

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Електротехнології і теплові процеси»

**ДИПЛОМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Частина 3 Проектування електричного освітлення»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»

Мелітополь, 2019 р.

Методичні вказівки склали: к.т.н., доцент Кушлик Р.В., к.т.н., асистент Кушлик Р.Р.

Рецензент: к.т.н., ст.викл. кафедри «Електроенергетики і автоматизації» Лобода О.І.

Методичні вказівки розглянуті на засіданні кафедри «Електротехнології і теплові процеси», протокол № 9 від 1.04.2019р.

Методичні вказівки розглянуто методичною комісією енергетичного факультету та рекомендовані до використання в навчальному процесі, протокол № 8 від 24.04.2019р.

Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Методичні рекомендації Частина 3 «Проектування електричного освітлення» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» / Р.В.Кушлик, Р.Р.Кушлик – Мелітополь: ТДАТУ, 2019. – 55с.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Розробка світлотехнічної відомості.....	7
1.1 Загальні принципи нормування освітленості.....	7
1.2 Види і системи освітлення.....	7
1.3 Вибір типу джерела світла і світильника.....	9
1.4 Вихідні дані для розробки світлотехнічної відомості.....	10
2 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку.....	11
2.1 Основні теоретичні положення.....	11
2.2 Приклад розрахунку освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку для холодильної камери молочного цеху.....	14
3 Розрахунок освітлення точковим методом лінійних ізолюкс.....	20
3.1 Основні теоретичні положення	20
3.2 Приклад розрахунку освітлення точковим методом лінійних ізолюкс для приміщення первинної обробки молока молочного цеху	24
4 Вибір і розрахунок освітлювальної мережі	30
4.1 Основні теоретичні положення	30
4.1.1 Вибір напруги і схеми живлення.....	30
4.1.2 Розмітка на плані приміщення місць установки світильників, розеток, вимикачів.	33
4.1.3 Вибір місця установки освітлювальних щитків, знижувальних трансформаторів і способу їх живлення	34
4.1.4 Вибір трас прокладки освітлювальної мережі	35
4.1.5 Вибір марок проводів і способу їх прокладки.....	36
4.1.6 Розрахунок перерізу проводів освітлювальної мережі за допустимими втратами напруги.....	39
4.1.7 Перевірка перерізу проводів освітлювальної мережі за	

умовами нагріву та механічній міцності.....	41
4.1.8 Вибір апаратури управління та захисту, розробка схеми електричної принципової освітлювальної мережі.....	42
4.1.9 Приклад розрахунку освітлювальної мережі.....	44
4.1.10 Сецифікація на матеріали та обладнання.....	52
4.1.11 Висновки по розділу.....	52
Список літератури.....	53
Додаток А.....	54
Додаток Б.....	55

ВСТУП

Навчальна дисципліна „Електричне освітлення та опромінення” є профільною навчальною дисципліною у вищих аграрних закладах освіти II – IV рівнів акредитації для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою дисципліни «Електроосвітлення та опромінення» є набуття майбутніми технічними фахівцями-електриками необхідних теоретичних і практичних знань щодо використання оптичного випромінювання в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва, вміння творчо вирішувати завдання з питань розрахунку, проектування, вибору та експлуатації електроосвітлювальних та опромінювальних технологічних установок в сільськогосподарському виробництві з метою його інтенсифікації.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення характеру біологічної дії оптичного випромінювання на людину, рослини, тварин та птицю, бактерії в залежності від спектрального складу випромінювання;
- вивчення будови, принципу дії, технічні характеристики сучасних освітлювальних та опромінювальних установок, схеми їх вмикання, особливості їх роботи в умовах сільськогосподарського виробництва;
- технічно грамотно вирішувати інженерні завдання з вибору типу джерела випромінювання, типу та кількості світильників та опромінювачів;
- економічно обґрунтувати оптимальний варіант освітлювальної та опромінювальної установки;
- раціонально експлуатувати освітлювальні та опромінювальні установки в необхідному режимі;
- вміти користуватися випромінювальними приладами для оцінки оптичного випромінювання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

характеристики окремих частків спектру електромагнітних коливань та області застосування ОВ, будову та принцип дії ламп розжарювання і галогенних ламп розжарювання і основні принципи перетворення електричної енергії в оптичне випромінювання. Будову, принцип дії, ламп низького тиску, світлотехнічні, енергетичні експлуатаційні, економічні характеристики ЛЛ. Принцип дії основних схем вмикання ламп ДРЛ, ДРИ, ДнаТ, ДКсТЛ. Основні принципи нормування освітленості, особливості експлуатації освітлювальних установок, методику розрахунку перерізу проводу, вибору апаратури управління та захисту. Будову і принцип дії джерел УФ - опромінення в області УФ-А, УФ-В, УФ-С, характер біологічної дії УФО на тварин, людей, рослин, будову і принцип дії джерел ІЧ – опромінення для обігріву молодняка і птиці.

Студент повинен вміти вибрати вид і систему освітлення, технічно грамотно вибрати тип світильника, кількість та потужність джерела світла для забезпечення нормованої освітленості. Вміти виконати розрахунок перерізу проводів електроосвітлювальної мережі за допустимими втратами напруги. Вміти технічно грамотно вибрати апаратуру управління та захисту освітлювальної мережі. Вміти вибрати тип джерела вітального випромінювання, його кількість, та добову тривалість УФ – опромінення. Вміти технічно грамотно вибрати тип рослинної лампи і їхню кількість.

Студент повинен володіти методами інженерного розрахунку люмінесцентного і світлодіодного освітлення точковим методом, освітлення за допомогою ламп розжарювання методом коефіцієнту використання світлового потоку, навичками технологічного налагодження світлотехнічного обладнання, методологією прогнозування розвитку галузі та основних напрямів її електрифікації та автоматизації, методами вибору і застосування у виробництві ресурсозберігаючих технологій.

1 РОЗРОБКА СВІЛОТЕХНІЧНОЇ 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. Приклад виконання світлотехнічної відомості представлено в Додатку А

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.

Для освітлення приміщень рекомендуються лампи розжарювання, люмінесцентні і світлодіодні лампи. 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:

а) 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 лампи розжарювання встановлюються:

- в допоміжних приміщеннях;

- для місцевого освітлення;

- для аварійного освітлення;

- в пташниках для регулювання освітлення;

- свинарниках відгодівельниках.

Люмінесцентні і світлодіодні лампи:

- у всіх приміщеннях із зоровим напруженням;

- в тваринницьких приміщеннях;

- в приміщеннях де відсутнє природне освітлення.

Роблячи вибір між ЛР, ЛЛ і світлодіодними бажано враховувати наступне:

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

Тому вибираючи ЛР, світлодіодні 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.

1.4 Вихідні дані для розробки світлотехнічної відомості

Вихідними даними для розробки світлотехнічної відомості є:

- вид освітлення;
- система освітлення;
- джерело світла;
- тип світильника;
- нормована освітленість – E_n ;
- площі для якої нормується освітленість $\Gamma - 00$, h_{pn} ;
- коефіцієнт запасу – K_3 ;
- мінімальна допустима висота підвісу $h_{під.мін}=2,5$ м ;
- висота приміщення H , м;
- ширина приміщення B , м;
- довжина приміщення A , м;
- висота звісу світильника $h_{зв}$, м;

2 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ МЕТОДОМ КОЕФІЦІЄНТУ ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ

2.1 Основні теоретичні положення

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:

$$\Phi_{лр} = \frac{E_n \cdot k_z \cdot S \cdot Z}{N_{\Sigma} \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

де E_n - нормована освітленість, лк;

k_z - коефіцієнт запасу, в.о.;

S – площа приміщення, m^2 ;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, в.о;

N_{Σ} - кількість світильників у приміщенні, шт;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, в.о.;

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

Індекс приміщення i визначається за виразом

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}, \quad (2.2)$$

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 (рисунок 1.1)

h_n - висота підвісу світильника;

$h_{p.n.}$ - висота робочої поверхні

Висота підвісу h_n - 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 [1].

