$m1 = 0,36 \cdot 40 = 14,40 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m2 = 0,36 \cdot 39,6 = 14,30 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m3 = 0,096 \cdot 62 = 5,95 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m4 = 0,060 \cdot 7,4 = 0,44 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m5 = 0,060 \cdot 7,9 = 0,47 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m6 = 0,15 \cdot 6,95 = 1,04 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m7 = 0,36 \cdot 40 = 14,40 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m8 = 0,36 \cdot 39,6 = 14,25 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m9 = 0,096 \cdot 62 = 5,95 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m10 = 0,060 \cdot 7,4 = 0,44 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m11 = 0,15 \cdot 7,9 = 1,18 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$m12 = 0,15 \cdot 6,95 = 1,04 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

2.5. Визначаємо площу перерізу проводу на живильній ділянці:

$$S_{A1-A2} = \frac{52,38 + 1,85(14,4 + 14,27 + 5,95 + 0,44 + 0,47 + 1,04)}{77 \cdot 2,5} = 0,63 \text{ мм.}^2$$

Приймаємо площу перерізу $S_{A1-A2} = 1,5 \text{ мм.}^2$

$$S_{A1-A3} = \frac{66,9 + 1,85(14,4 + 14,256 + 5,95 + 0,44 + 1,18 + 1,04)}{77 \cdot 2,5} = 0,705 \text{ мм.}^2$$

Приймаємо площу перерізу $S_{A1-A3} = 1,5 \text{ мм.}^2$

2.6. Визначаємо втрату напруги на живлючій ділянці $A_1 - A_2$ та на ділянці $A_1 - A_3$:

$$\Delta U_{A1-A2} = \frac{52,38}{77 \cdot 1,5} = 0,45 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{A1-A3} = \frac{66,9}{77 \cdot 1,5} = 0,58 \text{ \%}.$$

2.7. Визначаємо площу перерізу проводу груп з урахуванням втрат напруг в живлючій ділянці $A_1 - A_2$:

$$S_{Гр1} = \frac{14,44}{77 \cdot (2,5 - 0,45)} = 0,09 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр1} = 1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр2} = \frac{14,652}{77 \cdot (2,5 - 0,45)} = 0,09 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр2} = 1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр3} = \frac{5,976}{77 \cdot (2,5 - 0,45)} = 0,03 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр3} = 1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр4} = \frac{0,45}{77 \cdot (2,5 - 0,45)} = 0,002 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр4} = 1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр5} = \frac{0,501}{77 \cdot (2,5 - 0,45)} = 0,003 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр5} = 1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр6} = \frac{0,6}{77 \cdot (2,5 - 0,45)} = 0,003 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр6} = 1 \text{ мм}^2$.

2.8. Визначаємо площу перерізу проводу груп з урахуванням втрат напруг в живлючій ділянці $A_1 - A_3$:

$$S_{Гр7} = \frac{14,436}{77 \cdot (2,5 - 0,57)} = 0,097 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр7} = 1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр8} = \frac{14,652}{77 \cdot (2,5 - 0,57)} = 0,098 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр8}=1$.

$$S_{Гр9} = \frac{5,976}{77 \cdot (2,5 - 0,57)} = 0,04 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр9}=1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр10} = \frac{0,337}{77 \cdot (2,5 - 0,57)} = 0,002 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр10}=1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр11} = \frac{1,25}{77 \cdot (2,5 - 0,57)} = 0,008 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр11}=1 \text{ мм}^2$.

$$S_{Гр12} = \frac{0,6}{77 \cdot (2,5 - 0,57)} = 0,004 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо стандартну площу перерізу проводу $S_{Гр12}=1 \text{ мм}^2$.

2.9. Визначаємо втрату напруги в групах на живлючій ділянці A_1-A_2 :

$$\Delta U_{Гр1} = \frac{14,44}{77 \cdot 1} = 0,18 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр2} = \frac{14,652}{77 \cdot 1} = 0,19\text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр3} = \frac{5,976}{77 \cdot 1} = 0,07 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр4} = \frac{0,45}{77 \cdot 1} = 0,006 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр5} = \frac{0,501}{77 \cdot 1} = 0,006 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр6} = \frac{0,6}{77 \cdot 1} = 0,007 \text{ \%}.$$

2.10. Визначаємо втрату напруги в групах на живлючій ділянці A_1-A_3 :

$$\Delta U_{Гр7} = \frac{14,436}{77 \cdot 1} = 0,19 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр8} = \frac{14,652}{77 \cdot 1} = 0,19\text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр9} = \frac{5,976}{77 \cdot 1} = 0,077 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр10} = \frac{0,34}{77 \cdot 1} = 0,004 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр11} = \frac{1,25}{77 \cdot 1} = 0,016 \text{ \%};$$

$$\Delta U_{Гр12} = \frac{0.6}{77 \cdot 1} = 0,007 \text{ \%}.$$

2.11. Визначаємо загальні втрати напруги:

$$\begin{aligned}\Delta U_{A1-A2-1} &= 0,45+0,18 = 0,63 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A2-2} &= 0,45+0,19 = 0,64 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A2-3} &= 0,45+0,07 = 0,52 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A2-4} &= 0,45+0,006 = 0,456 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A2-5} &= 0,45+0,006 = 0,456 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A2-6} &= 0,45+0,007 = 0,457 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A3-7} &= 0,57+0,19 = 0,76 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A3-8} &= 0,57+0,19 = 0,76 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A3-9} &= 0,57+0,077 = 0,647 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A3-10} &= 0,57+0,004 = 0,574 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A3-11} &= 0,57+0,016 = 0,586 \text{ \%}; \\ \Delta U_{A1-A3-12} &= 0,57+0,007 = 0,577 \text{ \%}.\end{aligned}$$

3. Перевірка вибраної площі перерізу по умовам нагріву і механічній міцності

3.1. Перевірка за умовою нагріву виконується по наступній умові, $I_{розр} \leq I_{тр.доп.}$, де $I_{тр.доп.}$ – тривало допустимий струм

Тривало допустимий струм має наступні значення для площ перерізу:

$$\begin{aligned}S_{A1-A2} &= \text{мідний ШВВП } 1,5 \text{ мм}^2 - 19 \text{ А}; \\ S_{A1-A3} &= \text{мідний ШВВП } 1,5 \text{ мм}^2 - 19 \text{ А}; \\ S_{Гр1...} S_{Гр12} &= \text{мідний ПВС } 1 \text{ мм}^2 - 16 \text{ А}.\end{aligned}$$

3.2. Визначаємо значення розрахункових струмів для кожної групи:

$$I_{роз. A1-A2} = \frac{1086}{3 \cdot 220 \cdot 0,97} = 1,69 \text{ А};$$

$$I_{роз. A1-A3} = \frac{1176}{3 \cdot 220 \cdot 0,97} = 1,83 \text{ А};$$

$$I_{роз.1} = \frac{360}{220 \cdot 1} = 1,63 \text{ А};$$

$$I_{роз.2} = \frac{360}{220 \cdot 1} = 1,63 \text{ А};$$

$$I_{роз.3} = \frac{96}{220 \cdot 1} = 0,44 \text{ А};$$

$$I_{роз.4} = \frac{60}{220 \cdot 1} = 0,28 \text{ А};$$

$$I_{роз.5} = \frac{60}{220 \cdot 1} = 0,28 \text{ А};$$

$$I_{роз..6} = \frac{60}{220 \cdot 1} = 0,28 \text{ А};$$

$$I_{роз..7} = \frac{360}{220 \cdot 1} = 1,63 \text{ А};$$

$$I_{роз..8} = \frac{360}{220 \cdot 1} = 1,63 \text{ А};$$

$$I_{роз..9} = \frac{96}{220 \cdot 1} = 0,44 \text{ А};$$

$$I_{роз..10} = \frac{60}{220 \cdot 1} = 0,28 \text{ А};$$

$$I_{роз..11} = \frac{150}{220 \cdot 1} = 0,70 \text{ А};$$

$$I_{роз..12} = \frac{150}{220 \cdot 1} = 0,70 \text{ А}.$$

Умови вибору проводу по нагріву виконуються. ПУЄ регламентує мінімальний переріз встановлених проводів в залежності від матеріалу та способів його прокладання. Для мідних проводів прокладених скритно, воно відповідає $1,5 \text{ мм}^2$, а прокладених по основі 1 мм^2 . Таким чином, проводи з обраним перерізом відповідають умовам нагріву та механічної міцності.

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. За вихідними даними приміщення, виконати розподілення навантаження групових ліній по фазам, вибору марок проводів і способу їх прокладки.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Як визначити момент навантаження ділянки мережі?

2. Які існують способи прокладки проводів для освітлювальних мереж?
3. Як поділяються електропроводки по виду?
4. Якими буквами позначаються проводки по способу прокладки?
5. Назвати основні рекомендації способу та виду проводки якими слід користуватися.
6. Для виконання проводок у трубах які рекомендується застосовувати труби?
7. Які існують способи підрахунку моментів навантаження групових ліній?
10. Записати розрахункову формулу для визначення площі перерізу проводів за мінімумом витрат провідникового матеріалу (за допустимими втратами напруги).
11. Записати формулу для визначення фактичної втрати напруги на ділянці мережі.
12. Записати основну умову при виборі проводів і кабелів по допустимій втраті напруги.
13. Пояснити порядок розробки схеми розподілення моментів.
14. Які існують способи підрахунку моментів навантаження групових ліній?

