

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Электрическое освещение

Методические указания
по выполнению практических работ по дисциплине
«Электрическое освещение» для студентов специальностей
1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»,
7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника»,
дневной и заочной форм обучения

Витебск
2024

УДК 621.3

Составители:
В. И. Столяренко, А. М. Гусаров

Одобрено кафедрой «Теплоэнергетика» УО «ВГТУ»,
протокол № 10 от 30.04.2024 г.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 9 от 31.05.2024 г.

Электрическое освещение: методические указания по выполнению практических работ / сост. В. И. Столяренко, А. М. Гусаров. – Витебск : УО «ВГТУ», 2024. – 43 с.

Методические указания содержат задания и методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Электрическое освещение» для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» и специальности 7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника», дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.3

© УО «ВГТУ», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическая работа 1	
Основные световые величины, расчетные формулы.....	5
Практическая работа 2	
Световые свойства материалов, расчетные формулы.	8
Практическая работа 3	
Световые и электрические характеристики ламп накаливания, расчетные формулы	11
Практическая работа 4	
Выбор источников света и светильников	15
Практическая работа 5	
Метод удельной мощности расчета электрического освещения.	18
Практическая работа 6	
Метод коэффициента использования светового потока	21
Практическая работа 7	
Точечный метод расчета электрического освещения.....	24
Практическая работа 8	
Условия выбора проводов (кабелей) и защиты осветительной сети.	28
Практическая работа 9	
Методы расчета наружного освещения.	32
Практическая работа 10	
Схемы местного, дистанционного и автоматического управления освещением	35
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А Варианты заданий.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного наблюдателя	42

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания содержат описание и методику выполнения практических заданий по предмету «Электрическое освещение». Методические указания разработаны в соответствии с учебным планом учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» по специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» и специальности 7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Обучающиеся согласно имеющемуся у них плану проведения практических работ должны заранее подготовиться к предстоящему занятию. Заблаговременно до выполнения работы глубоко и основательно изучить теоретическую часть материала по учебной литературе и лекционным записям. Практические задания и расчеты студенты должны выполнять самостоятельно в соответствии с рабочим заданием и вариантом под контролем преподавателя.

Отчёт должен содержать: название, цель работы, исходные данные, расчетные формулы с числовыми примерами, результаты расчетов, анализ полученных данных и заключение о работе.

Особое внимание необходимо уделить заключению по результатам выполненной практической работы, где требуется сопоставить результаты полученных в ходе расчетов, данных с известными, либо ранее полученными, закономерностями из теоретического курса и указать причины наблюдаемых отклонений.

Отчет о выполненной работе оформляется каждым студентом в отдельности и представляется на листах А4 в день защиты практических работ.

Правильно выполненная работа, которая оформлена в соответствии с требованиями и представлена на проверку в установленный срок, оценивается в 10 баллов. К снижению оценки могут приводить выявленные при проверке отчета ошибки и неточности, а также следующие факторы:

- сдача задания позже установленного срока – минус 1–2 балла;
- недостаточно активная работа по выполнению задания в аудитории – минус 1–2 балла;
- ненадлежащее оформление отчета – минус 1–2 балла;
- неверная аргументация или отсутствие вывода – минус 1–2 балла;
- плагиат – минус 5 и более баллов.

Практическая работа 1

Основные световые величины, расчетные формулы

Цель работы: повторить основные светотехнические величины, их расчетные формулы.

Краткие теоретические сведения [1, 2, 3, 4].

Световые характеристики описывают, как воспринимает энергию излучения зрительная система глаза с учетом спектрального состава света.

Интегральная чувствительность приемника:

$$g = \frac{C_W \cdot W_{\text{эф}}}{W}, \quad (1.1)$$

где C_W – коэффициент, определяемый единицами величины $W_{\text{эф}}$; $W_{\text{эф}}$ – энергия излучения эффективно поглощенная приемником, Дж; W – вся энергия излучения, падающая на приемник, Дж.

Спектральная чувствительность приемника:

$$g(\lambda) = \frac{C_W \cdot d\Phi_{\lambda\text{эф}}}{d\Phi_{\lambda}}, \quad (1.2)$$

где $d\Phi_{\lambda\text{эф}}$ – поток однородного излучения при длине волны λ , эффективно поглощенный приемником; $d\Phi_{\lambda}$ – полный однородный поток излучения при той же длине волны λ , упавший на приемник.

Эффективный поток:

$$\Phi_{\text{эф}} = g(\lambda)_{\text{max}} \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \cdot K(\lambda) \cdot d\lambda, \quad (1.3)$$

где λ – длина волны, м; $\varphi(\lambda)$ – спектральная плотность излучения, Вт/м; $K(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность для глаза человека (см. прил. Б).

Световой поток, лм:

$$\Phi_V = 683 \cdot \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \cdot K(\lambda) \cdot d\lambda = \frac{dQ}{dt}, \quad (1.4)$$

где Q – количество излучаемой энергии, Вт; t – время излучения энергии, с; 683 – световой эквивалент излучения.

Сила света, кд:

$$I_V = I = \frac{\Phi_V}{\omega}. \quad (1.5)$$

Освещенность, лк:

$$E_V = E = \frac{d\Phi_V}{dS} = \frac{\Phi_V}{S} = \frac{I_V \cos \beta}{l^2}, \quad (1.6)$$

где β – угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности; l – расстояние от источника до освещаемой точки, м; S – площадь освещаемой поверхности, м².

Яркость, в направлении α от источника или части его поверхности, кд/м²:

$$L_{\alpha} = \frac{dI_{\alpha}}{dS_{\text{н}} \cdot \cos \alpha} = \frac{I_{\alpha}}{S_{\text{н}} \cdot \cos \alpha}. \quad (1.7)$$

Телесный угол ω , ср.

$$\omega = \frac{S}{R^2}, \quad (1.8)$$

где R – радиус, м; S – площадь, вырезанная телесным углом м^2 .

Задачи

1. Рассчитать световой поток в люменах источника монохроматического излучения с длиной волны $\lambda = 555$ нм, если его лучистый поток равен 7,3207 Вт.

2. Вычислить световой поток ртутной лампы высокого давления ДРТ400, имеющей следующее распределение лучистого потока в видимой области спектра:

λ , нм	404,7	407,8	435,8	546,1	577	578	579,1
$\varphi(\lambda)$, Вт/нм	3,61	0,77	6,96	7,92	9,23	9,23	9,23

3. Поток излучения ртутной лампы высокого давления в видимой области спектра равен 20 Вт. Найти световой поток лампы, если:

λ , нм	404,7	407,8	435,8	491,6	546,1	577	578	579,1	690
$\varphi(\lambda)$, Вт/нм	52,5	11,0	100,0	2,6	130,0	160	160	160	4,0

4. Освещенности двух одинаковых белых поверхностей соответствуют условиям ночного зрения. Одна поверхность освещается излучением с длиной волны $\lambda_1 = 500$ нм (зеленый цвет), а другая – излучением с длиной волны $\lambda_2 = 640$ нм (красный цвет). Определить отношение потоков указанных излучений, если обе поверхности имеют одинаковую яркость.
5. Показать, что размерности освещенности (отношение светового потока к площади освещаемой поверхности или отношение силы света к квадрату расстояния от источника света до освещаемой поверхности) одинаковы.
6. Расстояние от Солнца до Земли $1,5 \cdot 10^8$ км, а диаметр Солнца $1,38 \cdot 10^6$ км. Вычислить яркость Солнца, если при расположении в зените оно создает на поверхности Земли освещенность $100 \cdot 10^3$ лк. При прохождении сквозь атмосферу световой поток уменьшается на 20 %.
7. При расположении над горизонтом под углом 50° полная Луна создает на поверхности Земли освещенность 0,13 лк. Найти яркость полной Луны, если расстояние от нее до Земли составляет $3,844 \cdot 10^5$ км, а ее диаметр 3476 км.