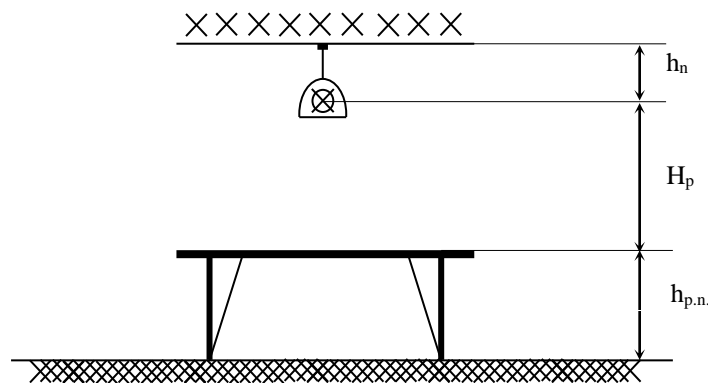


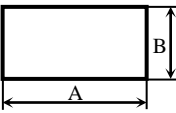
Рисунок 1 – До визначення розрахункової висоти

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

Алгоритм світлотехнічного розрахунку даним методом наведено у табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Алгоритм розрахунку методом коефіцієнту використання світлового потоку

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Визначити вихідні дані розглядуваного приміщення.	 $A =$ $B =$ $H =$ $S =$
2. Визначити систему та вид освітлення.	Дивись рекомендації [1]
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації [1]
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації [1]
5. Вибрати нормовану освітленість E_n	Дивись рекомендації [1]
6. Визначити коефіцієнт запасу k_z	Дивись рекомендації [1]
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z	$Z = 1,1 - 1,5$
8. Визначити значення висот: - підвісу h_n ; - робочої поверхні $h_{p.n.}$; - розрахункової H_p .	Рекомендована висота підвісу Додаток Б $H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити найвигіднішу світлотехнічну λ_c та економічну λ_e відстань між світильниками в ряду	$\lambda_c =$ $\lambda_e =$ [1]
10. Розрахувати відстань між світильниками по довжині L_A і ширині L_B приміщення.	$L_A = L_B = (\lambda_c - \lambda_e) \cdot H_p$
11. Визначити значення відстані ряду світильників від стін l_A, l_B	При наявності робочих місць у стін: $l_A = 0,3L_A$; $l_B = 0,3L_B$. При відсутності робочих місць у стін: $l_A = 0,5L_A$; $l_B = 0,5L_B$.
12. Визначити кількість рядів світильників N_B	$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1$
13. Визначити кількість світильників в ряду N_A	$N_A = \frac{A - 2l_A}{L_A} + 1$
14. Розрахувати загальну кількість світильників у приміщенні N_Σ	$N_\Sigma = N_A \cdot N_B$
15. Розрахувати індекс приміщення i	$i = \frac{S}{H_p (A + B)}$

16. Вибрати значення коефіцієнтів відбиття світлового потоку від стелі ρ_{cm} , стін ρ_c , та підлоги ρ_n .	$\rho_{cm} = \rho_c = \rho_n =$
17. Визначити для обраного типу світильника, його класу світлорозподілу, кривій силі світла, індексу приміщення та коефіцієнтів відбиття коефіцієнт використання світлового потоку η .	По таблицям [1]. $\eta =$
18. Розрахувати світловий потік лампи $\Phi_{лр}$	$\Phi_{лр} = \frac{E_n \cdot k_z \cdot S \cdot Z}{N_\Sigma \cdot \eta}$
19. Вибрати тип лампи з світловим потоком найближчим до розрахункового $\Phi_{лр}$	По довідникам, [1] $\Phi_{лр} =$
20. Порівняти світлові потоки лампи розрахунковий $\Phi_{лр}$ та фактичний $\Phi_{лф}$ і перевірити виконання умови.	$-0,1\Phi_{лр} \leq \Phi_{лф} \leq 0,2\Phi_{лр}$
21. Якщо умови п.20 не виконуються:	Обрати інше значення λ_c і λ_e , або змінити висоту підвісу світильника та здійснити розрахунки по пунктам 9-13 и 18-20.
22. Якщо умова п.20 виконується	Перейти з п.20 до виконання пунктів 23-24.
23. Розрахувати сумарну потужність світильників (установлену потужність) $P_{уст}$	$P_{уст.} = P_l \cdot N_\Sigma,$ де P_l - потужність вибраної лампи, Вт.
24. Визначити питому потужність $P_{р.нит.}$	$P_{р.нит.} = \frac{P_{уст.}}{S}$

2.2 Приклад розрахунку освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку для холодильної камери молочного цеху

Вид освітлення – робоче [1];

Система освітлення – загальна рівномірна;

Джерело світла – світлодіодна лампа;

Тип світильника – НСП02;

Нормована освітленість – $E_n = 20$ лк [1];

Плоскість для якої нормується освітленість $\Gamma - 00$, $h_{рп}=0$;

Коефіцієнт запасу – $K_3=1,15$ [1] ;

Мінімальна допустима висота підвісу $h_{під,мін}=2,5$ м [1] ;

Висота приміщення $H= 3,5$ м;

Ширина приміщення $B= 5,0$ м;

Довжина приміщення $A= 10$ м;

Висота звісу $h_{св.}=0,5$ м;

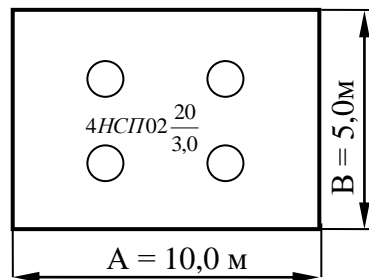


Рисунок 2.1 – План розміщення світильників

Визначаємо розрахункову висоту

$$h_p = H - h_{св.} - h_{р.п.}, \quad (2.3)$$

$$h_p = 3,5 - 0,5 - 0 = 3,0 \text{ м}$$

Відносна рекомендована відстань між світильниками:

Найбільш вигідна світлотехнічна відносна відстань $\lambda_{св} = 1,3 \dots 2,6$ [1];

Економічна найбільш вигідна відносна відстань $\lambda_{ек} = 2,6 \dots 3,4$ [1].

Визначаємо рекомендовану відстань між світильниками

$$L = \lambda \cdot H_{розр}, \quad (2.4)$$

$$L_{AB} = (1,3 \div 2,6) \cdot 3,0 = 3,9 \div 7,8 \text{ м};$$

Приймаємо $L_{AB} = 6$

Визначаємо кількість світильників в ряду

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L_A} + 1, \quad (2.5)$$

де l_A – відстань від стіни до крайнього світильника, м

$$l_A = (0,25 \div 0,5) \cdot L_A \quad (2.6)$$

$$l_A = (0,3 \cdot 0,5)6 = 1,8 \dots 3 \text{ м,}$$

Приймаємо $l_A = 2$ м

$$N_A = \frac{10 - 2 \cdot 2}{6} + 1 = 2 \text{ шт}$$

Приймаємо 2 світильника.