Таблиця 8.2 - Рекомендовані проводи і кабелі для сільськогосподарських освітлювальних мереж

Проводка	Марка проводу, кабелю	Спосіб прокладки	Характеристика приміщення
Відкриті по негорючій та важко горючій основі	АПВ, АПРВ, АПР	На роliках	Нормальне середовище
АПВ, АПРВ, АПР	На ізоляторах	Вологі, сирі, жаркі	
АВВГ, АПВ АПП, АПВГ, АНРГ, АВРГ, АСРГ	На скобах	Всі, крім, взривонебезпечних «В»	
АПРТО	В трубах	Всі приміщення	
Тросова	АВТС-1, АВТС-2	З несучим сталевим тросом. В сталевих трубах	Тваринницькі приміщення
Прихована та відкрита	АПРТО, АПВ	В сталевих трубах	Пожежонебезпечні «П» та ін.

Приховані по негорючій та важко горючій основі	АППВ, АПВ, АПРВ, АПН	В трубах під штукатуркою	Всі, крім «П» і «В»
Всі приміщення	АВВ, ААБ, АСБ	По стінам та в трубах	Всі, крім «П» і «В»

ПРАКТИЧНА РОБОТА №9

Тема: Розрахунок режимів роботи стаціонарних та рухомих установок ультрофіолетового опромінення тварин

Мета роботи: засвоїти методику та отримати практичні навички розрахунку режимів роботи установок УФ – опромінення тварин.

1. Теоретична частина

У сільськогосподарському виробництві для безпосереднього електротехнологічного впливу оптичним випромінюванням на живі організми широкого поширення набули спеціальні газорозрядні джерела випромінювання в областях ультрафіолетової частини спектру (200 ... 380 нм).

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

Біологічний вплив ультрафіолетового випромінювання на організм сільськогосподарських тварин дуже значний. Воно позитивно впливає на ріст і розвиток, обмін речовин, продуктивність та відтворювальні функції.

Так, опромінення корів підвищує надої до 13%, зберігаючи при цьому жирність молока на тому ж рівні, підвищується також і резистентність організму. А телята, що народилися від опромінених корів, є більш стійкими до захворювань токсичною диспепсією та бронхопневмонією.

Опромінення телят покращує обмінні процеси (білкові, вуглеводні, мінеральні), середньодобові прирости підвищуються на 7-13% за рахунок кращого засвоєння азоту корму.

Ультрафіолетове опромінення поросят покращує загальний стан і підвищує до 20% середньодобові прирости, опромінення свиноматок позитивно впливає на запліднюваність і внутрішньоутробний розвиток плоду. Поросята від опромінених свиноматок народжуються більш стійкими до захворювань.

Середньодобові прирости опромінених свиней на відгодівлі збільшуються на 4-10% за рахунок кращого засвоєння поживних речовин корму, при цьому підвищуються поживність якості м'яса та сала. При ультрафіолетовому опроміненні кнурів-плідників поліпшується мінеральний і білковий обміни.

Несучість курей-несучок в осінньо-зимовий період, виводимість курчат з опромінених інкубаційних яєць також підвищуються. Опромінення курчат у перші дні життя знижує відходи і збільшує прирости до 15%. При опроміненні бройлерів підвищується відсоток виходу тушок першої категорії, а в м'ясі зростає вміст білка, полісахаридів і жиру.

Опромінення ягнят підвищує прирости до 18% і покращує якість вовнового

покриву. Плодючість та якість одержуваного від вівцематок приплоду також збільшується.

Біологічний вплив залежить від різних спектральних областей:

- випромінювання від 280 до 315 нм викликає своєрідне почервоніння шкіри -еритему, а також володіє протирахітною дією і здатне перетворювати в організмі провітамін *D* в активно діючий вітамін *D*;

- випромінювання від 315 до 400 нм біологічно малоактивне, використовують в основному для люмінесцентного аналізу.

Крім того, розрізняють еритемне випромінювання, що знаходиться в спектральній області від 280 до 400 нм, в малих дозах воно надає корисну дію на організм людини і тварин.

Таким чином, ультрафіолетове опромінення сприяє інтенсифікації біохімічних і обмінних процесів організму, підвищенню рівня окислювально-відновлювальних реакцій і поліпшенню клінічного стану сільськогосподарських тварин, стійкості до захворювань і, в кінцевому підсумку, забезпечує краще збереження і підвищення їхньої продуктивності.

На рис. 9.1 представлені загальний вигляд стаціонарних ультрафіолетових опромінювальних установок.

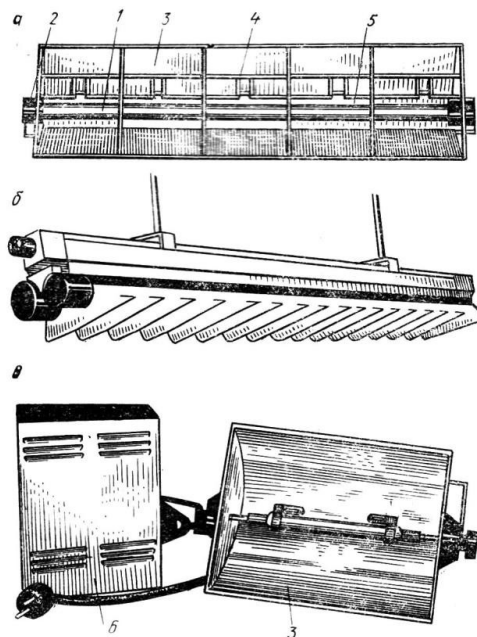


Рис. 9.1 – Загальний вигляд ультрафіолетових опромінювальних установок: ZO1-30M (а), OESP02-2×40/П5'Х-01 (б) і ОРК (в); 1-вітальна лампа; 2-лампотримач; 3-відбивач; 4- захисна сітка; 5-пуско-регулююча апаратура; 6-пуско- регулюючий пристрій.

На рис. 9.2 представлено загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6. Призначення, будова, електрична схема і деякі технічні характеристики опромінювача ОРКШ аналогічні випромінювачу ОРК-2.

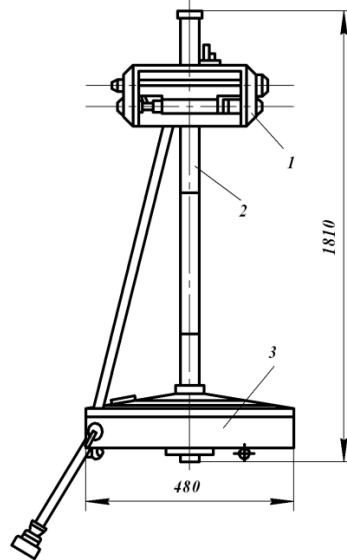


Рис. 9.2 – Загальний вигляд ртутного кварцового опромінювача ОРКШ-6:
1- відбивач з лампою ДРТ-400; 2-стійка; 3- живлюча пусковарегулююча апаратура

Розрахунок стаціонарних установок проводиться методом коефіцієнту використання ефективного потоку, який проводиться в наступній послідовності:

- опромінювані над опромінювальною поверхнею розміщують з врахуванням світлотехнічно найвигіднішої відносної відстані;
- визначають коефіцієнт використання ефективного потоку опромінювальної установки і середню опроміненість;
- визначають час роботи установки для забезпечення добової нормованої дози опромінення.

Основна розрахункова формула метода використання ефективного потоку наступна:

$$E_{\text{ср}} = \frac{\Phi_{\text{в}} \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\text{э}} \cdot K_{\text{ф}}}{K_{\text{з}} \cdot S}, \quad (9.1)$$

де $E_{\text{ср}}$ - середня віта-опроміненість об'єкту, мвит·м⁻²; $\Phi_{\text{в}}$ - вітальний потік випромінювання в ефективних одиницях, вит; N_{Σ} - сумарна кількість джерел в установці ультрафіолетового опромінення; $\eta_{\text{э}}$ - коефіцієнт використання ефективного потоку; $K_{\text{ф}}$ - коефіцієнт форми тварин, який дорівнює 0,5 - 0,64; $K_{\text{з}}$ - коефіцієнт запасу, який дорівнює 1,5 - 2,0; S - площа опромінювальної поверхні, м².

Коефіцієнт використання ефективного потоку визначається по таблиці, з врахуванням індексу приміщення, який розраховують по формулі:

$$i = \frac{S}{H_{\text{р}}(a + b)}, \quad (9.2)$$

де a , b - розміри опромінювальної поверхні, м; H_p - розрахункова висота підвісу опромінювача, м.

Висота підвісу опромінювачів над опромінювальною поверхнею повинна задовольняти вимогам:

$$E_{cp} \cdot K_z \cdot z \leq E_{доп.}, \quad (9.3)$$

де $E_{доп.}$ - допустима віта-опроміненість, яка залежить від виду і вік тварин і птиці.

При виконанні вимоги ($E_{cp} \cdot K_z \cdot z \leq E_{доп.}$) виключаються місцеві опіки ультрафіолетовим випромінюванням поверхні тіла тварини.

При відомій вітальній експозиції опромінення H_Σ і середньої віта - опроміненості поверхні E_{cp} час опромінення визначається за наступною формулою:

$$t = \frac{H_\Sigma}{E_{cp}}, \quad (9.4)$$

де H_Σ - рекомендована добова вітальна експозиція опромінення, мвіт·м².

Електрична механізована підвісна опромінювальна установка УО-4 (рис. 9.3) призначена для ультрафіолетового опромінення сільськогосподарських тварин і птиці в стаціонарних умовах при утриманні в клітках або станках.