8. Точечная лампа, установленная в проекционный аппарат, излучает световой поток 6000 лм. Максимальная сила света аппарата 382 200 кд. Рассчитать коэффициент усиления оптической системы прибора.
9. Две лампы силой света 30 и 120 кд находятся на расстоянии 6 м друг от друга. Где нужно поместить между ними непрозрачный экран, чтобы он был одинаково освещен с обеих сторон?
10. Предмет при фотографировании освещается электрической лампой, расположенной от него на расстоянии $r_1 = 2$ м. Во сколько раз надо увеличить время экспозиции, если эту же лампу расположить на расстоянии $r_2 = 3$ м?
11. При печати фотоснимка негатив освещался в течение $t_1 = 3$ с лампочкой силой света $I_1 = 15$ кд с расстояния $r_1 = 50$ см. Определить время t_2 , в течение которого нужно освещать негатив лампочкой силой света $I_2 = 60$ кд с расстояния $r_2 = 2$ м, чтобы получить отпечаток с такой же степенью почернения, как и в первом случае?
12. На какой высоте h нужно повесить лампочку силой света $I = 10$ кд над листом матовой белой бумаги, чтобы яркость L бумаги была равна 1 кд/м², если коэффициент отражения ρ бумаги равен 0.8?

Контрольные вопросы:

1. Поясните понятия: световой поток, сила света и освещенность.
2. В каких единицах измеряются эти величины?
3. Дайте определение спектральной чувствительности.
4. Как найти телесный угол?

Практическая работа 2

Световые свойства материалов, расчетные формулы

Цель работы: повторить основные расчетные формулы, описывающие световые свойства материала.

Краткие теоретические сведения [1, 2, 3, 4].

Если на поверхность материала падает световой поток Φ , то в зависимости от свойств поверхности материала этот поток разделяется на составляющие: пропущенный поток, поглощенный поток, отраженный поток.

Коэффициент отражения:

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi}, \quad (2.1)$$

Коэффициент пропускания:

$$\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi}, \quad (2.2)$$

Коэффициент поглощения:

$$\alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi}, \quad (2.3)$$

Суммарный световой поток, лм:

$$\Phi = \Phi_{\rho} + \Phi_{\tau} + \Phi_{\alpha} = \Phi(\rho + \tau + \alpha). \quad (2.4)$$

Откуда:

$$\rho + \tau + \alpha = 1. \quad (2.5)$$

Контраст (коэффициент контраста) объекта:

$$K = \frac{B_o - B_{\Phi}}{B_{\Phi}}, \quad (2.6)$$

где: B_o – яркость объекта, кд/м²; B_{Φ} – яркость фона, кд/м².

Контраст считается большим при ($K > 0,5$), средним при ($K = 0,2-0,5$) и малым при ($K < 0,2$).

Видимость объекта – расстояние, на котором видимый контраст наблюдаемого тела на фоне равен порогу чувствительности глаза наблюдателя:

$$V = \frac{K}{K_{\text{пор}}}, \quad (2.7)$$

где K – контраст объекта с фоном; $K_{\text{пор}}$ – пороговый контраст, т. е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

Показатель ослепленности:

$$P = (S - 1) \cdot 1000, \quad (2.8)$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Задачи

1. В шаровой светильник из молочного стекла диаметром 0,3 м установлена лампа накаливания со средней силой света 295 кд. Яркость поверхности светильника при этом равна $3 \cdot 10^3$ кд/м². Рассчитать коэффициент пропускания света молочным стеклом светильника.
2. Яркость черной бархатной поверхности одинакова во всех направлениях и равна 10 кд/м² при освещенности 12550 лк. Найти коэффициент поглощения бархатной поверхности.
3. Определить яркость снега коэффициент отражения которого $\rho = 0,85$ при природных освещенностях: 100000 лк (безоблачный полдень); 20000 лк (полдень, плотная облачность); 600 лк (заход Солнца); 20 лк (сумерки, момент появления звезд); 0,2 лк (полная Луна в ясную ночь). Необходимо учитывать, что у снега рассеянное отражение.
4. Световой поток Солнца равен $3,63 \cdot 10^{28}$ лм. Расстояние от Солнца до Земли равно $1,5 \cdot 10^8$ км. Приняв для атмосферы Земли коэффициенты отражения $\rho = 0,34$ и поглощения $\alpha = 0,18$, определить освещенность поверхности Земли, когда Солнце в зените.
5. Дополните таблицу 2.1 недостающим коэффициентом поглощения рассчитав его используя вышеприведенные формулы.

Таблица 2.1 – Значения коэффициентов ρ и τ некоторых материалов [2].

Наименование материала	ρ , %	τ , %
Стекло: листовое оконное	6–8	
Молочное	до 50	
Матированное	8–20	
Бумага: писчая	60–70	
Ватманская	67–82	
Обои светлые	до 50	
Обои тёмные	от 6	
Трава	7	
Асфальт	32	

Окончание таблицы 2.1

Побеленные стены и потолки	40–65	
Штукатурка без побелки	20–30	
Линолеум светлый	16	
Линолеум тёмный	10	

Контрольные вопросы:

1. Что происходит при падении светового потока на поверхность материала?
2. В каких единицах измеряются видимость, контраст и показатель ослепленности?
3. Перечислите коэффициенты, определяющие светотехнические свойства материалов.
4. Имеют ли бетонные стены коэффициент пропускания?

Практическая работа 3

Световые и электрические характеристики ламп накаливания, расчетные формулы

Цель работы: повторить расчетные формулы, отражающие световые и электрические характеристики ламп накаливания.

Краткие теоретические сведения [1, 2, 3, 4].

Основные электрические характеристики: номинальные мощность и напряжение. Основные светотехнические характеристики: световой поток, спектральный состав излучения. Эксплуатационные характеристики: световая отдача, срок службы, геометрические размеры, тип цоколя.

Эффективная отдача потока:

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{\Phi_{\text{эф}}}{\Phi} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) \cdot K(\lambda) \cdot d\lambda}{\left[\int_0^{\infty} \varphi(\lambda) \cdot d\lambda \right]}, \quad (3.1)$$

где $\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный световой поток, Вт; Φ – полный световой поток, Вт.

Световая отдача, лм/Вт:

$$\eta = \Phi_{\text{л}} / P_{\text{л}}, \quad (3.2)$$

где Φ – световой поток тела накала лампы, лм; P – мощность лампы.

Плотность излучения тела накала, Вт/м²:

$$M = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T, \quad (3.3)$$

где ε – коэффициент теплового излучения тела накала (для вольфрама при 2600...3000 °К, $\varepsilon = 0,334$); σ_0 – постоянная ($5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К⁴); T – температура тела накала, К.

Длина волны λ_{max} , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, мкм:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2896}{T}. \quad (3.4)$$

Спектральная плотность излучения абсолютно черного тела Вт/м²:

$$m_{\text{es}}(\lambda, T) = \frac{C_1 \cdot}{\left[\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right) \right]} = R_{\lambda T}, \quad (3.5)$$

где λ – длина волны, мкм; C_1 – постоянная, равная $3,74 \cdot 10^8$ Вт · м⁻² · мкм⁴; C_2 – постоянная, равная $1,43 \cdot 10^4$ мкм · К.