Визначаємо кількість рядів світильників

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1, \quad (2.7)$$

$$N_B = \frac{5 - 2 \cdot 2}{6} + 1 = 1,16 \text{ шт}$$

Приймаємо 2 ряд.

Визначаємо загальну кількість світильників

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (2.8)$$

$$N = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт}$$

Визначаємо розрахунковий світовий потік лампи

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot \kappa_3 \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta}, \quad (2.9)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормована освітленість, лк;

κ_3 – коефіцієнт запасу, який враховує старіння джерел світла,

для л.р. $\kappa_3 = 1,15$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15$ [1];

S – площа приміщення, м²;

η – коефіцієнт використання світлового потоку освітлювальної установки у відносних одиницях. *Приймаємо $\eta = 21\%$ [1];*

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається в залежності від типу світильника, коефіцієнта відбиття стелі – $\rho_{\text{с}} = 50\%$, стін – $\rho_{\text{ст}} = 30\%$, підлоги – $\rho_{\text{п}} = 10\%$ та індексу приміщення i [1]

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{розр}} \cdot (A + B)} \quad (2.10)$$

$$i = \frac{10 \cdot 5}{3,0 \cdot (10 + 5)} = 1,1$$

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{20 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 50}{4 \cdot 0,21} = 1547 \text{ лм.}$$

По розрахунковому світловому потоку $\Phi_{л}$ для прийнятої напруги вибираємо світлодіодну лампу Maxus LED A80 для якої потужність лампи $P_{л}=20$ Вт; номінальна напруга $U_{н}=220$ В; цоколь E27 і має світловий потік, $\Phi_{л.ст} = 1900$ лм.

Допустиме відхилення розрахункового світлового потоку від стандартного повинно знаходитись в межах від + 20 до – 10 % [1].

Визначаємо відхилення світлового потоку стандартної лампи від розрахункового

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{л.ст.} - \Phi_{л}}{\Phi_{л.ст.}} \cdot 100\%; \quad (2.11)$$

$$\Delta\Phi = \frac{1900 - 1547}{1900} \cdot 100\% = 18,5\%$$

Визначаємо встановлену потужність ламп в приміщенні

$$P_{вст} = P_{л} \cdot N, \quad (2.12)$$

де $P_{л}$ – потужність вибраної лампи, $P_{л} = 20$ Вт

$$P_{вст} = 20 \cdot 4 = 80 \text{ Вт}$$

Визначаємо питому потужність

$$P_{пит} = \frac{P_{вст}}{S} \quad (2.13)$$

$$P_{пит} = \frac{80}{50} = 1,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Результати розрахунків заносимо в світлотехнічну відомість.
Аналогічно проводимо розрахунок для інших приміщень і результати розрахунків заносимо в світлотехнічну відомість.

3 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ ТОЧКОВИМ МЕТОДОМ ЛІНІЙНИХ ІЗОЛЮКС

3.1 Основні теоретичні положення

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 1_p повинна бути *менше половини* розрахункової висоти H_p , тобто: $1_p < 0,5 H_p$ (рис.3.1).

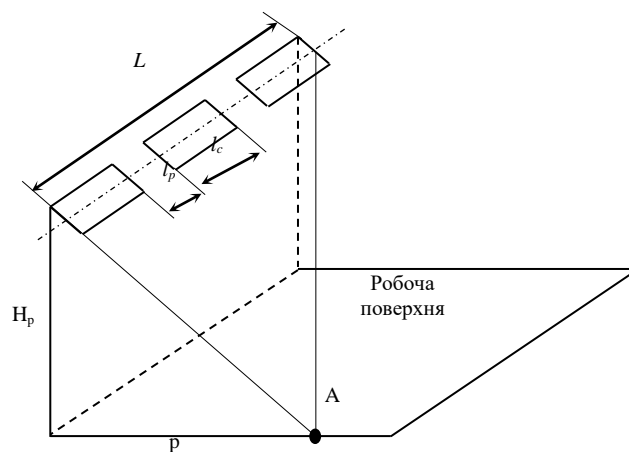


Рисунок 3.1 – До розрахунку освітленості, яка створюється у точці світловою лінією

Розрахунок освітленості проводять за допомогою графіків лінійних ізолюкс [1].

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:

$$\Phi_{роз} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k_3 \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma_e}, \quad (3.1)$$

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

E_n – нормована освітленість, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу;

H_p – розрахункова висота;

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

Σ_e – сумарна умовна відносна освітленість в розрахунковій точці, яка визначається по графікам лінійних ізолюкс [1].

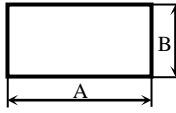
При розрахунках слід враховувати наступне:

- 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 $N_{lc} < L$, то світильники розташовують у ряд з невеликими розривами 1_p , але при цьому повинна виконуватися умова 2 ($1_p < 0,5H_p$);

Алгоритм світлотехнічного розрахунку даним методом наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Алгоритм розрахунку точковим методом лінійних ізолюкс.

Послідовність розрахунку	Розрахункова формула
1	2
1. Визначити вихідні дані розглядуваного приміщення.	 $A=$ $B=$ $H=$ $S=$
2. Визначити систему та вид освітлення.	Дивись рекомендації [1]
3. Вибрати джерело світла.	Дивись рекомендації [1]
4. Вибрати тип світильника.	Дивись рекомендації [1]
5. Вибрати нормовану освітленість E_n .	Дивись рекомендації [1]
6. Визначити коефіцієнт запасу k_3 .	Дивись рекомендації [1]
7. Визначити коефіцієнт нерівномірності Z .	$Z = 1,1$
8. Визначити значення висот: - підвісу h_{ze} ; - робочої поверхні $h_{p.n.}$; - розрахункової H_p .	$H_p = H - h_n - h_{p.n.}$
9. Для вибраного типу світильника визначити найвигіднішу світлотехнічну λ_c та економічну λ_e відстань між світильниками в ряду	$\lambda_c =$ $\lambda_e =$ [1]
10. Розрахувати відстань L_B між рядами світильників	$L_B = (\lambda_c - \lambda_e)H_p$
11. Визначити значення відстані ряду світильників від стіни l_B	При наявності робочих місць у стін: $l_B = 0,3L_B$. При відсутності робочих місць у стін: $l_B = 0,5L_B$.
12. Визначити кількість рядів світильників N_B	$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1$
13. Визначити довжину півряду L	$L = \frac{\lambda}{2}$
14. Визначаємо відстань p від розрахункової точки А до світлового ряду. Розрахункову точку вибираємо посередині приміщення між рядами.	$p = L_B / 2$
15. Визначаємо відношення p^*	$p^* = p / H_p$