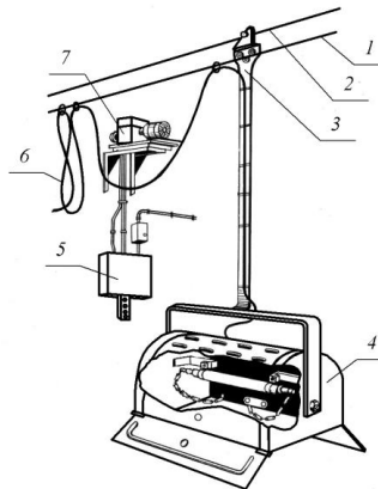


Рис. 9.3 – Опромінювальна установка УО-4: 1 - несучий дріт; 2 - ведучий трос; 3 - роликова каретка; 4 - опромінювач з лампою ДРТ400; 5 - шафа керування; 6 - кабель живлення опромінювачів; 7 - приводна станція.

Установка складається з 4-х рефлекторних опромінювачів з лампами ДРТ400, шафи управління, привідної станції і несучої конструкції (рис. 9.3). Несучу конструкцію виконують зі сталевий оцинкованої проволони, яку закріплюють вздовж приміщення за допомогою натяжних болтів, закладених в торцевих стінах.

Для ультрафіолетового опромінення курей і курчат при утриманні в багаторушних клітинних батареях використовують самохідну установку УОК-1

(рис. 9.4), яка змонтована на візку і може пересуватися в проходах між клітинами з птицею по напрямних.

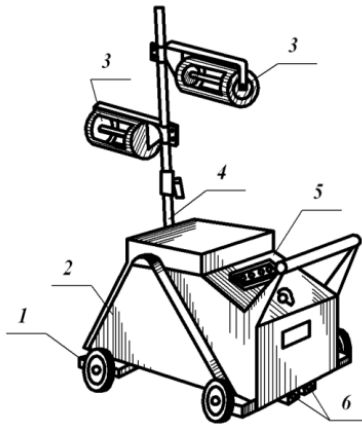


Рис. 9.4 – Установка для опромінення птиці УОК-1: 1 - самохідне шасі; 2 - привод від електродвигуна до ведучих коліс і пристрою укладки кабелю; 3 - опромінювачі з лампами ДРТ400; 4 - штанга; 5 - панель управління; 6 - кінцеві вимикачі)

Розрахунок рухомих установок ультрафіолетового опромінення зводиться до визначення вітальної експозиції опромінення за один прохід опромінювачів і кількості проходів при відомій розрахунковій висоті підвісу і швидкості переміщення опромінювачів.

Випромінювачі, пересуваючись зі швидкістю V на висоті H_p над розрахунковою точкою M , створюють в точці M змінну за значенням вітальну опроміненість, миттєве значення якої завжди можна визначити за формулою:

$$E_{\alpha i} = \frac{K_{\phi} I_{\alpha i} \cos^2 \alpha_i}{K_z H_p^2}, \quad (9.5)$$

де $I_{\alpha i}$ - сила вітального випромінювання опромінювача під кутом α_i до вертикальної осі симетрії випромінювача, мВт·ср⁻¹;

Як бачимо, при визначенні миттєвого значення вітальної опроміненості змінними є значення сили вітального випромінювання випромінювача під кутом α_i до вертикальної осі симетрії опромінювача $I_{\alpha i}$ і квадрата косинуса кута α_i . Якщо тепер криву розподілу вітального потоку опромінювача з певним припущенням приймемо за косинусну, як це виконано для опромінювальної установки УО-4 на рис.3, і апроксимуємо формулою виду:

$$I_{\alpha} = I_i \cos \alpha, \quad (9.6)$$

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

$$H_1 = \frac{2K_\phi I_n \sin \alpha_k}{K_s H_p v}, \quad (9.7)$$

де I_n - сила вітального випромінювання при $\alpha = 0$ для кривої $I_\alpha = I_n \cos \alpha$, апроксимуючої криву розподілу сили вітального випромінювання опромінювача.

Сила вітального випромінювання $I_{\alpha i}$ в напрямку кута αi , визначається по кривій просторового розподілу сили вітального випромінювання (рис. 9.5).

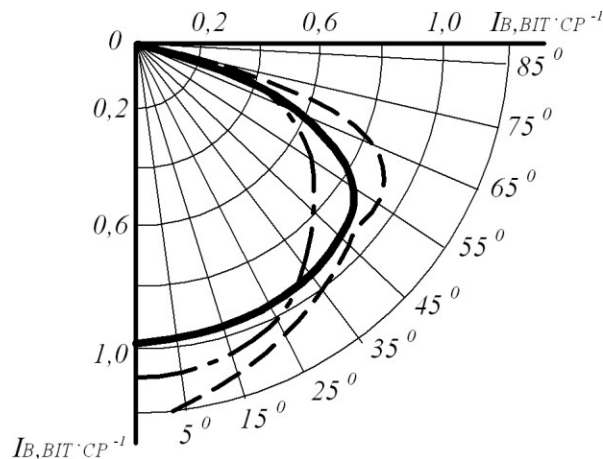


Рис. 9.5 – Криві просторового розподілу сили вітального випромінювання опромінювальних установок УО-4М (—), ОРК-2 (---) і крива $I_\alpha = I_n \cos \alpha$ (-•-•-).

У формулі (H_1) кут α_k визначається захисними властивостями арматури опромінювача або відстанню, при якій об'єкт опромінення потрапляє в тінь (рис. 9.6). Якщо об'єкт не затінюється різного роду стінками і захисний кут арматури опромінювача невеликий, то

$$\sin \alpha_k = \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + 4H_p^2}} \quad H_1 = \frac{2K_\phi I_n}{K_s H_p v} \frac{L'}{\sqrt{L'^2 + 4H_p^2}}, \quad (9.8)$$

де L' - довжина повного проходу опромінювачів, м.

Знаючи нормовану добову вітальну експозицію опромінення тварини чи птиці H_Σ , зможемо визначити розрахункову кількість проходів опромінювача:

$$m = \frac{H_\Sigma}{H_1}, \quad (9.9)$$

або розрахункову тривалість роботи опромінювачів:

$$t = m \frac{L'}{v}$$

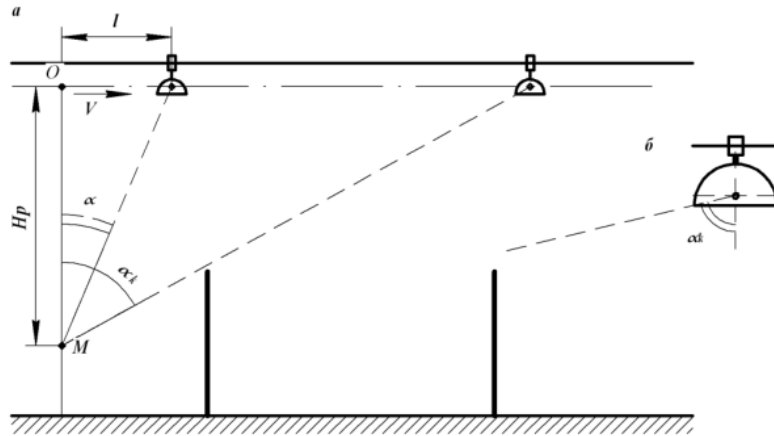


Рис. 9.6 – До визначення α_k за умови затінення об'єкта опромінення стінкою станка (а) або арматурою опромінювача (б).

при якій дійсна вітальна експозиція опромінення тварини чи птиці буде відповідати нормованій. При визначенні довжини ходу випромінювачів L' необхідно врахувати, що випромінювачі не повинні доходити до осі 0-0 і краю майданчика на відстань $l = 0,58 H_p$. В іншому випадку тварина, що знаходиться під цією віссю, отримає подвійну дозу опромінення.

Задачу можна вирішити не тільки для визначення кількості проходів, але і висотою підвісу або швидкості переміщення опромінювачів при заданому до розрахунку кількості проходів. Наприклад, скориставшись приведеними формулами розрахункову висоту підвісу опромінювачів визначимо як:

$$H_p = \frac{2K_\phi m I_n \sin \alpha_k}{K_z H_\Sigma v}, \quad (9.10)$$

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

Слід особливо відзначити, що важливою умовою успішної дії ультрафіолетового випромінювання є суворе дотримання його дозування та режиму. Загальновідомо, що на живі організми воно може бути добродійним, гнітючим або згубним, в залежності від його якості (спектрального складу) та кількості. Одну й ту ж експозицію тварина або птиця можуть отримати при безлічі поєднань опроміненості з тривалістю опромінення. Рекомендується використовувати більшу тривалість опромінення в поєднанні з малою опроміненістю. Однак при цьому тривалість опромінення не повинна перевищувати тривалості світлового дня.

Для точного дозування ультрафіолетового опромінення необхідно автоматизувати опромінювальну установку: стаціонарну - за тривалістю роботи випромінювачів, рухому - по кількості проходів.

При автоматизації необхідно звернути увагу на багатфакторний вплив на джерела ультрафіолетового випромінювання умов навколишнього середовища і відхилень напруги живильної мережі від номінального значення. Опромінювальні установки тваринницьких приміщень працюють в умовах хімічно активного навколишнього середовища, підвищеної вологості повітря, запиленості і т. п. Температура навколишнього повітря істотно впливає на потік ультрафіолетового випромінювання вітальних ламп. Найбільший вітальний потік лампи типу ЛЭ випромінюють при температурі навколишнього повітря близько 20°C. При підвищенні або зниженні температури повітря він зменшується, знижуючись до 85% максимального значення вже при 35°C і 7°C. При підвищенні відносної вологості повітря в приміщенні дія ультрафіолетового випромінювання погіршується, що пояснюється зниженням вітального опромінення об'єкта у разі підвищення вмісту вологи в повітрі в наслідок зменшення його прозорості. Істотний вплив на ефективний потік має запиленість приміщення. За агрозоотехнічними вимогам проводиться чищення джерел і опромінювачів від пилу не рідше 1 разу на місяць, так як вітальний потік перед чищенням знижується за рахунок запилення на 25...28% номінального.