Максимум спектральной плотности потока излучения, Вт/(м² · мкм),

$$(m_{\text{es}})_{\text{max}} = (R_{\lambda T})_{\text{max}} = C_3 \cdot T^5 = \varepsilon_{\lambda T} \cdot C_3 \cdot T^5, \quad (3.6)$$

где C_3 – постоянная, равная $1,041 \cdot 10^8$ Вт/(м² · мкм · К⁵);

Для реальных тел:

$$M_e(T) = R_T = \varepsilon(T) \cdot \sigma \cdot T^4;$$

$$m_{es}(\lambda, T) = R_{\lambda T} = \frac{\varepsilon(\lambda, T) \cdot C_1}{\left[\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right) \right]}, \quad (3.7)$$

$$m_{es}(\lambda, T)_{\max} = (R_{\lambda T})_{\max} = \varepsilon_{\lambda} \cdot C_3 \cdot T^5,$$

где C_3 – постоянная, равная $1,041 \cdot 10^8$ Вт/(м² · мкм · К⁵); $\varepsilon(T)$ – интегральный коэффициент излучения, зависящий от температуры и материала излучателя берется из справочников; $\varepsilon(\lambda, T)$ – спектральный коэффициент излучения, зависящий от температуры и материала излучателя берется из справочников

Мощность ламп, Вт:

$$P = U^2 / R_T = U^2 \cdot S_c / \rho_T \cdot l, \quad (3.8)$$

где R_T – сопротивление спирали при рабочей температуре, Ом; ρ_0 – удельное сопротивление вольфрама при рабочей температуре; S_c – площадь сечения вольфрамовой проволоки, м²; l – длина вольфрамовой проволоки, м.

Световой поток лампы при заданной мощности, лм:

$$\Phi = M \cdot S_c = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T \cdot S \cdot C, \quad (3.9)$$

где M – энергетическая плотность излучения (смотрите выше), Вт м²; Φ – световой поток тела накала лампы, лм; S – площадь, излучающей поверхности тела накала, м², C – коэффициент перехода от энергетического к световому потоку $1 \text{ лм} = 0,002 \text{ Вт}$ или 683 лм/Вт – световой эквивалент потока излучения для видимого дневного спектра человеческого глаза, лм/Вт.

Зависимости характеристик ламп от изменения подводимого напряжения:

$$\begin{aligned} \Phi / \Phi_{\text{НОМ}} &= (U / U_{\text{НОМ}})^{3,67}; \\ P / P_{\text{НОМ}} &= (U / U_{\text{НОМ}})^{1,6}; \\ I / I_{\text{НОМ}} &= (U / U_{\text{НОМ}})^{0,6}; \\ \frac{\eta}{\eta_{\text{НОМ}}} &= (U / U_{\text{НОМ}})^{2,14}; \\ t_{\text{сн}} / t_{\text{с}} &= (U / U_{\text{НОМ}})^{14,8}. \end{aligned} \quad (3.10)$$

Сопротивление нити накала в горячем состоянии, Ом:

$$R_T = \frac{U_T}{I_T}. \quad (3.11)$$

Температура нити накала в горячем состоянии, °К:

$$T = \frac{R_T - R_0}{\alpha R_0}, \quad (3.12)$$

где R_0 – сопротивление тела накала при температуре окружающей среды $T_0 = 295 \text{ К}$ (22 °С); α – температурный коэффициент электрического сопротивления (для вольфрама $\alpha = 0,005 \text{ К}^{-1}$).

Задачи

1. На первой электролампе написано, что она рассчитана на напряжение 110 В и потребляет при этом мощность 20 Вт, а на второй – что она рассчитана на напряжение 220 В и потребляет при этом мощность 50 Вт. Две эти лампы соединили последовательно и включили в сеть с напряжением 110 В. Определить: сопротивление первой лампы; отношение мощности, потребляемой второй лампой, к мощности, которую потребляет первая лампа; какая из ламп при таком подключении горит ярче и почему?
2. На цоколе лампочки карманного фонарика написано: «3,5 В; 0,28 А». Найдите сопротивление в рабочем режиме и потребляемую мощность. Какой ток будет в цепи гирлянды, собранной из 20 таких ламп, соединенных последовательно, если к концам гирлянды приложить напряжение 30 В? Резистор какого сопротивления нужно подсоединить к этим лампам, соединенным параллельно, для включения их в сеть того же напряжения?
3. Для лампы накаливания мощностью сто пятьдесят ват и напряжением двести двадцать вольт необходимо определить величину сопротивления вольфрамовой нити накаливания при температуре двадцать пять градусов Цельсия. Известно, что температура накала нити лампы составляет две тысячи пятьсот градусов Цельсия. Температурный коэффициент сопротивления вольфрама $5,1 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$.
4. На цоколе электрической лампы накаливания с вольфрамовой нитью написано: 120 В, 500 Вт. Если пропускать через эту лампу ток $I_1 = 8 \text{ мА}$, то падение напряжения на ней составляет $U_1 = 20 \text{ мВ}$; при этом нить накала практически не нагревается (температура $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$). Какова температура t нити накала в рабочем состоянии?
5. Какую длину l имеет вольфрамовая нить накала лампочки, рассчитанной на напряжение $U = 220 \text{ В}$ и мощность $P = 200 \text{ Вт}$? Температура накаленной нити $T = 2700 \text{ К}$, диаметр нити $d = 0,03 \text{ мм}$. Считайте, что удельное сопротивление вольфрама прямо пропорционально абсолютной температуре.
6. Абсолютно черное тело излучает в минуту 1,89 Дж энергии с 1 см^2 поверхности. Определить плотность излучения и температуру этого тела.
7. При колебаниях напряжения в питающей сети температура вольфрамовой нити лампы накаливания изменяется на $\pm 100 \text{ }^\circ\text{K}$. Как изменяется при этом поток излучения нити, если при номинальном напряжении ее температура

равна 2400 К? Интегральный коэффициент излучения вольфрама равен 0,295 при 2300 °К; 0,304 при 2400 °К и 0,312 при 2500 °К.

8. Как изменится световой поток лампы накаливания Б215-225-150 при снижении напряжения на 10 %?
9. Световой поток лампы накаливания Г125-135-500 равен 8700 лм. При каком напряжении сети световой поток лампы будет 6696 лм?
10. Как следует изменить напряжение на зажимах лампы накаливания Г125-135-150, чтобы срок ее службы возрос в 2 раза по сравнению с номинальным напряжением?
11. При резко неравномерной нагрузке фаз трехфазной осветительной сети произошло нарушение контакта нулевого провода сети с нулевым выводом питающего трансформатора. Напряжение на лампах малонагруженных фаз возросло практически до линейного напряжения 380 В. Оценить, как изменится при этом поток излучения ламп накаливания, и каков будет их максимальный срок службы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные характеристики ламп накаливания.
2. Как изменится поток излучения абсолютно черного тела при повышении его температуры с 1500 до 3000 К?
3. Как изменится максимальная спектральная плотность излучения абсолютно черного тела при повышении его температуры с 1500 до 3000 К?
4. Зависит ли световая отдача лампы накаливания от ее мощности?

Практическая работа 4

Выбор источников света и светильников

Цель работы: обосновать выбор источников света и светильников для освещения помещений по варианту задания.

Выбор источников света

Произвести выбор источников света для освещения помещений. В качестве исходных данных в соответствии с указаниями преподавателя выбрать вариант задания из приложения А.

Выбор источников света определяется технико-экономическими показателями и производится по рекомендациям СН 2.04.03–2020 «Естественное и искусственное освещение». Выбор типа источника света определяется следующими факторами:

- электрическими характеристиками (напряжением, мощностью, родом тока, силой тока);
- функциональными светотехническими параметрами (световым потоком, силой света, цветовой температурой, спектральным составом излучения);
- конструктивными параметрами (диаметром колбы, полной длиной лампы);
- средней продолжительностью горения;
- стабильностью светового потока;
- экономичностью (стоимостью и световой отдачей источника света)

Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. В спектре люминесцентных ламп (а также ламп типа ДРЛ) преобладают синевioletовые и желтые излучения. Недостаток красных лучей очень искажает цветопередачу. С этим же связан еще один большой недостаток данного типа ламп, заключающийся в существенном повышении нижней границы зоны зрительного комфорта. Это явление, получившее название «сумеречного эффекта», указывает на нецелесообразность применения люминесцентных ламп и ламп ДРЛ для создания низких уровней освещенности – менее 50 лк. Наиболее широко применяются лампы типа ЛБ. При повышенных требованиях к передаче цветов освещением применяются лампы типа ЛХБ, ЛД. Лампа типа ЛТБ применяется для правильной цветопередачи человеческого лица.