Продовження таблиці 1

1	2
16. Визначаємо відношення L^*	$L^* = L / H_p$
17. Визначаємо умовну освітленість e по графікам лінійних ізолюкс в залежності від L^* , p^*	Дивись [1]
18. При освітленні точки A декількома рядами або їх частинами відносну освітленість визначають від кожного ряду окремо і складають Σe	$\Sigma e = e^* N_B$
19. Визначаємо необхідний світловий потік ряду $\Phi_{розр.}$ довжиною в 1 м	$\Phi_{розр.} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa_z \cdot H_p}{\mu \cdot \Sigma e}$
20. Вибрати тип лампи з світловим потоком $\Phi_{лр}$	По довіднику [1] $\Phi_{лр} =$
21. Визначаємо повний потік ламп в ряду $\Phi_{ряду}$	$\Phi_{ряду} = \Phi_{розр.} \cdot A$
22. Визначаємо світловий потік 1 світильника $\Phi_{св.}$	$\Phi_{св.} = \Phi_{л} \cdot n$
23. Визначаємо кількість світильників в ряду N_p	$N_{ряду} = \frac{\Phi_{ряду}}{\Phi_{св.}}$
24. Визначаємо розриви між світильниками l_p	$l_p = \frac{A - l_{св.} \cdot N_{ряду}}{N_{ряду}}$
25. Визначаємо умову неприривності ряду	$l_p < 0,5H_p$
26. При виконанні умови п. 25 визначаємо встановлену потужність $P_{вст.}$	$P_{вст.} = 1,25 \cdot P_{л.} \cdot n \cdot N_B \cdot N_A$
27. Визначаємо питому потужність всієї установки $P_{пит}$	$P_{пит} = \frac{P_{вс.}}{S}$
28. Якщо умови п.25 не виконується	Уточнюємо розрахунок
29. Визначаємо із довідкової літератури питому потужність в залежності від типу світильника і площі приміщення $P_{пит}$	$P_{пит} =$ по [1]
30. Визначаємо встановлену потужність $P_{вст.}$	$P_{вст.} = P_{пит} \cdot S$
31. Визначаємо кількість світильників в ряду N_p	$N_p = \frac{P_{вст.}}{P_{св.} \cdot N_B}$
32. Приймаємо нову кількість світильників і визначаємо фактичні розриви між світильниками $l_{р факт.}$	$l_{р факт.} = \frac{A - l_{св.} \cdot N_{ряду}}{N_{ряду}},$
33. При виконанні умови п.25 визначаємо встановлену потужність ламп $P_{вст}$	$P_{вст} = P_{л} \cdot N$
34. Визначаємо питому потужність всієї установки $P_{пит}$	$P_{пит} = \frac{P_{вс.}}{S}$

3.2 Приклад розрахунку освітлення точковим методом лінійних ізолюкс для приміщення первинної обробки молока молочного цеху

1. Зарисуємо ескіз плану розміщення світильників.

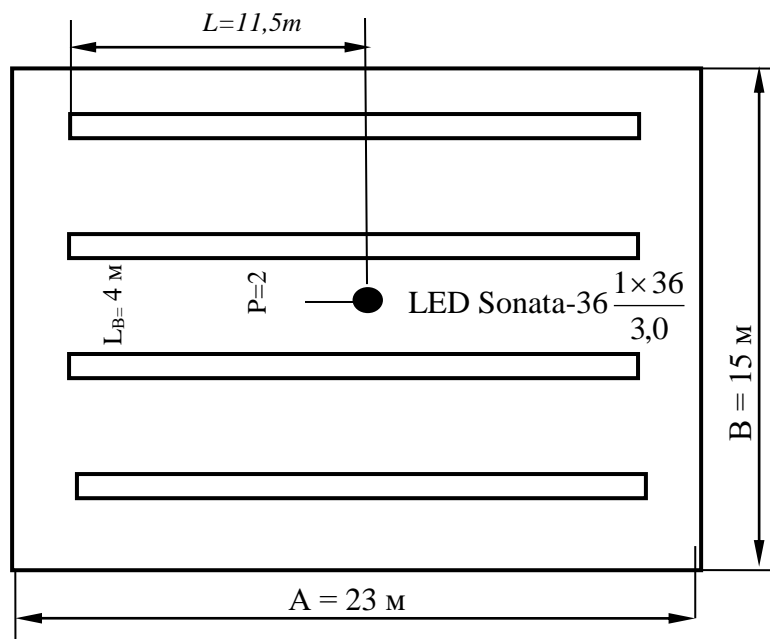


Рисунок 3.2 План розміщення світильників.

Система освітлення – загальна рівномірна [1];

Вид освітлення – робоче;

Джерело світла – світлодіодна лінійна лампа;

Тип світильника – LED Sonata-36, к.с.с. Δ – косинусна (крива сили світла);

Категорія приміщення по умовам навколишнього середовища – сире;

Нормована освітленість – $E_n = 150 \text{ лк}$;

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

Коефіцієнт запасу – $K_3 = 1,3$;

Висота приміщення $H = 3,5 \text{ м}$;

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

Ширина приміщення $B = 15$ м;

Довжина приміщення $A = 23$ м;

Висота звісу $h_{св.} = 0,5$ м;

Визначаємо розрахункову висоту світильника

$$h_p = H - h_{св.} - h_{p.n} \quad (3.2)$$

$$h_p = 3,5 - 0,5 - 0 = 3,0 \text{ м}$$

Визначаємо найвигіднішу відносну відстань між рядами світильників

$\lambda_c = 1,4 \dots 1,6$ - при зоровій напрузі; найвигідніша
світлотехнічна відстань

$\lambda_c = 1,6 \dots 2,1$ при відсутності зорової напруги

Приймаємо $\lambda_c = 1,4 \dots 1,6$

Рекомендовану відносну відстань між світильниками в ряду
визначаємо по формулі:

$$L_B = \lambda_c \cdot h_p \quad (3.3)$$

$$L_B = (1,4 \dots 1,6) 3,0 = 4,2 \dots 4,8 \text{ м}$$

Приймаємо $L_B = 4$ м

Визначаємо рекомендовану відстань від стіни до найближчого ряду

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

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

Приймаємо $l_b = 0,25 \dots 0,5$

$$l_b = (0,25 \dots 0,5) L_B \quad (3.4)$$

$$l_b = (0,25 \dots 0,5) 3,0 = 0,75 \dots 1,5$$

Приймаємо 1,5 м

Визначаємо кількість рядів по формулі

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1, \quad (3.5)$$

$$N_B = \frac{15 - 2 \cdot 1,5}{4} + 1 = 4$$

Приймаємо 4 ряди

Визначаємо довжину півряду

$$L = \frac{A}{2}, \quad (3.6)$$

$$L = \frac{23}{2} = 11,5 \text{ м}$$

Визначаємо відстань від розрахункової точки до світлового ряду.

Розрахункову точку вибираємо посередині приміщення між рядами:

$$p = \frac{L_B}{2}, \quad (3.7)$$

$$p = \frac{4}{2} = 2,0 \text{ м}$$

Визначаємо відношення p^1 і L^1

$$L^1 = \frac{L}{h_{\text{ПОЗР}}}, \quad (3.8)$$

$$L^1 = \frac{11,5}{3} = 3,83$$

$$P^1 = \frac{p}{h_{POЗР}}, \quad (3.9)$$

$$P^1 = \frac{2}{3} = 0,67$$

Розрахунок величин L , L^1 , p , p^1 , заносимо в таблицю 3.2 Умовну освітленість визначаємо по таблицям лінійних ізолюкс в залежності від p^1 , L^1

Таблиця 3.2 – Розрахунок умовної освітленості

Напівряд	L,м	p, м	L^1 ,	p^1	E, лк	$\sum e$, лк
3,4,5,6	11,5	2	3,83	0,67	110×4	440
1,2,7,8	11,5	6	3,83	2	14×4	56

$\sum = 496$

Визначаємо необхідний світловий потік ряду довжиною в 1 м

$$\Phi^1 = \frac{1000E_n \cdot K_3 \cdot h_{POЗР}}{\mu \cdot \sum e}, \quad (3.10)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу

μ - коефіцієнт додаткової освітленості, $\mu = 1,1$

$$\Phi^1 = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,3 \cdot 3}{1,1 \cdot 496} = 1072 \text{ лм/м}$$

Приймаємо лампу LED Sonata-36, світловий потік $\Phi_{л} = 3000$ лм, номінальна потужність $P_n = 36$ Вт, довжина світильника $l_{св.} = 1,2$ м