На кожен відсоток зміни напруги мережі в 2% оцінюється зміна вітального потоку джерел і не тільки кількісно, але і якісно. У зв'язку з цим для забезпечення необхідної дози опромінення при зниженні напруги мережі на 10% час опромінення об'єкта випромінювачем з лампою ДРТ400 за інших рівних умов необхідно збільшити на 45%, а не на 20% .

Потік ультрафіолетового випромінювання також знижується в процесі експлуатації джерел навіть в межах номінального терміну служби. Наприклад, для лампи ДРТ400 ультрафіолетове випромінювання на 100 год. роботи зменшується на 10...12%, за 200 год. - на 17...20%, за 500 год. - на 35...40% і до кінця терміну служби - більше ніж на 50%. Для лампи типу ЛЭ ультрафіолетове випромінювання за 200 год. роботи зменшиться на 14...16%, за 400 год. - на 26...28%, за 600 год. - на 36...40% і до кінця терміну служби - на 50...55%.

З урахуванням вище викладеного вітальна експозиція опромінення, одержуваного об'єктом, може зменшитися до 30% від початкового до кінця терміну служби джерелом навіть при виконанні всіх вимог щодо застосування ультрафіолетового випромінювання. У цьому випадку продуктивність опромінюваних тварин або птиці не лише не досягне очікуваних величин, але може і зменшитися. Тобто, недооблік при дозуванні ультрафіолетового опромінення дії перерахованих факторів приводить до значних відхилень експозиції опромінення, одержуваного об'єктом, від нормованого значення, що здатне викликати негативний ефект або, в кращому разі, не визиває ніякого технологічного ефекту. Вплив зазначених факторів, і в першу чергу старіння джерел при експлуатації, в якійсь мірі враховується введенням коефіцієнта

запасу. Однак в цьому випадку для нових джерел фактична вітаопроміненість значно вища, ніж розрахована за формулами. Тому тривалість опромінення і число проходів тут необхідно скоротити до:

$$t_n = \frac{t}{K_z} \quad \text{та} \quad m_n = \frac{m}{K_z}, \quad (9.11)$$

По мірі старіння ламп t і m слід збільшувати з урахуванням зміни ефективного потоку ламп. Необхідно також коректувати час опромінення чи кількість проходів з урахуванням температури, вологості і запиленості приміщень, значення напруги живильної мережі.

2.1. Завдання

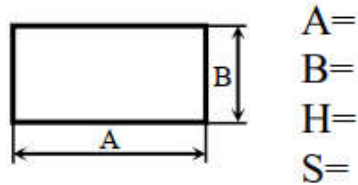
За вихідними даними виконати розрахунок режиму роботи стаціонарної та рухомої установки для УФ опромінення телят. Враховуючи кількість голів, вік телят, довжину приміщення A , ширину приміщення B , висота приміщення H .

1. Вивчити принцип дії ультрафіолетових установок, їх складові та типи джерел УФ-випромінювання.
2. Ознайомитися з нормативними документами та методиками розрахунку режимів роботи УФ-установок.
3. Визначити основні параметри установки (потужність ламп, площу обробки, тривалість експозиції, швидкість потоку).
4. Встановити умови експлуатації та технологічні обмеження.
5. Виконати розрахунок необхідної потужності УФ-ламп для досягнення заданого рівня знезараження.
6. Розрахувати тривалість експозиції та оптимальне розташування ламп.
7. Визначити енергетичні витрати та ефективність установки.
8. Написати висновки щодо ефективності роботи установки та можливих шляхів її оптимізації.
9. Проаналізувати вплив різних режимів роботи на енергоспоживання та якість знезараження.
10. Сформулювати рекомендації щодо вибору оптимального режиму роботи установки для конкретних умов.

2.2. Порядок виконання завдання

2.2.1. Розрахунок режиму роботи стаціонарної установки УФ

1. Визначити вихідні дані розглядуваного приміщення:



2. Визначити рекомендовану дозу опромінення.
3. Визначити тип джерела УФ опромінювання.
4. Визначити тип УФ опромінювача для стаціонарної установки.
5. Визначаємо розрахункову висоту підвісу опромінювача:

$$H_p = H - (h_{зв} + h_p), \quad (9.12)$$

де $h_{зв}$ - висота звисання світильника, враховуючи спосіб його кріплення; h_p - висота робочої поверхні на якій нормується освітленість (визначити розміщення опромінювача від спини тварини).

6. Визначаємо відносну відстань між опромінювачами в ряду L :

$$L = \lambda H_p, \quad (9.13)$$

де λ - відповідно світлотехнічно та економічно найвигідніша відносна відстань між світильниками $\lambda = 1,2 \dots 1,6$.

7. Визначити кількість опромінювачів в ряду:

$$N = \frac{A}{L}, \quad (9.14)$$

де A - довжина опромінювального ряду, м:

8. Визначити середню віта опроміненість:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_B \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\Sigma} \cdot K_{\Phi}}{K_3 \cdot S}, \quad (9.15)$$

де E_{cp} - середня віта-опроміненість об'єкту, мвіт·м⁻²; Φ_B - вітальний потік випромінювання в ефективних одиницях, вит; N_{Σ} - сумарна кількість джерел в установці ультрафіолетового опромінення; η_{Σ} - коефіцієнт використання ефективного потоку; K_{Φ} - коефіцієнт форми тварин, який дорівнює 0,5 - 0,64; K_3 - коефіцієнт запасу, який дорівнює 1,5 - 2,0; S - площа опромінювальної поверхні, м².

9. Визначити індекс установки:

$$i = \frac{S}{H_p(a+b)}, \quad (9.16)$$

де a, b - розміри опромінювальної поверхні, м; H_p - розрахункова висота підвісу опромінювача, м.

10. Визначити добову тривалість роботи опромінювачів з лампами після 1000 годин експлуатації:

$$t = \frac{H_{\Sigma}}{E_{cp}}, \quad (9.17)$$

де H_{Σ} - рекомендована добова вітальна експозиція опромінення, мвіт·м².

11. Переконатися у виконанні вимоги $E_{cp} \cdot K_3 \cdot z \leq E_{доп}$.

12. Визначити добову тривалість роботи опромінювачів з новими лампами:

$$t_n = \frac{t}{K_3}, \quad (9.18)$$

2.2.2. Розрахунок режиму роботи рухомих установок УФ

1. Визначити рекомендовану дозу опромінення;
2. Визначити тип установки;
3. Визначити найбільше значення кута між напрямленнями потоку від джерела об'єкта опромінення і вертикаллю в процесі випромінювання;
4. Визначити коефіцієнт запасу джерела випромінювання
5. Визначити швидкість руху установки
6. Визначити кількість проходів установки над тваринами
7. Визначити еритемний потік лампи ДРТ
8. Визначити силу випромінювання опромінювача при $\rho = 0,4$:

$$I_{EO} = \frac{\Phi_E [(90 - \gamma) + (90 + \gamma)\rho]}{\pi^2 \sqrt{45 \cdot \alpha_K}}, \quad (9.19)$$

де ρ - коефіцієнт відбиття поверхні опромінювача;

9. Визначити висоту підвісу опромінювача над телятами:

$$h = (1,28 \cdot I_{EO} \cdot K_3 \cdot \sin \alpha_K) \frac{n}{A_E \cdot v}, \quad (9.20)$$

10. Визначити висоту підвісу опромінювачів над підлогою:

$$h_n = h + (1,5 \cdot h_0), \quad (9.21)$$

де h_0 – висота центру туловища телят над підлогою приміщення, м;

11. Визначити довжину ходу опромінювачів:

$$L = \frac{a}{N - 0,58 \cdot h}, \quad (9.22)$$

де a - довжина приміщення, м; N - кількість опромінювачів в одному ряду по довжині приміщення.

12. Визначити середню опроміненість:

$$E_{cp} = \frac{1,28 \cdot I_{EO}}{K_3 \cdot h \sqrt{1^2 + 4h^2}}$$
$$l = 2h \operatorname{tg} \alpha_K, \quad (9.23)$$

13. Зрівняти отримане значення з допустимою опроміненістю:

$$K_3 \cdot z \cdot E_{cp} \leq E_{доп}, \quad (9.24)$$

де z - коефіцієнт допустимої нерівномірної мінімальної опроміненості.

14. Визначити тривалість опромінення одного теляти в кінці терміну служби джерела опромінення:

$$t = \frac{A_E}{E_{CP} + b \cdot t_{PA3}}, \quad (9.25)$$

де b - коефіцієнт, який враховує відмінність ефективного потоку лампи в процесі розгорання від потоку розгорівшоїся лампи (для нормального вмикання лампи $b = 0,7$, для прискореного $b = 0,35$); $t_{роз.}$ - час повного розгорання лампи, ($t_{роз}$ ДРТ = 5 - 10 хв).

15. Визначити тривалість опромінення однієї тварини новими лампами:

$$t = \frac{A_E}{2E_{CP} + b \cdot t_{PA3}}, \quad (9.26)$$

16. Визначити час роботи опромінювальної установки за добу:

$$t_{ДОБУ} = \frac{L \cdot n}{v}, \quad (9.27)$$

2.3. Приклад виконання завдання

2.3.1. Розрахунок режиму роботи стаціонарної установки УФ

Вихідними даними для розрахунку стаціонарної установки для УФ опромінення телят приймаємо 1 секцію телятника на 26 голів. Телята старше 6 місяців. Висота приміщення $H = 2,8$ м, ширина клітки – $B = 1$ м.