Кроме люминесцентных газоразрядных ламп (низкого давления) для производственного освещения применяют газоразрядные лампы высокого давления, например, лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные) и др., которые рекомендуется использовать для освещения более высоких помещений (6–10 м).

Натриевые лампы типа ДНаТ вследствие высокой пульсации их светового потока и специфического спектра оптического излучения, имеющего выраженную желто-оранжевую составляющую, для внутреннего освещения на

промышленных предприятиях применяются ограниченно, в основном в сочетании с лампами типа ДРИ и ДРЛ.

Использование ламп накаливания допускается при производстве грубых работ или осуществлении общего надзора за эксплуатацией оборудования, особенно если эти помещения не предназначены для пребывания людей, а также в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения газоразрядных ламп. Во взрыво- и пожароопасных помещениях, сырых, пыльных, с химически активной средой, там, где температура воздуха может быть менее + 10 °С и напряжение в сети падает ниже 90 % от номинального, следует отдавать предпочтение лампам накаливания. Для местного освещения на напряжении 12–42.

Галогенные лампы рекомендуются для высоких помещений при технической невозможности применения газоразрядных ламп, если потребная единичная мощность лампы превышает 1000 Вт, но могут применяться также при повышенных требованиях к цветопередаче, если по какой-то причине нельзя использовать люминесцентные лампы низкого давления.

Весьма перспективными представляются так называемые твердотельные источники света – светоизлучающие диоды. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается. Параметры источников искусственного освещения рекомендуется брать из четвертой главы литературы [4].

Выбор типа светильников

В соответствии с принятым вариантом задания произвести выбор светильников для заданных помещений.

Различают следующие типы световых приборов:

- светильник – световой прибор ближнего действия;
- прожектор – световой прибор дальнего действия;
- проектор – световой прибор, перераспределяющий свет лампы с концентрацией светового потока на поверхности с малым объемом или в малом объеме.

Выбор типа светильников определяется следующими факторами:

- от высоты помещений и конструктивных и производственных особенностей зависит светораспределение светильников;
- условие окружающей среды влияют на степень защиты светильника;
- экономическая целесообразность применения (стоимость);
- эстетические требования;
- мощность применяемого источника света.

Важнейшей светотехнической характеристикой светильника является светораспределение, т. е. распределение его светового потока в пространстве: прямого света, преимущественно прямого света, рассеянного света, преимущественно отраженного света, отраженного света. Распределение в пространстве силы света светильника характеризуется его фотометрическим телом – частью пространства, ограниченного поверхностью, проведенной через

концы радиус-векторов силы света. Сечением фотометрического тела плоскостью, проходящей через ось симметрии источника света, определяется его кривая силы света (КСС).

Важной светотехнической характеристикой светильника является коэффициент полезного действия, под которым понимается отношение светового потока светильника, работающего в данных условиях, к световому потоку установленной в нем лампы (ламп).

Защитный угол светильника характеризует зону, в пределах которой глаз наблюдателя защищен от прямого действия лампы. Он заключен между горизонталью и линией, касательной к светящемуся телу лампы и к краю отражателя или непрозрачного экрана. Для светильников с рассеивателями или светопропускающими экранами введено понятие условного защитного угла, под которым понимают угол, в пределах которого яркость светящегося тела лампы уменьшена с помощью рассеивателя или экрана, выполненных из светопропускающих материалов.

Конструкция светильника должна соответствовать условиям среды. Степень защиты оболочек светильников должна быть не ниже IP20 для внутреннего и IP53 – для наружного освещения. Светильники, предназначенные для внутренней и наружной установки в местах, где могут возникать смеси горючих газов, паров или пыли с воздухом, способные взрываться при наличии источника зажигания, а также для подземных выработок шахт, в том числе опасных по газу или пыли, должны иметь взрывозащищенное исполнение.

Стационарные светильники подразделяют на подвесные (крепят при помощи элементов подвеса высотой более 0,1 м); потолочные (крепят с помощью элементов крепления высотой не более 0,1 м); встраиваемые (крепят в отверстие в потолке, стене); пристраиваемые (прикрепляют непосредственно к поверхности оборудования); настенные; опорные (устанавливают на горизонтальную поверхность); венчающие, (на вертикальной опоре); консольные (световой центр светильников смещен относительно вертикали, проходящей через точку крепления опоры); торцевые консольные светильники (устанавливаются без промежуточного кронштейна).

Для указания путей эвакуации людей предназначены светильники с пиктограммой «Выход».

При выборе типа светильника используйте справочные данные, и таблицы из раздела 5.2, главы 5, литературы[4]. В отчете обосновать выбор типа светильников.

Контрольные вопросы

1. Назовите критерии выбора источников света.
2. Назовите критерии выбора типа светильников.
3. В каких случаях возможно применение ламп накаливания?
4. Влияет ли высота помещения на тип источника света?

Практическая работа 5

Метод удельной мощности расчета электрического освещения

Цель работы: путем практических расчетов изучить метод удельной мощности расчета электрического освещения.

Ход работы

На основе исходных данных варианта задания для помещений, имеющих нормируемое значение освещенности менее 100 лк, произвести светотехнический расчет освещения методом удельной мощности. Данный метод применяют для расчета мощности осветительных установок при общем равномерном освещении горизонтальных поверхностей. Под удельной мощностью понимают отношение суммарной мощности источников света к площади освещаемой поверхности. Этот способ разработан на основе метода коэффициента использования светового потока, дает более простое решение задачи, но и менее точное (погрешность расчета $\pm 20\%$), что допустимо при определении мощности осветительной установки.

Приняв значение удельной мощности в соответствии с заданными условиями, можно определить расчетное значение требуемой мощности одной лампы, Вт:

$$P_{\text{л}} = \frac{P_{\text{уд}} \cdot N}{F}, \quad (5.1)$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность одной лампы, Вт; N – число ламп; F – площадь освещаемого помещения, м²; $P_{\text{уд}}$ – удельная мощность осветительной установки Вт/м².

В табл. 6.4–6.11 главы 6, литературы [4] приводятся данные об удельной мощности для светильников прямого света с типовыми КСС. Таблицы 6.4–6.11 рассчитывались для светильников прямого света при отношении расстояний между ними или между их рядами к высоте подвеса $L/H_p = 0,4$ для КСС типов Г-3, К-1, К-2; $L/H_p = 1,0$ для КСС типов Д-3, Г-1, Г-2; $L/H_p = 1,5$ для КСС типов Д-1, Д-2, а также при полном совпадении данных, для которых составлены указанные таблицы.

При пользовании ими следует учитывать следующие особенности:

- если значения освещенности и коэффициента запаса, принятые для расчета, отличаются от указанных в таблице, следует произвести пропорциональный перерасчет значения удельной мощности;
- если значения коэффициентов отражения поверхностей помещения отличаются от принятых в таблице, допускается соответственно увеличить или уменьшить удельную мощность на 10 %;

– значения удельной мощности для ламп накаливания указаны для напряжения 230 В;

– в таблицах указаны значения удельной мощности для КПД светильника 100 %; для получения значения удельной мощности при меньшем КПД следует табличное значение разделить на выраженный в долях единицы КПД светильника;

– при использовании для освещения помещения энергоэкономичных люминесцентных ламп мощностью 36 Вт допускается определять удельную мощность по таблице для стандартных люминесцентных ламп мощностью 40 Вт.

Последовательность расчета осветительной установки методом удельной мощности: выбирают источник света, тип светильников и размещают их на плане помещения. Определяют нормированную освещенность, по справочным таблицам. По соответствующей таблице находится значение удельной мощности, далее по формуле (5.1) находится расчетное значение мощности одной лампы и подбирается лампа ближайшей стандартной мощности. Если расчетная мощность лампы оказывается большей, чем допускается в принятых светильниках, следует уточнить число светильников для данной мощности лампы.

Пример:

Помещение размером 6 х 6 метров высота подвеса 3.1 м, минимальная освещенность $E_{\min} = 75$ лк, светильник ЛСП18, тип КСС – Д, число рядов 2. Рассчитать осветительную установку методом удельной мощности.