Визначаємо необхідний світловий потік ряду

$$\Phi_p = \Phi^1 A, \quad (3.11)$$

$$\Phi_p = 1072 \cdot 23 = 24656 \text{ лм}$$

Визначаємо світловий потік одного світильника

$$\Phi_{CB} = \Phi_L n, \quad (3.12)$$

де n – кількість ламп в одному світильнику

$$\Phi_{CB} = 3000 \cdot 1 = 3000 \text{ лм}$$

Визначаємо кількість світильників в ряду

$$N_p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{CB}}, \quad (3.13)$$

$$N_p = \frac{24656}{3000} = 8,2 \text{ шт}$$

Приймаємо 9 світильника в одному ряду

Визначаємо відстань між світильниками

$$l = \frac{A - l_{CB} \cdot N_p}{N_p}, \quad (3.14)$$

$$l = \frac{23 - 1,2 \cdot 9}{9} = 1,35 \text{ м}$$

Світлова лінія є неперервною, якщо відстань між світильниками l не перевершує значення Δl

$$\Delta l = 0,5 \cdot h_{\text{розр.}} \quad (3.15)$$

$$\Delta l = 0,5 \cdot 3,0 = 1,5$$

Так як $l = 1,35$ м що менше ніж $\Delta l = 1,5$ м то умова виконується і ряд є неприливним.

4 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

4.1 Основні теоретичні положення

4.1.1 Вибір напруги і схеми живлення.

Живлення сільськогосподарських виробничих об'єктів здійснюється, як правило, від трифазних понижувальних трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4 кВ, які можуть бути розташовані або в населеному пункті поблизу підприємства, або на території самого підприємства. Причому вони загальні для освітлювальних і силових навантажень.

Згідно Правил улаштування електроустановок (ПУЕ:2007), Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок(ДНА ОП 0.00-1.32-01) освітлювальні установки можуть отримувати живлення по різних *системах* мережі і заземлення (**TN-S** або **TN-C-S**) та різного роду струму: *трифазній з нульовим(нейтральним N)робочим та з нульовим захисним (PE-провідник) проводами* (п'яти провідна); *трифазній без нульового робочого N, але з нульовим захисним (PE-провідником) або двофазній з нульовим робочим N та нульовим захисним (PE-провідником) проводами* (чотирьохпровідна); *однофазній з нульовим робочим N та нульовим захисним (PE-провідником) проводами змінного струму; двопровідній постійного струму*. Освітлювальні установки аварійного освітлення повинні отримувати живлення від *автономного* джерела електричної енергії *змінного або постійного* струму.

Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ:2009) визначені класи напруги, що застосовуються в освітлювальних мережах:

- для живлення світильників *загального освітлення* повинна застосовуватись напруга:

а) у системі при заземленій нейтралі - не вище **380/220 В** змінного струму;

б) у системі при ізольованій нейтралі - не вище **220 В** змінного струму;

в) у системах постійного струму - не вище **220 В**;

г) для живлення спеціальних ламп (ксенонових, ДРЛ, ДРИ, натрієвих, які розраховані на напругу 380 В) та пускорегулюючих пристроїв (ПРП) для газорозрядних ламп, які мають спеціальні схеми (наприклад, трифазні з послідовним включенням ламп), допускається використання напруги вище 220 В, але не вище **380 В**, у тому числі фазна напруга системи 660/380 В при заземленій нейтралі, але при виконанні наступних умов:

1) ввід у світильник та ПРП виконано проводами або кабелем з мідними жилами і ізоляцією, яка розрахована на напругу не менш, ніж **660 В**;

2) забезпечено одночасне відключення усіх фазних проводів, які вводяться у світильник. Ця вимога поширюється на усі випадки, коли у багатолампові світильники з лампами любых типів вводяться проводи декількох фаз системи **380/220 В**, за винятком світильників, які встановлюються у приміщеннях без підвищеної безпеки;

3) коли у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо безпечних на світильниках нанесені добре помітні розпізнавальні знаки з вказівкою застосованої напруги (наприклад, «**380 В**»);

4) відсутній ввід у світильник двох або трьох проводів різних фаз системи **660/380 В**.

д) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних світильники повинні бути встановлені на висоті *не менш* **2.5 м** від підлоги;

е) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо безпечних при висоті установки світильників з лампами розжарювання, ДРЛ, ДРИ *менш* **2.5 м** необхідно застосовувати світильники, конструкція яких виключає можливість доступу до лампи без застосування інструменту. Ввід проводів у такі світильники повинно виконувати у металевій трубі, металевому рукаві, захищеними від

механічних пошкоджень проводами або із застосуванням кабелів з захисною оболонкою;

ж) при неможливості виконання умов попереднього пункту, освітлення необхідно виконувати світильниками з лампами розжарювання на напругу **42 В**;

з) світильники з люмінесцентними лампами на напругу **127- 220 В** допускається встановлювати на висоті *менш* **2.5 м** від підлоги лише при умові, що їх струмоведучі частини не доступні для випадкових торкань;

к) для живлення окремих ламп, як правило, застосовують напругу не вище **220 В**;

л) у приміщеннях без підвищеної небезпеки допускається для усіх стаціонарних світильників, незалежно від висоти їх установки, застосування напруги **220 В**.

- для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання необхідно застосовувати напругу:

а) у приміщеннях без підвищеної небезпеки – не вище **220 В**;

б) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних – не вище **42 В**;

- для живлення ручних (переносних) світильників повинно застосовувати напругу:

а) у приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних – не вище **42 В**;

б) при наявності особливо несприятливих умов (незручне положення робітника, тіснота, стикання з великими металевими добре заземленими поверхнями (наприклад, робота у котлах) та інше) – не вище **12 В**.

4.1.2 Розмітка на плані приміщення місць установки 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 ПУЭ:2007 та «Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» (ДНАОП 0.00-1.32-01):

а) вимикачі на стінах встановлюють на висоті **1,5 м** від підлоги;

б) розетки встановлюють на висоті **0,8 – 1,0 м** або **0,3 м** від підлоги;

в) у школах, дитячих садках, у приміщеннях для перебування дітей розетки встановлюють на висоті **1,5 м**;

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

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

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

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

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

4.1.3 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.

4.1.4 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 ПУЭ:2007:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.1.5 Вибір марок проводів і способу їх прокладки

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 ПУЭ: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 ПУЭ:2007 та (ДНАОП 0.00-1.32-01). Спосіб прокладки може бути: на роликах та кліцях, ізоляторах, скобах, в тру-бах, з несучим стальним 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;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- використання лотків рекомендується при багат шаровій прокладці кабелів або прокладці їх пучками; при прокладці силових кабелів перерізом до **16 мм²**, проводів перерізом менш **120 мм²** та контрольних кабелів;

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

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

- для виконання проводок у трубах рекомендується застосовувати полімерні труби.

4.1.6 Розрахунок перерізу проводів освітлювальної мережі за допустимими втратами напруги

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:

$$\Delta U_{\%розр} \leq \Delta U_{\%доп}, \quad (4.1)$$

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 :

$$\Delta U_{\%розр} = \frac{\sum P_i l_i}{c S_i} = \frac{\sum M_i}{c S_i}, \quad (4.2)$$

- для однієї ділянки:

$$\Delta U_{\% \text{ розпрі}} = \frac{P_i l_i}{c S_i} = \frac{M_i}{c S_i}, \quad (4.3)$$

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. приклад у підрозділі б).