1. Визначаємо висоту приміщення (H) і ширину кліток (B):

$$H = 2,8 \text{ м}, \quad B = 1 \text{ м}.$$

2. Визначаємо рекомендовану дозу опромінення телят старших 6 місяців $A = 160-180$ мер·год/м², (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 - Рекомендуючі дози опромінення тварин

Вид і візрасна група тварин	Допустима опроміненість, мер/м ²	Допустима нерівномірність	Доза опромінення за добу, мер·год/м ²
Телята до шести місяців	430	1,36	120 – 140
Телята старші шести місяців	570	1,28	160 – 180
Телиці та нетелі	650	1,35	180 – 210
Корови та бики	930	1,34	270 – 290
Поросята підсосні	83	1,5	20 – 25
Поросята - ОТЕМИШИ	230	1,76	60 – 80

Свині на відгодівлі та свиноматки	250	1,7	80 – 90
Ягнята	480	1,27	220 – 240
Вівцематки	440	1,3	245 – 260
Курчата при утриманні на підлозі	58	1,76	15 – 20
Курчата при утриманні в клітках з решітчастими передніми стінками	75	1,57	20 - 25
Теж, але із штампованими передніми стінками	150	1,57	40 – 50
Кури – несучки при утриманні на підлозі	150	1,57	40 – 50
Кури несучки при клітковому утриманні	75	1,57	20 – 25

3. Визначаємо тип джерела УФ опромінення. Вибираємо джерело УФ випромінювання в області В – газорозрядна лампа низького тиску типу ЛЭ-30-1, (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 - Основні технічні характеристики джерел УФ – випромінювання

Тип лампи	Потужність, Вт	Номинальна напруга, В	Струм лампи, А	Світловий потік, лм	Вітальний потік, мвіт	Бактерицидний потік, мбк	Термін служби, тис. год.	Габарити, мм	
								довжина	діаметр
ЛЕ15	15	127	-	40	300	55	5	451,6	30
ЛЕО15	15	127	-	650	110	-	5	451,6	30
ЛЕ30-1	30	220	-	110	750	125	5	908,8	30
ЛЕР30	30	220	-	-	-	-	3	909,6	30
ЛЕО30	30	220	0,365	1350	270	-	5	908,8	27

ЛЕО40	40	220	0,43	1850	370	-	5	121,6	40
ЛеР40	40	220	-	120	1600	-	3	1213,6	40
ДРВЕД 220-160	160	220	-	1600	350	-	1,5	190	127
ДРВЕД 220-250	250	220	-	3250	600	-	1,5	190	127

4. Визначаємо тип УФ опромінювача для стаціонарної установки. Вибираємо тип УФ опромінювача для стаціонарної установки – ЭО1-30М, (табл. 9.3).

Таблиця 9.3 - Технічні дані ультрафіолетових опромінювальних установок

Тип ультрафіолетових опромінювальних установок	Тип джерела	Кількість джерел	Встановлена електрична потужність, Вт	Номинальна напруга	Габарити, мм	Маса, кг
Стаціонарні:	ЛЕ30-1	1	40	220	1000×250×155	6,5
ЕО1-30М	ЛЕ30-1	1	40	220	975×280×120	5,0
ОЕ-1 і ОЕ-2	ЛЕР40	1			1305×190×685	9,5
ОЕСП02-2×40	ЛБР40	1	100	220		
Переносні:					Випромінювач	
ОРК-2	ДРТ400	1	500	220	340×205×215	3,7
					Пристрій живлення	6,5
					175×115×250	
ОРКШ	ДРТ400	1	500	220	480×480×1810	25

5. Визначаємо рекомендовану висоту підвісу опромінювача.
Рекомендована висота підвісу опромінювача над підлогою:

$$h_{\text{під}} = 2 - 2,2 \text{ м,}$$

6. Визначаємо розміщення опромінювача від спини тварин.

Рекомендована висота розміщення опромінювачів від спини тварин:

$$h_{\text{розр.}} = 1,5 \text{ м,}$$

7. Проводимо розміщення опромінювачів на плані приміщення.

Розрахунок розміщення опромінювачів ведемо для однієї секції на 26 телят. Опромінювачі розміщуємо в один ряд .

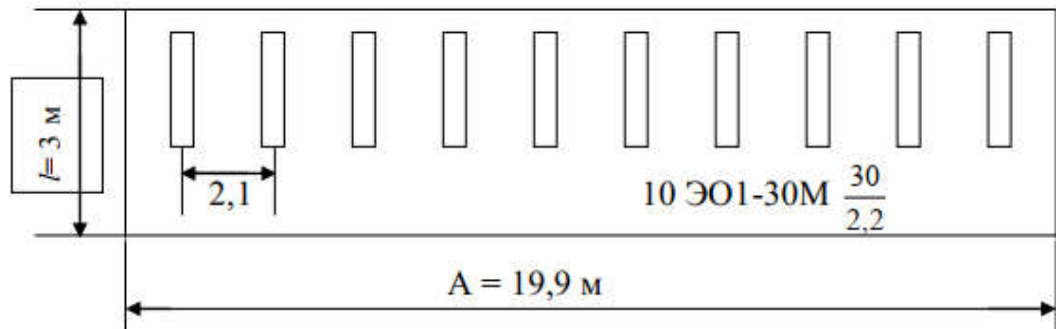


Рис. 9.7 – План розміщення УФ опромінювачів в секції телятника на 26 голів

8. Для рівномірного опромінення відстань між опромінювачами в ряду L визначаємо згідно рекомендаціям найвигіднішої відносної відстані.

$$\lambda = \frac{L}{h_{\text{розр.}}}, \rightarrow L = \lambda \cdot h$$

$$\lambda = 1,4 \rightarrow L = 1,4 \cdot 1,5 = 2,1 \text{ м}$$

9. Визначаємо кількість опромінювачів в ряду:

$$N = \frac{19,9}{2,1} = 9,46$$

Приймаємо 10 штук.

10. Визначаємо середню еритемну опроміненість методом коефіцієнту використання ефективного потоку.

$$E_{\text{ср}} = \frac{\Phi_{\text{в}} \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta_{\Sigma} \cdot K_{\Phi}}{K_{\Sigma} \cdot S}$$

де $\Phi_{\text{в}}$ - ефективний потік вибраної лампи ЛС-30-1; $\Phi_{\text{в}} = 750$ мер; N - число опромінювачів, шт.; K_{Φ} - коефіцієнт форми тварин, $K_{\Phi} = 0,64$; K_{Σ} - коефіцієнт запасу, $K_{\Sigma} = 2$ (після 1000 годин експлуатації ламп); S - площа опромінювальної установки, $S = A \cdot l = 19,9 \cdot 3 = 59,7 \text{ м}^2$, η_{Σ} - коефіцієнт використання опромінювальної установки, який визначається в залежності від характеру розподілення потоку випромінювання і індексу установки:

$$i = \frac{59,7}{1,5(19,3 + 3)} = 1,78$$

Приймаємо $\eta = 0,54$.

$$E_{\text{ср}} = \frac{750 \cdot 10 \cdot 0,54 \cdot 0,64}{2 \cdot 59,7} = 21,7 \text{ мер / м}^2$$

12. Визначаємо добову тривалість роботи опромінювачів з лампами після 1000 годин їх експлуатації:

$$t = \frac{170}{21,7} = 7,8 \text{ годин}$$

13. Визначаємо добову тривалість роботи опромінювачів з новими лампами:

$$t_{\text{н}} = \frac{7,8}{2} = 3,9 \text{ год}$$

2.3.2. Розрахунок режиму роботи рухомих установок УФ

Вихідними даними для розрахунку рухомої установки для УФ опромінення телят в телятнику, де телята старше 6 місяців приймаємо: довжина приміщення $A=54\text{м}$, ширина приміщення $B=21\text{м}$, висота приміщення $H = 2,8 \text{ м.}$, опромінювальна установка типу УО-4.

1. Визначаємо рекомендовану дозу опромінення телят старших 6 місяців $A = 160\text{--}180 \text{ мер}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ (див. табл. 9.1).

2. При стійловому утриманні застосовуємо рухому опромінювальну установку типу УО-4. Оскільки для однієї такої установки найбільша довжина обслуговуючого приміщення рівна 90 м., то в телятнику необхідно використати дві установки, кожна з якої буде опромінювати два сусідніх ряди телят в стойлах по всій довжині приміщення.

3. Визначаємо найбільше значення кута між напрямленнями потоку від джерела об'єкта опромінення і вертикаллю в процесі випромінювання. Допускаємо, що просторове розподілення еритемного потоку під опромінювачем косинусне в межах кута $\alpha_k = 90 - \gamma$. Для опромінювальної установки УО-4 захисний кут $\gamma = 25 - 30^\circ$. Приймаємо $\alpha_k = 60^\circ$.

4. Визначаємо коефіцієнт запасу джерела випромінювання. Коефіцієнт запасу в відповідності із терміном служби лампи ДРТ-400, якою укомплектовані опромінювальні установки УО-4, беремо із табл. 9.4.

Таблиця 9.4 – Коефіцієнт запасу для газорозрядних джерел ультрафіолетового опромінення

Параметр	Значення параметра							
Тривалість роботи, год	0	100	200	400	600	1000	1500	2000
Коефіцієнт запасу K_z	1,0	1,25	1,45	1,67	1,82	2,0	2,2	2,26

Приймаємо $K_z = 2,26$.

5. Визначаємо швидкість руху установки. Швидкість руху опромінювачів над тваринами беремо із паспортних даних установки. Вона дорівнює 18 м/год.

6. Визначаємо кількість проходів установки над тваринами. Число проходів опромінювачів над телятами приймаємо мінімальне $n = 2$.