Освещаемая площадь:

$$F = A \cdot B = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

Для светильника типа ЛСП18 по [4, табл. 5.5] находим КПД: $\eta = 0,7$. При $H_p = 3,1$ м, $F = 36 \text{ м}^2$ и КСС типа Д-2 по [4, табл. 6.8] определяем табличное значение удельной мощности общего равномерного освещения $p_{\text{уд.т}} = 3,7 \text{ Вт/м}^2$. В таблице это значение соответствует $E = 100$ лк, $K_3 = 1,5$ и КПД = 100 %, для заданных условий пропорциональным пересчетом определяем значение удельной мощности:

$$p_{\text{уд}} = \frac{p_{\text{уд.т}} \cdot K_3 \cdot E_{\min}}{K_{3,\text{т}} \cdot \eta \cdot 100} = \frac{3,7 \cdot 1,5 \cdot 75}{1,5 \cdot 0,7 \cdot 100} = 3,7 \text{ Вт/м}^2.$$

По [4, табл. 5.5] с учетом данных из [4, табл. 4.4] принимаем для освещения кладовой одноламповые светильники типа ЛСП18-18 с лампами типа ЛБ18-1 мощностью 18 Вт, $n_{\text{св}} = 1$.

Определяем количество светильников в помещении:

$$N = \frac{p_{\text{уд}} \cdot F}{n_{\text{св}} \cdot P_{\text{л}}} = \frac{3,7 \cdot 36}{1 \cdot 18} = 7,4 \text{ шт.}$$

С учетом числа рядов равных двум принимаем $N = 8$. Определяем расчетное значение требуемой мощности одной лампы:

$$P_{\text{лр}} = \frac{p_{\text{уд}} \cdot F}{N \cdot n_{\text{св}}} = \frac{3,7 \cdot 36}{8 \cdot 1} = 16,65 \text{ Вт.}$$

Отклонение принятой мощности светильника от расчетной мощности:

$$\Delta P = \frac{P_{\text{л}} - P_{\text{лр}}}{P_{\text{лр}}} \cdot 100 = \frac{18 - 16,65}{16,65} \cdot 100 = + 8,1 \%$$

Укладывается в диапазон $(- 10 \dots + 20 \%)$.

Число светильников в ряду N_R :

$$N_R = \frac{N}{R} = \frac{8}{2} = 4 \text{ шт.}$$

По [4, табл. 5.5] определяем длину светильника ЛСП18-18 $l_c = 720$ мм, расстояние от торцов крайних светильников до стен принимаем $l_A = 0,5$ м.

Расстояние между светильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l_A - N_R \cdot l_c}{N_R - 1} = \frac{6 - 2 \cdot 0,5 - 4 \cdot 0,72}{4 - 1} = 0,7 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5H_p$ ($0,7 \text{ м} < 1,55 \text{ м}$).

Контрольные вопросы

1. Когда применяется метод удельной мощности для расчета электрического освещения?
2. Какова погрешность расчета методом удельной мощности?
3. Как поступить если значения освещенности и коэффициента запаса, принятых для расчета удельной мощности, отличаются от указанных в таблице?
4. Какова последовательность расчета осветительной установки методом удельной мощности?

Практическая работа 6

Метод коэффициента использования светового потока

Цель работы: изучить метод расчета электрического освещения с использованием коэффициента использования светового потока.

Ход работы

Для помещения, в котором $E_{\min} > 100$ люкс произвести расчет светового потока ламп, необходимых для создания требуемого уровня освещенности. Размеры помещений принять по варианту задания. Данный метод применяют для нахождения равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Для расчета локализованного освещения, освещения наклонных и вертикальных поверхностей использовать его нельзя из-за большой погрешности получаемых результатов.

Основная расчетная формула:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\min} \cdot z \cdot S \cdot k_3}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (6.1)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток лампы, установленной в светильнике, лм; N – число светильников над освещаемой поверхностью; η – коэффициент использования светового потока; z – коэффициент минимальной освещенности (характеризует неравномерность освещенности): $z = 1,15$ – для ламп накаливания и газоразрядных ламп типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ; $z = 1,10$ – для люминесцентных ламп, расположенных в виде светящих линий; S – площадь освещаемой поверхности, м^2 ; k_3 – коэффициент запаса; E_{\min} – нормированная освещенность, лк.

Входящий в формулу коэффициент использования светового потока выбирают по справочным таблицам [4] в зависимости от типа светильника, его КПД и характера светораспределения, коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности и от размеров и формы помещения, которые учитывают индексом помещения:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_p (a + b)}, \quad (6.2)$$

где h_p – расчетная высота подвеса, м; a , b – длина и ширина помещения, м.

Приближенные значения коэффициентов отражения для различных помещений приведены в справочных таблицах [4].

Последовательность расчета осветительной установки методом коэффициента использования светового потока:

- находят нормированную освещенность;
- выбирают тип и число светильников;
- рассчитывают места их размещения на плане;
- определяют коэффициенты отражения элементов помещения;

- определяют индекс помещения;
- по справочным таблицам находят коэффициент использования светового потока коэффициенты запаса и минимальной освещенности литература [4, 5, 6];
- по формуле (6.1) рассчитывают световой поток лампы;
- по справочным таблицам литература [4] подбирают ближайшую стандартную лампу, световой поток которой отличается от расчетного светового потока не более чем на (– 10...+ 20 %), и принимают ее мощность.
- подсчитывают суммарную установленную мощность осветительной установки.
- при расчете осветительных установок с линейными источниками излучения (люминесцентными лампами) после выбора светильника и типа источника света известными величинами являются мощность, количество и световой поток ламп, и число рядов светильников. Поэтому пункты 3 и 4 расчета меняются:
 - определяют коэффициент использования светового потока η и вычисляют число светильников в освещаемом помещении;
 - определяют число светильников в одном ряду N и расстояние между ними.

Пример:

Помещение длиной 18 м шириной 12 м высотой 5 м. Число рядов 3. Светильники ЛСП 02, КСС Д, лампы ЛБ. По таблице 6.3 выбираем коэффициенты отражения поверхностей помещения: для потолка 50 %, стен 30 %, пола 10 %. Необходимо обеспечить освещенность $E_n = 300$ лк с коэффициентом запаса 1,5.

Решение. Рассчитаем высоту подвеса при высоте рабочей поверхности 0,8 м и высоте свеса 0,2 м получим 4 м.

Площадь помещения:

$$S = 12 \cdot 18 = 216 \text{ м}^2$$

Индекс помещения:

$$i_n = \frac{216}{4 \cdot (18 + 12)} = 1,8.$$

По таблице [4, табл. 6.2] зная индекс помещения и тип КСС (Д) находим коэффициент использования светового потока используя линейную интерполяцию:

$$\eta = 52 + \frac{1,8 - 1,25}{2 - 1,25} \cdot (69 - 52) = 64,5 \text{ \%}.$$

Рассчитаем световой поток одной лампы:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 216 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,645} = 55255,8 \text{ лм}.$$

По [4, табл. 5.5] с учетом данных из [4, табл. 4.3–4.5] принимаем двухламповый светильник ЛСП02-2x40-13-15 с лампами 2x40 Вт с общим потоком 6300 лм и длиной светильника 1234 мм следовательно в ряду:

$$N_p = \frac{55255,8}{6300} \approx 9 \text{ шт.}$$

Расчетное значение светового потока одной лампы светильника:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{\Phi_{Rp}}{n_{\text{св}} \cdot N_R} = \frac{55255,8}{2 \cdot 9} = 3070 \text{ лм.}$$

Отличие расчетного значения светового потока лампы от фактического:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \cdot 100 = \frac{3150 - 3070}{3070} \cdot 100 = +2,6 \text{ \%}.$$

Что находится в допустимых пределах. По [4, табл. 5.5] определяем длину светильника $l_c = 1,234$ м, принимаем $l_A = 0,5$ м. Тогда расстояние между светильниками в ряду:

$$L_a = \frac{18 - 2 \cdot 0,5 - 9 \cdot 1,234}{9 - 1} = 0,74 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5 \cdot H_p = 2$ м.