Площа поперечного перерізу проводів на кожній ділянці визначається по формулі:

$$S_i = \frac{M_i}{c \Delta U_{\% \text{ доп}}}, \quad (4.4)$$

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

$$S_{\text{жсм}} = \frac{M_{\text{жсм}} + \alpha \cdot (\sum M_i)}{c \cdot \Delta U_{\% \text{ доп}}}, \quad (4.5)$$

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.

4.1.7 Перевірка перерізу проводів освітлювальної мережі за умовами нагріву та механічній міцності

Обраний стандартний переріз провідників слід перевіряти на *механічну міцність*, тобто на мінімально допустимий переріз провідника в залежності від виду, способу прокладки та матеріалу провідника. Якщо розрахунковий переріз буде менш допустимого, то треба обрати *рекомендований переріз* та перерахувати фактичну втрату напруги.

Отриманий переріз проводів на ділянках *перевіряють* за умовою нагріву, за *тривало допустимим струмом*: ϵ

$$I_{\text{тр. доп.}} \geq I_{\text{розрах}}, \quad (4.6)$$

де $I_{\text{тр. доп.}}$ - тривало допустима сила струму для проводів, А;

$I_{\text{розрах}}$ - розрахункова сила струму, А.

Розрахункову силу струму визначають за формулами:

$$I_{\text{розрах}} = \frac{P_{\text{розрах}}}{U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi}, \text{- для однофазної мережі,}$$

$$I_{\text{розрах}} = \frac{P_{\text{розрах}}}{2U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi}, \text{- для двофазної мережі,} \quad (4.7)$$

$$I_{\text{розрах}} = \frac{P_{\text{розрах}}}{3U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi}, \text{- для трифазної мережі,}$$

це $P_{\text{розрах}}$ - розрахункова потужність навантаження, Вт;

$U_{\text{н}}$ - номінальна напруга ламп, В;

$\cos\varphi$ - коефіцієнт потужності ламп.

При визначенні робочих струмів ділянок мережі з газорозрядними лампами і пристроями групової компенсації необхідно враховувати, що від джерела енергії до точки вмикання конденсаторних батарей мережа має коефіцієнт потужності не менш, ніж **0,9**, а від вказаної точки до джерел світла та випромінювання – біля **0,6**.

4.1.8 Вибір апаратури управління та захисту, розробка схеми електричної принципової освітлювальної мережі

При виборі апаратів захисту освітлювальних мереж необхідно дотримуватися наступних вимог:

а) захист *від струмів короткого замикання* застосовується:

1) у всіх випадках освітлювальні мережі повинні бути захищені від струмів короткого замикання;

б) захист *від струмів перевантаження* застосовується:

1) для будівель і приміщень, в яких необхідно створити особливо надійну та безпечну роботу освітлювальних мереж або при відсутності кваліфікованого обслуговування, окрім захисту від струмів короткого замикання, необхідно утворювати захист і від струмів перевантаження;

2) для мереж, які виконані відкрито прокладеними незахищеними проводами з горючою ізоляцією (АПП, ПРД та ін.);

3) для мереж житлових, громадських будівель, службово-побутових, торговельних, пожежно безпечних приміщень та вибухо-безпечних установок, у тому числі і зовнішні класу В-1г;

в) *апарати захисту встановлюють*:

1) групами у доступних та безпечних для обслуговування місцях на лініях, які відходять від щитів, щитків і інших розподільних пристроїв;

2) в місцях, де зменшується переріз проводів лінії. Допускається не встановлювати захисні апарати в місцях зменшення перерізу проводів, якщо

провід входить у зону захисту сусіднього з боку джерела енергії захисного апарату;

3) у точках секціонування мереж для селективної дії захисних апаратів;

4) зі сторони високої та низької напруги знижувальних трансформаторів для живлення світильників на **42 В**;

5) якщо знижувальні трансформатори живляться окремою групою лінією та до неї підключено не більш трьох трансформаторів, то захищати з високої сторони кожний трансформатор необов'язково;

6) безпосередньо в місцях приєднання проводів, які захищаються, до живлячої мережі. Допускається відносити їх на відстань не більш **3,0 м** від місця приєднання;

7) у нульових робочих провідниках заборонено встановлювати запобіжники, автоматичні вимикачі та комутаційні апарати, за винятком мереж вибухобезпечних приміщень класу В-1, в які автоматичні вимикачі встановлюють у фазному та нульовому провідниках, а для заземлення металевих частин освітлювальних установок прокладають спеціальний захисний провід;

г) при визначенні та виборі номінальних струмів плавких вставок $I_{нв}$ та уставок автоматичних вимикачів (з розчіплювачами: тепловими I_m , електромагнітними $I_{ем}$, комбінованими I_k):

1) при захисті *запобіжниками*, автоматичними вимикачами з *теповими* або *комбінованими* розчіплювачами використовують наступні співвідношення:

- для ламп розжарювання:

$$I_{нв} \geq I_p; \quad I_m \geq I_p; \quad I_k \geq 1,4I_p, \quad (4.8)$$

- для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНаТ:

$$I_{нв} \geq 1,2 I_p; \quad \text{при } I_p \leq 50 \text{ А: } \quad I_m \geq 1,4I_p; \quad I_k \geq 1,4I_p; \quad (4.9)$$
$$\text{при } I_p > 50 \text{ А: } \quad I_m \geq I_p; \quad I_k \geq I_p;$$

2) при захисті автоматичними вимикачами тільки з *електромагнітними* розчеплювачами використовують наступні співвідношення:

- для автоматичних вимикачів до **100 А**:

$$I^{(1)}_{кз} \geq 1,4 k_3 I_{від}, \quad (4.10)$$

- для автоматичних вимикачів на струм більше **100 А**:

$$I^{(1)}_{кз} \geq 1,25 k_3 I_{від}, \quad (4.11)$$

де I_p - робочий струм освітлювальної установки, А;

$I^{(1)}_{кз}$ - струм однофазного короткого замикання в освітлювальній мережі, А;

$I_{від}$ - струм відсічки автоматичного вимикача, А;

k_3 - коефіцієнт запасу; $k_3 = 1,1$;

3) для *забезпечення селективності* спрацьовування захистів номінальний струм кожного подальшого у напрямку до джерела живлення захисного апарату слід приймати не менш, ніж *на дві ступені* більше, ніж у попереднього апарата, якщо це не веде до збільшення площі поперечного перерізу проводів мережі.

4.1.9 Приклад розрахунку освітлювальної мережі

Згідно рис. 1 (Додаток Б) складаємо розрахункову схему розподілення навантаження по групам.