7. Визначаємо еритемний потік лампи ДРТ. Із табл. 9.1 знаходимо еритемний потік лампи ДРТ400. $\Phi_e = 4750$ мер.

8. Визначаємо силу випромінювання опромінювача при $\rho = 0,4$:

$$I_{EO} = \frac{4,75[(90 - 30) + (90 + 30)0,4]}{3,14^2 \sqrt{45 \cdot 60}} = 1 \text{ ep / cp}$$

9. Визначаємо висоту підвісу опромінювача над телятами:

$$h = (1,28 \cdot 1 \cdot 2,26 \cdot \sin 60) \frac{2}{0,17 \cdot 18} = 1,64 \text{ м}$$

10. Визначаємо висоту підвісу опромінювачів над підлогою з врахуванням росту телят ($1,5 h_0 = 1$), де h_0 – висота центру туловища телят над підлогою приміщення, м:

$$h_n = 1,64 + 1 = 2,64 \text{ м,}$$

11. Визначаємо довжину ходу опромінювачів:

$$L = \frac{48}{2 - 0,58 \cdot 1,64} = 45,7$$

12. Визначаємо середню опроміненість телят:

$$E_{cp} = \frac{1,28 \cdot 1}{2,26 \cdot 1,64 \sqrt{5,09^2 + 4 \cdot 1,64^2}} = 0,0570 \text{ ep / м}^2 = 57 \text{ мер / м}^2$$

13. Зрівнюємо це значення з допустимою опроміненістю:

$$2,26 \cdot 1,28 \cdot 57 = 164,9 \leq E_{\text{доп.}} = 180 \text{ мер/м}^2$$

Нерівність виконується, відповідно розраховані параметри установки прийнятні.

14. Визначаємо тривалість опромінення одного теляти в кінці терміну служби джерела опромінення.

$$t = \frac{170}{57 + 0,7 \cdot 0,1} = 2,98 \text{ год.}$$

15. Визначаємо тривалість опромінення однієї тварини новими лампами:

$$t = \frac{170}{2 \cdot 57 + 0,7 \cdot 0,1} = 1,49 \text{ год.}$$

16. Визначаємо час роботи опромінювальної установки за добу:

$$t_{\text{добу}} = \frac{45,7 \cdot 2}{18} = 5 \text{ год}$$

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. За вихідними даними приміщення, виконати розрахунок режимів роботи стаціонарної та рухомої механізованої УФ установки, після чого виконати їх порівняння, та зробити висновок що до ефективності.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Як визначити середню віта опроміненість?
2. Як визначити індекс опроміню вальної установки?
3. Як визначити дозу опромінення, або вітальну експозицію?
4. Як визначити добову тривалість роботи опромінювачів?
5. Які фактори необхідно врахувати при автоматизації рухомих установок?
6. Як визначити середню опроміненість телят?
7. Привести умову зрівняння отриманої середньої опроміненості телят з допустимою опроміненістю.
8. Як визначається тривалість опромінення однієї тварини новими лампами?
9. Як визначити час роботи опромінювальної установки за добу?

Таблиця 9.1 – Вихідні дані розрахунку

№ варіанту	Обсяг об'єкта, л/год	Площа контакту, м ²	Температура, °С	Прозорість	Потужність лампи, Вт	Кількість ламп	Швидкість потоку, м/с	Оптимальна відстань, м	Експозиція, мДж/см ²
1	800	1.5	18	0.9	36	3	0.8	0.4	25
2	1000	2	20	0.95	40	4	1	0.5	30
3	1200	2.5	22	0.92	50	5	1.2	0.6	35
4	900	1.8	19	0.93	45	4	1	0.45	28
5	1100	2.2	21	0.94	42	4	1.1	0.5	32

№ варіанту	Обсяг об'єкта, л/год	Площа контакту, м ²	Температура, °С	Прозорість	Потужність лампи, Вт	Кількість ламп	Швидкість потоків, м/с	Оптимальна відстань, м	Експозиція, мДж/см ²
6	950	1.7	20	0.91	38	3	0.9	0.48	27
7	1050	2	22	0.96	44	4	1	0.52	31
8	870	1.6	18	0.9	36	3	0.85	0.42	26
9	1150	2.3	21	0.95	46	5	1.15	0.55	33
10	1000	2	19	0.92	40	4	1	0.5	30
11	980	1.9	20	0.93	39	4	0.95	0.48	29
12	1020	2	21	0.94	41	4	1	0.5	31
13	1100	2.1	22	0.95	43	5	1.1	0.52	32
14	930	1.8	19	0.91	37	3	0.9	0.45	28
15	1200	2.5	23	0.96	50	5	1.2	0.6	35
16	850	1.5	18	0.9	35	3	0.8	0.4	25
17	1080	2.2	21	0.94	44	4	1.05	0.5	32
18	970	1.9	20	0.92	39	4	0.95	0.48	29
19	1120	2.3	22	0.95	46	5	1.1	0.55	33
20	890	1.7	19	0.91	37	3	0.88	0.44	27
21	1150	2.4	22	0.96	47	5	1.15	0.57	34
22	940	1.8	20	0.92	38	3	0.9	0.45	28
23	1010	2	21	0.93	41	4	1	0.5	30
24	1080	2.2	22	0.95	44	4	1.05	0.52	32
25	920	1.7	19	0.9	36	3	0.87	0.43	26
26	1140	2.3	22	0.95	46	5	1.12	0.55	33
27	960	1.9	20	0.92	39	4	0.95	0.48	29
28	1090	2.2	21	0.94	45	4	1.05	0.52	32
29	880	1.6	18	0.9	35	3	0.85	0.42	25
30	1180	2.4	23	0.96	48	5	1.2	0.58	34

ПРАКТИЧНА РОБОТА №10

Тема. Розрахунок тепличних опромінювальних установок, які застосовуються в рослинництві.

Мета роботи: Засвоїти методику та отримати практичні навички розрахунку тепличних опромінювальних установок, які застосовуються в рослинництві.

1. Теоретична частина

Основною частиною установок для опромінення рослин у закритому ґрунті та інших культивуальних спорудах є джерело випромінювання. Для зазначених цілей раніше застосовувалися лампи розжарювання. Нині їх застосовують, оскільки вони неекономічні і мають менш сприятливий спектр проти газоразрядними лампами.

У теплицях широко використовувалися також звичайні люмінесцентні освітлювальні лампи (ЛБ, ЛТБ, ЛДЦ). Однак специфічний спектр поглинання зелених рослин зумовив створення та застосування спеціальних ламп. Конструктивно вони не відрізняються від звичайних люмінесцентних. До таких ламп відносяться ЛФ 40-2 та ЛФ 40-1. Це лампи із спеціальним люмінофорним покриттям, фітовіддача їх на 40—50% більше, ніж у освітлювальних люмінесцентних ламп тієї ж потужності (40 Вт).

Застосування цих ламп показало, що при опроміненні томатів по 17 годин на добу врожай збільшується на 45% порівняно з урожаєм, отриманим при використанні ламп ЛБ-40.

Люмінесцентні лампи зміцнюються на спеціальних рамах і розташовуються зазвичай горизонтально над рослинами. Рами можуть бути рухомими та нерухомими. Недоліком люмінесцентних ламп є те, що через малу одиничну потужність їх доводиться розташовувати досить щільно в рамі; в результаті цього рама закриває рослини від природного світла у світлий час доби. Більш зручними у цьому сенсі є газорозрядні лампи високого тиску, які мають поодинокую потужність до 1000 Вт. Ці лампи зараз набувають найбільшого поширення у теплицях.

Донедавна часто застосовувалася лампа ДРЛ. Але вона має два істотні недоліки: нетерmostійке скло зовнішньої колби і недостатньо високу ефективну віддачу. Погана якість скла призводила до того, що випадкове влучення води на колбу (при поливі) руйнувало її. Оголювався ртутно-кварцовий пальник, який, будучи джерелом ультрафіолетових променів, випалював рослини.

Випускається лампа ЛОР-1000 та розробляється ЛОР-2000 (лампи для опромінення рослин потужністю 1000 та 2000 Вт). Ці лампи влаштовані так само,

як і лампа ДРЛ, але в газ пальника додані іоди літію та індию для підвищення фітовіддачі. На внутрішню поверхню колби нанесено дзеркальний відбивач. Конструкція лампи забезпечує автоматичне відключення її у разі пошкодження зовнішньої колби, що запобігає можливості опіку рослин. Середній термін служби лампи становить 1000 год. Фітовіддача лампи ЛОР-ЮОО на 60-80% вище, ніж у лампи типу ДРЛ-1000. Це дозволяє приблизно вдвічі зменшити витрати енергії на опромінення.

Хороші результати при опроміненні рослин дають лампи HLRG-400 фірми «Філіпс» (рис. 10.1) та подібна до них вітчизняна ОТ-400 (тепловий опромінювач).



Рис. 10.1 – Зовнішній вигляд опромінювача з лампою HLRG

Обидві лампи мають високу ефективну віддачу та термостійке скло. Наявність відбивачів на колбах дозволяє експлуатувати лампи без арматури. Робляться спроби використання газорозрядних ламп надвисокого тиску. Найбільш підходящою для опромінення рослин є ксенонова лампа ДКСТВ-6000 з водяним охолодженням потужністю 6000 Вт. Але складність експлуатації і висока одинична потужність лампи поки стримують її застосування в теплицях.

Світлотехнічний розрахунок установок для опромінення рослин. Розрахунок зводиться до визначення числа ламп для опромінення заданої площі (рис. 10.2).