Контрольные вопросы

1. Когда применяется метод коэффициента использования светового потока для расчета осветительной установки?
2. Приведите последовательность расчета осветительной установки методом коэффициента использования светового потока?
3. Как определяется индекс помещения?
4. Что понимают под коэффициентом использования светового потока?

Практическая работа 7

Точечный метод расчета электрического освещения

Цель работы: рассчитать аварийное освещение в цехах точечным методом.

Ход работы

Рассчитать аварийное освещение в первом помещении согласно выбранному варианту задания точечным методом. При расчетах суммарной освещенности учитывают только освещенность, создаваемую тремя ближайшими светильниками.

Теоретические сведения [2, 3, 4]

Точечный метод используют для расчета неравномерного освещения: общего локализованного, местного, наклонных поверхностей, наружного. Необходимый световой поток осветительной установки определяют исходя из условия, что в любой точке освещаемой поверхности освещенность должна быть не меньше нормированной, даже в конце срока службы источника света. Суммарная условная освещенность в рассчитываемой точке может быть определена как сумма освещенностей от ближайших светильников. В качестве контрольных выбирают точки с наименьшей освещенностью, но не следует их принимать у стен или в углах помещения. При расположении светильников рядами контрольная точка выбирается между рядами на расстоянии от торцевой стены, примерно равном расчетной высоте.

Порядок расчета

1. Определяем тангенс угла падения светового луча в расчетную точку.

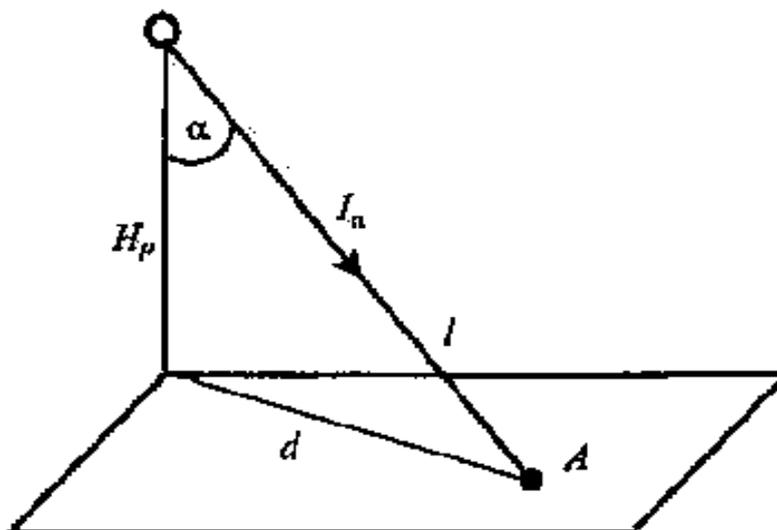


Рисунок 7.1 – Определение освещенности на горизонтальной плоскости

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p}, \quad (7.1)$$

где d – расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку, A (рис. 7.1).

По значению $\operatorname{tg} \alpha$ определяем угол α и $\cos^3 \alpha$. По КСС принятого светильника с условной лампой со световым потоком 1000 лм для найденного угла α определяем силу света $I_{\alpha(1000)}$ по [4, табл. 6.12] рассчитываем значение освещенности, создаваемой этим светильником, лк:

$$E_{(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha}{H_p^2}, \quad (7.2)$$

Искомая освещенность от светильника, лк

$$E = \frac{E_{(1000)} \cdot \Phi_{л} \cdot \mu}{K_3 \cdot 1000}, \quad (7.3)$$

где K_3 – коэффициент запаса, определяемый по [4, табл. 2.1]; μ – коэффициент дополнительной освещенности (принимается равным 1,1).

В случае, когда расчетная точка освещается n источниками света, необходимо рассчитать освещенности от каждого источника, а искомая освещенность определяется как их сумма, лк:

$$\sum_{i=1}^n E = E_1 + E_2 + \dots + E_n. \quad (7.4)$$

Если задана нормируемая освещенность E и требуется определить мощность лампы, необходимую для обеспечения этой освещенности на горизонтальной поверхности, лм:

$$\Phi_{лр} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000}{\mu \cdot \sum_{i=1}^n E_{(1000)}}, \quad (7.5)$$

По найденному значению светового потока выбирается лампа стандартной мощности и светового потока, значение которого отличается от $\Phi_{лр}$ не более чем на $-10...+20\%$. В отчете в дополнение к расчетам необходимо привести фрагмент плана основного помещения цеха с расположением светильников эвакуационного освещения и указать на нем расчетные точки.

Пример:

Рассчитать точечным методом аварийное освещение для основного цеха. $K_3 = 1,4$, $H_p = 6,5\text{м}$, $h_p = 0,8\text{м}$, тип светильника РСР18 степень защиты IP20, КСС-Г. Светильники аварийного освещения расположены в точках подвеса светильников рабочего освещения.

В качестве ИС эвакуационного освещения выберем из [4, табл. 5.4] светильники НСП21 с КСС Г-1, степень защиты 5'3.

На плане помещения (рис. 7.2) отметим контрольные точки (в которых ожидается наименьшая освещенность). Определим освещенность, создаваемую в контрольной точке 1 тремя ближайшими светильниками. Расчетная высота подвеса – расстояние от светильника до пола.

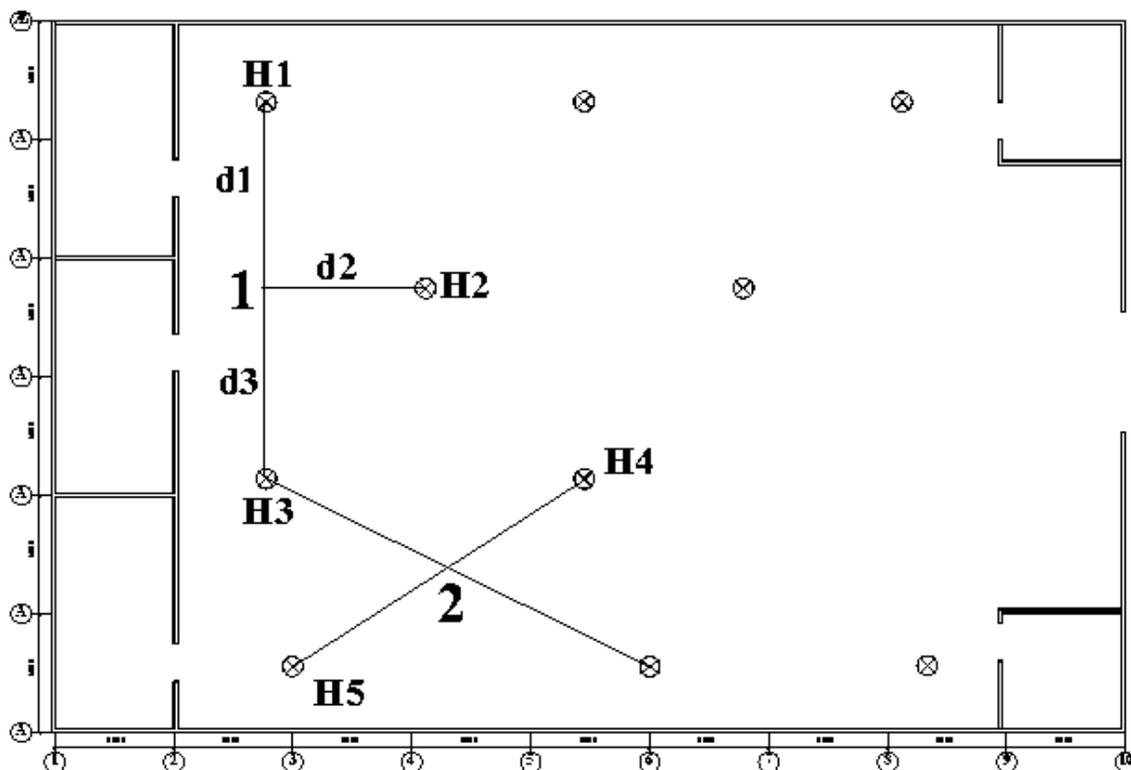


Рисунок 7.2 – Расчетные точки

Расстояния в плане находим по чертежу $d_1 = d_3 = 10$ м, $d_2 = 8,3$ м. Следовательно, $\operatorname{tg}\alpha$:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d_1}{H_p + h_p} = \frac{10}{6,5 + 0,8} = 1,37 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_3 = 53,9^\circ.$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_2}{H_p + h_p} = \frac{8,3}{6,5 + 0,8} = 1,14 \Rightarrow \alpha_2 = 48,7^\circ.$$