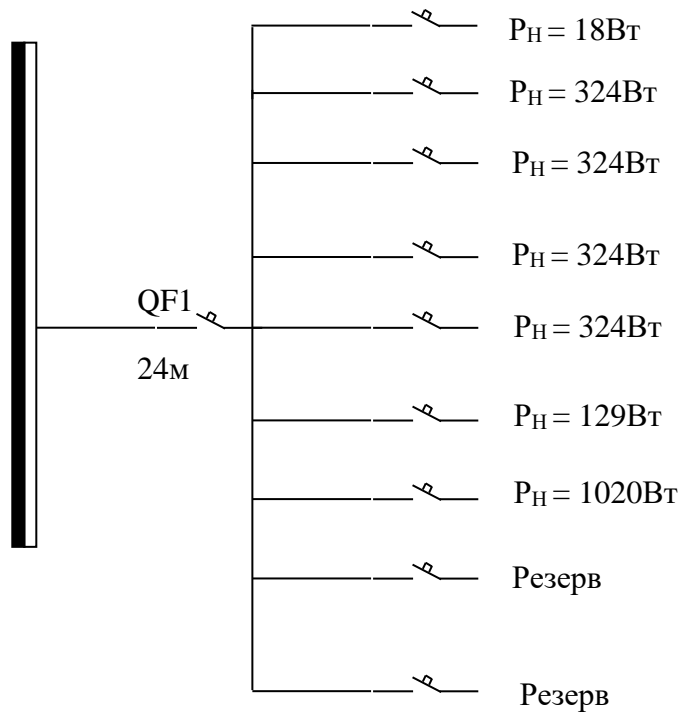


Рисунок 1 – Розрахункова схема розподілення навантаження по групам

Визначаємо сумарне навантаження.

$$P_{A1-A4} = 18 + 324 + 324 + 324 + 324 + 129 + 1020 = 2463 \text{ Вт}$$

$$P_{заг..} = P_{уст} = 2463 \text{ Вт} = 2,463 \text{ кВт}$$

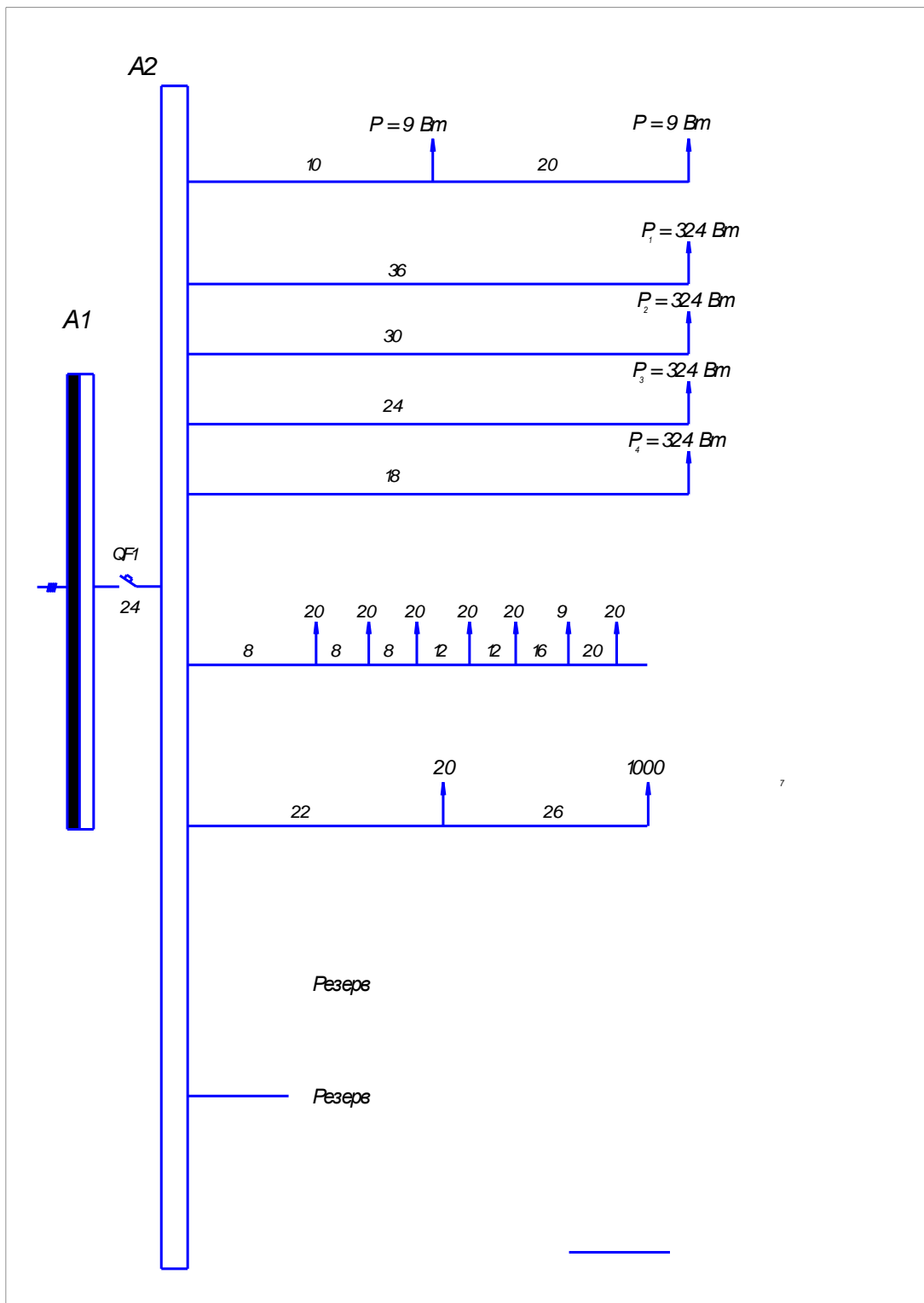


Рисунок 1 – Розрахункова схема моментів навантаження групових ліній

Визначаємо моменти навантажень на всіх ділянках за формулою:

$$m = \Sigma \cdot P_i \cdot \ell_i, \quad (4.12)$$

де P_i – потужність ламп, струм в яких протікає по розрахунковому участку, кВт;

ℓ_i – довжина лінії, в якій протікає струм навантаження, м.

Визначаємо моменти навантажень в кожній групі на 7 дільницях

$$M_1 = 9 \cdot 10 + 9 \cdot 20 = 270 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

$$M_2 = 324 \cdot 18 = 5832 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

$$M_3 = 324 \cdot 15 = 4860 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

$$M_4 = 324 \cdot 12 = 3880 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

$$M_5 = 324 \cdot 9 = 2916 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

$$M_6 = 20 \cdot 8 + 20 \cdot 8 + 20 \cdot 8 + 20 \cdot 12 + 20 \cdot 12 + 9 \cdot 16 + 20 \cdot 20 = 1504 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

$$M_7 = 20 \cdot 22 + 1000 \cdot 26 = 26440 \text{ Вт}\cdot\text{м}$$

Визначаємо момент навантаження живлючої мережі

$$M_{A1-A4} = P_{A1-A4} \cdot \ell_{A1-A4}, \quad (4.13)$$

$$M_{A1-A4} = 2,463 \cdot 24 = 59,1 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Визначаємо площу поперечного перерізу живлючої мережі

$$S_{A1-A4} = \frac{M_{A1-A4} + \alpha(M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7)}{C_u \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (4.14)$$

де M_{A1-A4} – момент нагрузки расчетного участка и его ответвлений, кВт·м;
 α – коефіцієнт, який враховує зміну числа проводів; $\alpha = 1,33$ [2];
 ΣM_1 - моменти навантажень відгалужень від розрахункової ділянки з числом проводів іншим, ніж на розрахунковій ділянці, кВт · м;
 C_u - коефіцієнт, що визначається залежно від матеріалу проводу системи напруги і від кількості проводів в лінії; $C_u = 44$ [2];
 $\Delta U_{\text{доп}}$ – допустима втрата напруги в лінії, %; $\Delta U_{\text{доп}} = 2,5$ [2]

$$S_{A1-A4} = \frac{59,1 + 1,33 \cdot (0,27 + 5,83 + 4,86 + 3,88 + 2,916 + 1,504 + 26,44)}{44 \cdot 2,5} = 1,09 \text{ мм}^2$$

Приймаємо ближче значення стандартного перерізу на участку ввода $S_{A1-A4} = 2,5 \text{ мм}^2$ [1]. Цей переріз перевіряємо на нагрів по тривало-допустимому струму

$$I_{\text{розр.}A1-A4} = \frac{P_{A1-A4}}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (4.15)$$

$$I_{\text{розр.}A1-A4} = \frac{2463}{3 \cdot 220 \cdot 1,0} = 3,73 \text{ A}$$

Для вибраного перерізу $I_{\text{тр.доп.}} = 19 \text{ A}$ [1]

Таким чином:

$$I_{\text{розр.}A1-A4} = 3,73 \text{ A} < I_{\text{тр.доп.}} = 19 \text{ A}$$

Мінімальна площа перерізу по механічній міцності дорівнює $2,5 \text{ мм}^2$, отже, цей перетин задовольняє всім умовам вибору.