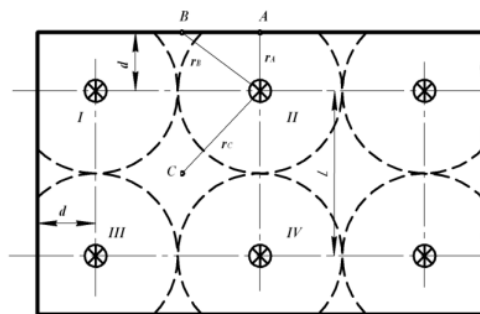


Рис. 10.2 – До розрахунку опромінюючої установки з точковими випромінювачами

Найбільш простим є розрахунок питомої потужності. Повна потужність P (кВт) опромінювачів розраховується за формулою:

$$P = \frac{P_{уд} S_0}{1000}, \quad (10.1)$$

де $P_{уд}$ - питома потужність опромінення, Вт/м²; S_0 - площа поверхні, що опромінюється, м².

При розрахунку опромінювачів з газорозрядними лампами високого тиску для опромінення розсади огірків приймають $P_{уд} = 350-450$ Вт/м², для розсади томатів - $P_{уд} = 450-550$ Вт/м². Великі значення набувають для ламп з меншою ефективною віддачею.

Число ламп, потужністю $P_{л}$ кожна, для опромінення заданої площі визначається за формулою:

$$N = \frac{P}{P_{л}}, \quad (10.2)$$

Розміщуються лампи, зазвичай, квадратними чи прямокутними полями. Розрахунки за питомою потужністю досить прості, але не точні, тому що не враховують ефективну віддачу ламп. При порівняльному розрахунку числа опромінювачів з лампами різної фітовіддачі, але однакової потужності цей метод дасть однакове їх число.

Більш точним є розрахунок ефективної опроміненості, яку треба створити для нормального росту рослин. Необхідна повна потужність (кВт) на опромінення у цьому випадку підраховується так:

$$P = \frac{S_0 E_{ф}}{H_{ф} k_{и} \cdot 1000}, \quad (10.3)$$

де S_0 - площа поверхні, що опромінюється, м²; $H_{ф}$ - фітовіддача ламп, мфт/Вт; $E_{ф}$ - необхідна опроміненість, мфт/м²; $k_{и}$ - коефіцієнт використання фітопотуку.

Для розсади огірків величину опроміненості потрібно приймати щонайменше 8000 мфт/м², для розсади томатів - щонайменше 10000 мфт/м². Фітовіддачу орієнтовно можна прийняти: для ламп ДРЛ-80 – 85 мфт/Вт, для ЛОР-1000 та інших високоефективних ламп 120 – 130 мфт/Вт. Число ламп визначається так само, як і в першому методі.

Іноді в довідкових даних опромінювача вказується, яку площу $S_{об.}$, може бути використаний. Тоді число опромінювачів N для площі S_0 можна розрахувати за формулою:

$$N = \frac{S_0}{S_{об.}}, \quad (10.4)$$

2.1. Завдання

1. Визначення висоти підвісу опромінювачів
 - Обрати тип лампи та необхідну опроміненість рослин.
 - Розрахувати висоту підвісу опромінювачів для рівномірного освітлення.
2. Розрахунок площі опромінення та відстані між лампами
 - Визначити площу освітлення одного опромінювача.
 - Розрахувати відстань між лампами для рівномірного покриття.
3. Визначення питомої потужності та кількості ламп
 - Розрахувати потужність лампи на одиницю площі.
 - Визначити загальну кількість ламп для заданої площі.
4. Обчислення повної потужності установки та кількості опромінювачів
 - Підсумувати потужність всіх ламп.
 - Визначити кількість опромінювачів по ширині та довжині теплиці.
5. Розрахунок витрат електроенергії за період вегетації
 - Визначити тривалість роботи опромінювачів для різних фаз росту рослин.
 - Розрахувати загальне енергоспоживання установки.

2.2. Порядок виконання завдання

1. Визначаємо висоту підвісу опромінювачів:

$$h = \sqrt{\frac{I_{ao}}{E}}, \quad (10.5)$$

де I_{ao} - сила випромінювання, фт/ст. (табл. 10.1); E - мінімальна опроміненість для розсади огірків, фт/м², $E = 6-10$ фт/м².

Таблиця 10.1 – Технічні дані опромінювачів і джерел опромінення

Тип опромінювача	Поток опромінювача, $\Phi_{o.e}$	ККД опромінювача $\eta_{св}$	Тип лампи	Фітотопотік лампи, $\Phi_{л}$	Сила випромінювання, I_{ao} фт/ср
ОТ-400 (ДРІ, КР)	3,67	0,546	ДРІ-400	60	3,44
РСП26-400	1,86	0,60	ДРІ-400	60	19,75
ЖСП18-400	3,376	0,89	ДРЛФ-400	27,2	4,68
ОТ-400 (НР)	2,167	0,88	ДРЛФ-400	27,2	9,39

2. Визначаємо на плані відстань від опромінювача до точки з найменшою опроміненістю

$$d = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_0, \quad (10.6)$$

де α_0 – основні розрахункові параметри опромінювальної установки визначаються із відомих співвідношень з врахуванням α_0 , $\alpha_0 = 68,50$.

3. Визначаємо відстань між опромінювачами:

$$l = \sqrt{2d}, \quad (10.7)$$

4. Визначаємо площу опромінення, яка приходить на один опромінювач:

$$A_0 = l^2, \quad (10.8)$$

5. Визначаємо питому потужність лампи:

$$p = \frac{P_{\text{л}}}{A_0}, \quad (10.9)$$

де $P_{\text{л}}$ - потужність лампи, Вт.

6. Визначаємо кількість опромінювачів по ширині:

$$N_b = \frac{B}{l} + \frac{1}{3}, \quad (10.10)$$

7. Визначаємо коефіцієнт погіршення енергетичного показника:

$$K_e = \frac{[N_b]^2}{\left([N_b] - \frac{1}{2}\right) N_b}, \quad (10.11)$$

де $[N_b]$ - число опромінювачів по ширині закруглене до цілого значення; N_b - теж, але не закруглене до цілого значення.

8. Визначаємо повну потужність установки:

$$P = p \cdot K_e \cdot A, \quad (10.12)$$

де A - опромінювальна площа, м^2 .

9. Визначаємо кількість опромінювачів в установці:

$$N = \frac{P}{P_{\text{л}}}, \quad (10.13)$$

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

$$T = T_{\text{п}} t_{\text{п}} + T_{\text{с}} t_{\text{с}} + T_{\text{др}} t_{\text{др}} + T_{\text{пр}} t_{\text{пр}}, \quad (10.14)$$

де $T_{\text{п}}$, $T_{\text{с}}$, $T_{\text{др}}$, $T_{\text{пр}}$, - відповідно тривалості проростання насіння, вирощування сіянців, розсади до розстановки і після розстановки, (табл. 10.2); $t_{\text{п}}$, $t_{\text{с}}$, $t_{\text{др}}$, $t_{\text{пр}}$ - відповідно добові тривалості опромінення проростання насіння, вирощування сіянців, розсади до розстановки і після розстановки.

Таблиця 10.2 – Тривалість 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

11. Витрати електроенергії за період вегетації:

$$W = P \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (10.15)$$

де P - повна потужність установок.

Близько 50% потужності, споживаної опромінювачами, перетворюється в теплову енергію, тому при розрахунку і виборі установок для обігріву теплиць-необхідно враховувати цей фактор.

2.3. Приклад виконання завдання

Розрахувати кількість опромінювальних установок з опромінювачем ОТ-400 з газорозрядною лампою ДРИ-400 для опромінення розсади огірків в горщиках на стелажі розміром 4×15 м.

1. Визначаємо висоту підвісу опромінювачів:

$$h = \sqrt{\frac{3,44}{8}} = 0,66 \text{ м}$$

2. Визначаємо на плані відстань від опромінювача до точки з найменшою опроміненістю:

$$d = 0,66 \cdot \text{tg } 68,5^\circ = 1,67 \text{ м}$$

3. Визначаємо відстань між опромінювачами:

$$l = \sqrt{2} \cdot 1,67 = 3,37 \text{ м}$$

4. Визначаємо площу опромінення, яка приходить на один опромінювач:

$$A_0 = 2,37^2 = 5,62 \text{ м}^2$$

5. Визначаємо питому потужність лампи:

$$p = \frac{400}{5,62} = 71 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

6. Визначаємо кількість опромінювачів по ширині:

$$N_b = \frac{4}{2,37} + \frac{1}{3} = 2,02$$

7. Визначаємо коефіцієнт погіршення енергетичного показника:

$$K_e = \frac{2^2}{(2 - \frac{1}{3}) \cdot 2,02} = 1,19$$

8. Визначаємо повну потужність установки:

$$P = 71 \cdot 1,19 \cdot 60 = 5,069 \text{ кВт}$$

9. Визначаємо кількість опромінювачів в установці:

$$N = \frac{5069}{400} = 12,67 \text{ шт.}$$

Приймаємо 13 штук.

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

$$T = T_{\text{п}} t_{\text{п}} + T_{\text{с}} t_{\text{с}} + T_{\text{др}} t_{\text{др}} + T_{\text{пр}} t_{\text{пр}} = 2 \cdot 24 + 10 \cdot 8 + 11 \cdot 8 + 12 \cdot 7 = 300 \text{ год}$$

11. Витрати електроенергії за період вегетації:

$$W = 5,069 \cdot 300 = 1520 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

3. Вказівки щодо оформлення звіту

1. Ознайомитися з короткими теоретичними відомостями практичної роботи.
2. Ознайомитися порядком та методом виконання практичного завдання.
3. За вихідними даними приміщення, виконати розрахунок.
4. Проаналізувати результати виконаної роботи.
5. Відповісти на контрольні питання.
6. Оформити звіт відповідно до вимог захисту та виконання практичних робіт.
7. Зробити висновок про виконану роботу.