По [4, табл. 6.12] для $\alpha = 50^\circ$, КСС Г-1 светильника НСП21 с условной лампой со световым потоком 1000 лм определяем силу света $I_{\alpha(1000)} = 215,5$; $\alpha = 55^\circ$ $I_{\alpha(1000)} = 162,9$ кд; $\alpha = 45^\circ$ $I_{\alpha(1000)} = 265,2$ кд. Интерполируя полученные данные, пересчитаем значение силы света для $\alpha_1 = \alpha_3 = 53,9^\circ$ и $\alpha_2 = 48,7^\circ$:

$$I_{\alpha=53,9^\circ(1000)} = 215,5 + \frac{(162,9 - 215,5)}{(55 - 50)} \cdot (53,9 - 50) = 174,5 \text{ кд.}$$

$(E_{(1000)})$ в точке 1 от светильника (H₁ или H₃) с условной лампой в 1000 лм:

$$E_{(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha}{(H_p + h_p)^2} = \frac{174,5 \cdot \cos^3 53,9^\circ}{7,3^2} = 0,67 \text{ лк.}$$

$(E_{(1000)})$ при $I_{\alpha=48,7^\circ(1000)} = 228,4$ кд., в точке 1 от светильника Н₂ с условной лампой в 1000 лм:

$$E_{(1000)} = \frac{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha}{(H_p + h_p)^2} = \frac{228,4 \cdot \cos^3 48,7^\circ}{7,3^2} = 1,23 \text{ лк.}$$

Аналогично рассчитывается освещенность в точке 2 от светильников Н₃, Н₄, Н₅, Н₆. В точке 1 освещенность меньше чем в точке 2 и составляет $\sum E_{1000} = 2,6$ лк.

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000}{\mu \cdot \sum_{i=1}^n E_{(1000)}} = \frac{0,5 \cdot 1,4 \cdot 1000}{1,1 \cdot 2,6} = 244 \text{ лм.}$$

По [4, табл. 5.4] с учетом данных из [4, табл. 4.1] принимаем светильник НСП03-60-02 с лампой Б215-225-25 мощностью 25 Вт со световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 220$ лм.

Отличие расчетного значения светового потока лампы от фактического:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \cdot 100 = \frac{220 - 244}{244} \cdot 100 = -9,8 \text{ \%}.$$

Что укладывается в диапазон от -10 \% до $+20 \text{ \%}$.

Контрольные вопросы

1. Когда применяется точечный метод для расчета электрического освещения?
2. Как выбираются контрольные точки?
3. Как учитывается освещенность в контрольной точке от удаленных светильников?
4. Как находится мощность ламп аварийного освещения при заданной освещенности?

Практическая работа 8

Условия выбора проводов (кабелей) и защиты осветительной сети

Цель работы: изучить условия выбора сечения проводов (кабелей) и защиты осветительной сети.

Ход работы

Исходя из ранее выбранного варианта задания, рассчитать сечение жил проводов (кабелей) по допустимому нагреву и по потере напряжения. Выбрать аппараты защиты осветительной сети. Проверить соответствие сечения кабеля току защитного аппарата.

Теоретические сведения

Расчет электротехнической части проекта осветительной установки начинают с выбора и размещения щитков управления, компоновки электросети. При этом всю нагрузку вначале делят равномерно на три части (по числу фаз питающей сети), а затем нагрузку каждой фазы делят на группы по назначению. Групповые линии целесообразно выполнять однофазными в жилых, административных и бытовых помещениях небольшой площади или освещаемых лампами накаливания мощностью до 200 Вт, а также в помещениях с малым числом светильников с люминесцентными лампами. Каждая групповая линия должна быть защищена автоматом или предохранителем. Светильники дежурного и аварийного освещения объединяют в отдельные самостоятельные группы: аварийная группа либо от отдельного источника питания, либо непосредственно от ввода в здание. На плане объекта наряду со светильниками наносят групповые и питающие щитки, выключатели, штепсельные розетки. Выбор марки провода и способа прокладки осветительной сети определяют в соответствии с условиями окружающей среды.

Площадь сечения проводов рассчитывают по допустимой потере напряжения, а затем проверяют по нагреву и соответствию аппаратам защиты.

Порядок расчета:

Расчет по потере напряжения.

Активная $U_{ка}$ и реактивная $U_{кр}$ составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора, %:

$$U_{ка} = \frac{\Delta P_k}{S_{ит}} \cdot 100; \quad U_{кр} = \sqrt{U_k^2 - U_{ка}^2}, \quad (8.1)$$

где ΔP_k – потери короткого замыкания, кВт; $S_{ит}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А; U_k – напряжение короткого замыкания, %;

ΔP_k и U_k принять по таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Значения потерей короткого замыкания и напряжения короткого замыкания трансформаторной подстанции ТП 10/0,4 кВ [5]

Мощность трансформатора, кВ-А	160	250	400	630	1000	1600	2500
Потери короткого замыкания кВт	2,65	3,7	5,5	7,6	11,6	16,5	23,5
Напряжение короткого замыкания, %	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Потери напряжения в трансформаторе, %:

$$\Delta U = \beta_T (U_{ка} \cdot \cos \phi + U_{кр} \cdot \sin \phi), \quad (8.2)$$

где β_T – коэффициент загрузки трансформатора; $\cos \phi$ – коэффициент мощности нагрузки трансформатора.

Допустимое значение потери напряжения, %:

$$\Delta U_{доп} = U_x - U_{л} - \Delta U_T, \quad (8.3)$$

где $U_x = 105\%$ напряжение холостого хода на вторичной стороне трансформатора; $U_{л} = 95\%$ минимальное допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы.

Момент нагрузки участка сети, кВт/м:

$$M = P_{л} \cdot L. \quad (8.4)$$

Для групповой линии с рассредоточенной нагрузкой, м:

$$L = l_1 + l \frac{n-1}{2}, \quad (8.5)$$

где l_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника, м; n – фактическое число светильников в ряду.

При расчете разветвленной сети рассчитываем приведенный момент, кВт/м:

$$M_{пр} = \sum M + \sum a \cdot m, \quad (8.6)$$

где $\sum M$ – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом фаз линии, что и на данном участке, кВт·м;

Σm – сумма приведенных моментов участков с другим числом проводов, кВт·м;
 α – коэффициент приведения моментов, который принимается по справочной литературе [4]. В случае разветвленной линии можно рассчитать моменты нагрузки только по пути тока к электрически наиболее удаленной лампе.

Сечение проводников F рассчитываем по формуле мм²:

$$F = \frac{M_{\text{пр}}}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (8.7)$$

где C – коэффициент, зависящий от материала провода и напряжения сети, определяем по справочной литературе [4].

Полученное сечение округляем до большего значения и по [4, табл. 8.5–8.10] и выбираем стандартное сечение и допустимые токи для выбранного него.