Фактична втрата напруги на ділянці А1-А4 дорівнює:

$$\Delta U_{A1-A4} = \frac{M_{A1-A4}}{C_u \cdot S_{cm.}} , \quad (4.16)$$

$$\Delta U_{A1-A4} = \frac{59,1}{44 \cdot 2,5} = 0,54 \%$$

Розраховуємо групову мережу. Визначаємо площу перерізу на кожній ділянці.

$$S_1 = \frac{M_1}{C_2 \cdot (\Delta U_{дон.} - \Delta U_{A1-A7})} , \quad (4.17)$$

$$S_1 = \frac{0,27}{7,4 \cdot (2,5 - 0,54)} = 0,019 \text{ мм}^2$$

$$S_2 = \frac{5,83}{7,4 \cdot (2,5 - 0,54)} = 0,4 \text{ мм}^2$$

$$S_3 = \frac{4,86}{14,5} = 0,33 \text{ мм}^2$$

$$S_4 = \frac{3,88}{14,5} = 0,27 \text{ мм}^2$$

$$S_5 = \frac{2,916}{14,5} = 0,2 \text{ мм}^2$$

$$S_6 = \frac{1,504}{14,5} = 0,1 \text{ мм}^2$$

$$S_7 = \frac{26,44}{14,5} = 1,8 \text{ мм}^2$$

Приймаємо на всіх ділянках $S_{ст.} = 2,5 \text{ мм}^2$ [1]

Визначаємо втрату напруги на кожній ділянці

$$\Delta U_1 = \frac{M_1}{C_2 \cdot S_{ст.}}, \quad (4.18)$$

$$\Delta U_1 = \frac{0,27}{7,4 \cdot 2,5} = 0,014\%$$

$$\Delta U_2 = \frac{5,83}{7,4 \cdot 2,5} = 0,31\%$$

$$\Delta U_3 = \frac{4,86}{18,5} = 0,26\%$$

$$\Delta U_4 = \frac{3,88}{18,5} = 0,2\%$$

$$\Delta U_5 = \frac{2,916}{18,5} = 0,16\%$$

$$\Delta U_6 = \frac{1,504}{18,5} = 0,08\%$$

$$\Delta U_7 = \frac{26,44}{18,5} = 1,4\%$$

Перевіряємо вибраний переріз проводу на ділянці на нагрів по тривало-допустимому струму.

$$I_{расч.1} = \frac{P_1}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (4.19)$$

$$I_{расч.1} = \frac{18}{3 \cdot 220} = 0,027 \text{ A}$$

$$I_{расч.1} = \frac{324}{3 \cdot 220} = 0,49 \text{ A}$$

$$I_{расч.2} = \frac{324}{3 \cdot 220} = 0,49 \text{ A}$$

$$I_{расч.3} = \frac{324}{3 \cdot 220} = 0,49 \text{ A}$$

$$I_{расч.4} = \frac{324}{3 \cdot 220} = 0,49 \text{ A}$$

$$I_{расч.5} = \frac{129}{3 \cdot 220} = 0,19 \text{ A}$$

$$I_{расч.6} = \frac{1020}{3 \cdot 220} = 1,5 \text{ A}$$

Для всіх ділянок для вибраного перерізу $I_{тр.доп.} = 19 \text{ A}$ [1].

Результати розрахунків заносимо в таблицю освітлювальної мережі, представлену на аркуші 41ЕЛД.045.510000Э7 графічної частини проекту.

Для захисту електричних мереж від струмів короткого замикання і перевантажень вибираємо захисну апаратуру.

Вибираємо щит освітлювальний типу ЯОУ 8501-3474-У3.1 з автоматом на вводі ВА 16-26-14 з $I_n = 31,5 \text{ A}$.

4.1.10 Специфікація на матеріали та обладнання

В таблиці 4.1 представлено специфікацію на матеріали та обладнання

Таблиця 4.1 – Специфікація на матеріали та обладнання

Назва	Кіл.	Примітка
Силовий розподільчий пункт ПР85 ТУ.У 31.2-355.44962-001:2008	1	
Щиток освітлювальний ЯОУ 8501-347-У3.1 ТУ 16-92 АТКЦ656336.016 ТУ	1	
Світильник СПП 200 ДСТУ ІЕС 60-598-2-6:2007	2	
Світильник НСП02 ДСТУ ІЕС 60-598-2-6:2007	7	
Світильник НСО02 ДСТУ ІЕС 60-598-2-6:2007	1	
Світильник LED Sonata-36	36	
Лампа світлодіодна LED Sonata-36, $\Phi_{\text{л}} = 3000$ лм	36	$P_{\text{н}}=36$ Вт
Лампа світлодіодна Maxus LED A80 E27 $\Phi_{\text{л}} = 1900$ лм	7	$P_{\text{н}}=20$ Вт
Лампа світлодіодна SL- LED A60-9-3000-E27	3	$P_{\text{н}}=9$ Вт
Вимикач здвоєний на 10 А ТУ16-93 БКЖИ.642245-001.ТУ	1	
Вимикач однополюсний 6 А, 250 В ТУ16-93 БКЖИ.642245-001.ТУ	10	
Вимикач однополюсний бризгозахисний 6 А, 250 В ТУ16-93 БКЖИ.642245-001.ТУ	2	
Розетка штепсельна У86-РМ 5 А, 250 В	1	
Провід з алюмінієвими жилами АПВ - 2х2,5 мм, м	420	
Провід з алюмінієвими жилами АПВ – 4х2,5 мм ² , м	10	

4.1.11 Висновки по розділу

Для приміщень молочного цеху проведено розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку і точковим методом лінійних ізолюкс. Для освітлення приміщень рекомендовано лінійні світильники типу LED Sonata-36 із лінійними світлодіодними лампами і світильники НСП02, НСО02 і СПП200 із точковими світлодіодними лампами типу Maxus LED A80 і SL- LED A60.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кушлик Р.В. Електричне освітлення та опромінення. Навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В.Кушлик, В.Ф.Яковлев, Ю.М.Куценко, М.Л.Лисиченко, М.П.Кунденко. Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. - 332 с.
2. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение. / В.А.Козинський. – М.: Агропромиздат, 1991. – 239.
3. Жилинский Ю.М. Электроосвещение и облучение / Ю.М.Жилинский, В.Д.Кумин. – М.: Колос, - 1982 -271.
4. Степанцов В.П. Светотехническое оборудование в с.х. производстве. / В.П.Степанцов. – Минск.: Ураджай, 1987 -216.
5. Яковлев В.Ф. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення. / За заг. ред. проф. В.Ф.Яковлева. // В.Ф.Яковлев, Р.В.Кушлик, О.С.Квітка, Ю.М.Куценко. - Мелітополь, 2010.-106 с.

ДОДАТОК А

(Довідковий)

Зразок виконання світлотехнічної відомості

ДОДОТОК Б

(Довідковий)

Молочний цех. Мережа освітлювальна. Схема електрична об'єднана