4. Контрольні питання

1. Що називається фіто потоком?
2. Що називається фіто віддачею?
3. Що називається фітоопроміненістю?
4. Назвіть перспективні джерела оптичного випромінювання, які застосовуються для опромінення рослин, та сучасні тепличні опромінювані.
5. На які показники тепличної опромінювальної установки впливає висота підвісу опромінювача.
6. Які існують методи розрахунку опромінювальних установок.
7. Пояснити порядок розрахунку установок для опромінення з точковими джерелами випромінювання.

Таблиця 10.3 – Вихідні дані для розрахунку

№	Культура	Площа, м ²	Тип лампи/опромінювача	Потужн., Вт	Фітовіддача, мфТ/Вт	Необх. опром., мфТ/м ²	k _i
1	Огірки	400	ОТ-400 (ДРІ-400)	400	60	8000	0.55
2	Томати	400	ЛОР-1000	1000	125	10000	0.60
3	Огірки	250	HLRG-400	400	100	8000	0.50
4	Томати	600	ДРЛ-400	400	85	10000	0.48
5	Огірки	320	ОТ-400 (НР)	400	60	8000	0.58
6	Томати	450	ЛОР-1000	1000	120	10000	0.62
7	Огірки	480	ОТ-400 (ДРІ)	400	60	8000	0.50
8	Томати	200	HLRG-400	400	100	10000	0.65
9	Огірки	100	ЛФ40-2 (люмін.)	40	35	8000	0.35
10	Томати	150	ЛОР-1000	1000	130	10000	0.70
11	Огірки	360	ДРЛ-400	400	85	8000	0.52
12	Томати	520	ОТ-400 (ДРІ)	400	60	10000	0.47
13	Огірки	275	HLRG-400	400	100	8000	0.56
14	Томати	340	ЛОР-1000	1000	120	10000	0.58
15	Огірки	420	ОТ-400 (ДРІ)	400	60	8000	0.53
16	Томати	380	ДРЛ-400	400	85	10000	0.49
17	Огірки	500	ЛОР-1000	1000	125	8000	0.63
18	Томати	300	HLRG-400	400	100	10000	0.54
19	Огірки	220	ОТ-400 (НР)	400	60	8000	0.57
20	Томати	700	ЛОР-1000	1000	120	10000	0.46
21	Огірки	150	ЛФ40-1 (спец.)	40	55	8000	0.40
22	Томати	260	ОТ-400 (ДРІ)	400	60	10000	0.51
23	Огірки	430	ДРЛ-400	400	85	8000	0.50
24	Томати	340	ЛОР-1000	1000	130	10000	0.59
25	Огірки	380	HLRG-400	400	100	8000	0.55
26	Томати	420	ОТ-400 (ДРІ)	400	60	10000	0.48
27	Огірки	600	ЛОР-1000	1000	120	8000	0.44
28	Томати	180	HLRG-400	400	100	10000	0.66

№	Культура	Площа, м ²	Тип лампи/опромінювача	Потужн., Вт	Фітовіддача, мфТ/Вт	Необх. опром., мфТ/м ²	k _i
29	Огірки	310	ЛФ40-2 (спец.)	40	45	8000	0.38
30	Томати	540	ЛОР-1000	1000	125	10000	0.52

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ З ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення в сільському господарстві» для підготовки до практичних занять здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Практична робота пишеться кожним студентом власноруч (одним коляром пасти) та починається з номеру практичної роботи та її найменування. Листи заповнюються лише з однієї сторони.

2. Робота оформлюється на листах А4: полем ліворуч – 2,5 см; полем праворуч – 1 см; полем внизу/верху – 2 см.

3. Кожна сторінка повинна бути пронумерована та підписана відповідним шифром (див. додаток 2.)

3. Звіт з практичної роботи повинен мати: титульний лист, теоретичну частину, розрахункову частину, відповіді на контрольні питання, висновки.

4. Титульний аркуш є першою сторінкою практичної роботи і містить основні дані про звіт роботи та її автора. Титульний аркуш заповнюється за строго визначеною формою (див. додаток 1) та повинна містити:

- найменування вищого навчального закладу, факультету та кафедри;
- назву практичної роботи;
- допуски до виконання та захисту;
- відведену графу для оцінки студента;
- прізвище, ім'я автора;
- шифр групи в якій навчається автор;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я викладача;
- рік виконання.

Слід пам'ятати, що титульний лист не підлягає нумерації, однак включається до загальної нумерації сторінок практичної роботи.

5. Розрахункова частина практичної роботи повинна виконуватися з урахуванням загальних вимоги до оформлення звіту та оформлюватися у рамці з відповідним шифром (див. додаток 2).

6. Захист практичної роботи відбувається у наступні послідовності:

1) оформлення звіту практичної роботи (титульний лист та теоретична частина), після чого студент отримує допуск до виконання роботи;

2) виконання або розрахунок завдання практичної роботи, після перевірки якої студент готується та відповідає письмово на контрольні питання. Отримується можливість до захисту практичної роботи;

3) захист практичної роботи відбувається усно, за питаннями по темі практичної роботи та відповідного лекційного матеріалу.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАННЯТЬ з дисципліни «Електричне освітлення та опромінення в сільському господарстві»

На практичному занятті студент повинен закріпити одержані теоретичні знання і набути практичних навичок з розрахунку освітлювальних установок.

При виконанні практичних робіт з дисципліни електричне освітлення студент повинен самостійно вирішувати практичні інженерні задачі, уміти застосовувати методики розрахунку освітлення для приміщень.

Одержавши графік виконання практичних робіт з дисципліни, студент самостійно готується до кожної з них, вивчаючи відповідні розділи теоретичного матеріалу.

Для роботи студент отримує варіант індивідуального завдання і необхідну нормативно-довідкову літературу. При розрахунках студентам рекомендується використовувати мікрокалькулятори.

Студент самостійно виконує розрахунки відповідно з темою практичного заняття та при необхідності отримує допомогу викладача. Після виконання необхідних розрахунків здобувач складає звіт по роботі, який вміщує всі фактичні дані (схеми, таблиці, графіки) та аналіз результатів розрахунку. Для економії часу графіки краще виконувати на міліметровому папері.

В кінці заняття студент повинен представити викладачу результати індивідуальної роботи, при необхідності виконати необхідні виправлення та захистити практичну роботу за тематичними питаннями для одержання оцінки від викладача.

Перед захистом практичної роботи перевіряється готовність студента до практичного заняття (наявність оформленого звіту) та за темою практичного заняття, використовуючи контрольні питання, які приводяться в практичній роботі. Лише після перевірки викладачем ступеня підготовки, студент допускається до занять, і може захищати практичну роботу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р. Кушлик та ін. Харків : ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
2. Закладний О., Праховник А., Соловей О. Енергозбереження засобами промислового електропривода : навчальний посібник. Київ : Кондор, 2015. 410 с.
3. Кушлик Р. В., Кушлик Р. Р. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розробка світлотехнічної відомості. Вибір світильників, джерела світла та нормованої освітленості» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 13 с.
4. Кушлик Р. В., Кушлик Р. Р. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок освітлення методом коефіцієнту використання світлового потоку» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 17 с.
5. Кушлик Р. В., Кушлик Р. Р. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок люмінесцентного освітлення за допомогою графіків лінійних ізолюкс для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 17 с.
6. Кушлик Р. В., Кушлик Р. Р. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок тепличних опромінювальних установок, які застосовуються в рослинництві» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Мелітополь : ТДАТУ, 2019. 17 с.
7. Ліх Т. Електроустаткування підприємств і цивільних споруд : Метод. забезп. практ. занять. Чернігів : Черніг. промислово-екон. коледж, 2019. 65 с.
8. Основи світлотехніки : метод. рек. / М. М. Бабаєв та ін. Харків, 2019. 36 с.
9. Садовий О. С., Мардзявко В. А. Використання фітоламп для збільшення продуктивності овочевих культур у закритому ґрунті в умовах післявоєнного відновлення. Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 28-30 травня 2025 р.) / Міністерство освіти і науки України ; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв : МНАУ, 2025. С. 161-164. DOI: <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-52>

10. Садовий О. Електричне освітлення та електротехнології : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2015. 91 с.

11. Садовий О. Електричне освітлення та електротехнології : метод. рек. до виконання курс. проекту. Миколаїв : МНАУ, 2018. 71 с.

12. Кунденко М. П., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Аналіз технології генерації НВЧ випромінювання з визначенням адаптивного типу діодів для подальшого конструювання апаратів для знезараження // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2023. – № 2. – С. 24–37.

13. Електричне освітлення та опромінення : навч. посіб. / Р. В. Кушлик, В. Ф. Яковльов, Ю. М. Федюшко, М. П. Кунденко та ін. ; за ред. Р. В. Кушлика. – Харків : Планета-прінт, 2016. – 332 с.

ДОДАТОК

Додаток 1

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРОКТИЧНА РОБОТА №1

з дисципліни

“ Електричне освітлення та опромінення в сільському господарстві”
на тему: “Розробка світлотехнічної відомості”

Допуск до виконання _____

Допуск до захисту _____

Захист _____

Виконав студент групи: Ен 1/1

(підпис)

Олексій ХАРИТОНОВ

(імя, прізвище)

Керівник:

(підпис)

Віталій МАРДЗЯВКО

(імя, прізвище)

2025

					141 Ен 1/1. 11. ПР01. ЕО та ОП	Лист
Ізм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		122

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ТА ОПРОМІНЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Методичні рекомендації

Укладач: **Мардзявко** Віталій Анатолійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 7,7.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.