Проверка по условию допустимого нагрева для однофазной трехпроводной сети, А:

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}}}{U_{\text{нф}} \cdot \cos \phi}. \quad (8.8)$$

Для трехфазной пятипроводной сети, А:

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}}}{3U_{\text{нф}} \cdot \cos \phi}, \quad (8.9)$$

где $U_{\text{нф}}$, – номинальное фазное напряжение сети, кВ; $\cos \phi$ – коэффициент мощности осветительной нагрузки.

Двухламповые люминесцентные светильники имеют $\cos \phi = 0,92$, одноламповые $\cos \phi = 0,9$. Светильники с газоразрядными лампами высокого давления $\cos \phi = 0,5$. Светильники с лампами накаливания имеют $\cos \phi = 1$.

Средневзвешенное значение $\cos \phi$:

$$\cos \phi = \frac{\sum_1^n \cos \phi_i \cdot P_{\text{pi}}}{\sum_1^n P_{\text{pi}}}, \quad (8.10)$$

где $\cos \phi$, – коэффициент мощности; $P_{\text{р}}$ – расчетная мощность; n – количество групповых линий.

При $I_{\text{доп}} > I/K_{\text{п}}$, то выбранный кабель удовлетворяет условию нагрева. Если нет, то увеличиваем площадь сечения

Расчет фактической потери напряжения, %:

$$\Delta U_n = \frac{M_n}{C \cdot F}. \quad (8.11)$$

Для последующего участка, %:

$$\Delta U'_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_n, \quad (8.12)$$

Расчет защиты осветительной сети [4]

Выбор аппаратов защиты:

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_p. \quad (8.13)$$

где $I_{\text{ном.р}}$ – номинальный ток срабатывания защитного аппарата, А;
 I_p – номинальный ток линии, А.

Для линий с ДРВЛ:

$$I_{\text{ном.р}} \geq 1,3 \cdot I_p. \quad (8.14)$$

Выбираем ближайшее большее значение номинального тока расцепителя автомата из справочной литературы [4]. Выбранные сечения проводников должны соответствовать их защитным аппаратам, что проверяется по условию:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{п}}}, \quad (8.15)$$

где K_3 – кратность длительно допустимого тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата;
 I_3 – номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата, А;
 $K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент на фактические условия прокладки. Соблюдая приведенную методику, в отчете, рассчитайте сечение проводов и подберите аппараты защиты.

Контрольные вопросы

1. Приведите последовательность расчета сечения проводов и кабелей.
2. Приведите последовательность выбора аппаратов защиты.
3. Дайте определение момента нагрузки.
4. В каком случае рассчитывают приведенный момент?

Практическая работа 9

Метод расчета наружного освещения

Цель работы: изучить методы расчета наружного освещения.

Таблица 9.1 – Исходные данные

Вариант	Ширина проезжей части, м	Высота установки светильников, м	Покрытие	Тип светильника	Нормируемая яркость покрытия, кд/м ²
1	4	8	Гладкое	НКУ 01-200	0,4
2	5	4	Шероховатое	РТУ01-125	0,5
3	6	9	Гладкое	РКУ01-125	0,6
4	8	9	Шероховатое	РКУ01-125	0,7
5	10	12	Гладкое	РКУ01-400	0,8
6	12	12	Шероховатое	РКУ01-400	0,9
7	14	12	Гладкое	РКУ01-250	0,4
8	6	8	Шероховатое	НКУ 01-200	0,5
9	8	4	Гладкое	РТУ01-125	0,6
10	10	10	Шероховатое	РКУ01-250	0,7

Краткие теоретические сведения [4, 5, 6]

Расчет наружного освещения заключается в определении расстояния между светильниками (шага светильников). Светотехнический расчет выполняется по методу коэффициента использования светового потока, по формуле находится световой поток необходимый для создания требуемой яркости покрытия, лм:

$$\Phi = \frac{L \cdot K_3 \cdot \pi}{\eta_L}, \quad (9.1)$$

где L – нормируемая яркость покрытия, кд/м²; K_3 – коэффициент запаса (принимается 1,3 – для ламп накаливания и 1,5 – для разрядных ламп); η_L – коэффициент использования светового потока (определяется по табл. 9.2) в зависимости от типа ламп, угла наклона светильника, характеристики покрытия, отношения ширины дороги к высоте к высоте установки светильников.

По рассчитанному световому потоку Φ и световому потоку, предварительно выбранных ламп, определяется расстояние между светильниками, м:

$$l = S/b, \quad (9.2)$$

где S – площадь, которую могут осветить лампы, м²; b – ширина проезда (улицы), м.

Для наружного освещения проездов, проходов промышленных предприятий, улиц и площадей при средней яркости покрытия $0,4 \dots 1,6$ кд/м², рекомендуется применять высокоэкономичные разрядные источники света высокого давления: ртутные лампы ДРЛ; натриевые лампы ДНаТ.

Ход работы

По предложенной выше методике выполнить расчет наружного освещения по варианту задания из таблицы 9.1.

Таблица 9.2 – Значение коэффициента использования светильников [6]

Тип светильника	Покрытие	Угол наклона светильника, град	Коэффициент использования светильников по яркости η_L при отношении ширины дороги к высоте установки светильника, b/h					
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
НКУ 01-200	Гладкое	15	0,034	0,049	0,056	0,061	0,065	0,066
РТУ01-125	Гладкое	0	0,023	0,038	0,043	0,045	0,048	0,049
РТУ01-125	Шероховатое	0	0,018	0,028	0,032	0,035	0,037	0,039
РТУ02-250	Гладкое	0	0,017	0,029	0,033	0,034	0,036	0,037
РТУ02-250	Шероховатое	0	0,012	0,018	0,022	0,024	0,026	0,027
РКУ01-125	Гладкое	15	0,041	0,063	0,075	0,082	0,085	0,086
РКУ01-250	Гладкое	15	0,046	0,070	0,078	0,083	0,086	0,087
РКУ01-250	Шероховатое	15	0,044	0,065	0,073	0,077	0,080	0,081
РКУ01-400	Гладкое	15	0,046	0,072	0,081	0,086	0,089	0,091
РКУ01-400	Шероховатое	15	0,041	0,062	0,070	0,075	0,078	0,079
ГКУ02-250	Гладкое	15	0,065	0,099	0,109	0,115	0,117	0,119
ГКУ02-250	Шероховатое	15	0,054	0,079	0,087	0,092	0,094	0,095
ГКУ02-400	Гладкое	15	0,060	0,093	0,105	0,111	0,115	0,117
ГКУ02-400	Шероховатое	15	0,051	0,074	0,083	0,088	0,091	0,093
ЖКУ02-250	Гладкое	15	0,064	0,098	0,109	0,114	0,118	0,120
ЖКУ02-250	Шероховатое	15	0,053	0,076	0,085	0,090	0,092	0,094
ЖКУ02-400	Гладкое	15	0,056	0,086	0,096	0,102	0,105	0,107
ЖКУ02-400	Шероховатое	15	0,045	0,070	0,079	0,084	0,086	0,88

Пример:

Выполнить расчет электрического освещения проезжей части территории промышленного предприятия с шероховатым покрытием. Определить шаг светильников типа РКУ01-250 с лампой ДРЛ-250.

Исходные данные: ширина проезжей части – 6 м, угол наклона светильников 15° , высота установки светильников 9 м, нормируемая яркость покрытия – $0,4$ кд/м².

Решение: Отношение ширины проезжей части к высоте установки светильников:

$$b/h = 6/9 = 0,66.$$

Определим коэффициент использования светового потока по таблице 9.1 и методом интерполяции находим $\eta_L = 0,044$.

Определим световой поток по формуле (9.1)

$$\Phi = \frac{0,4 \cdot 1,5 \cdot 3,14}{0,044} = 42,8 \text{ лм.}$$

Световой поток лампы ДРЛ-250 равен 13500 лм [4. табл.4.6]. Площадь, которую могут осветить одна лампа, равна:

$$S = 13000/42,8 = 304 \text{ м}^2. \quad (9.3)$$

Тогда шаг светильников равен:

$$l = 304/6 = 50 \text{ м.} \quad (9.4)$$

Контрольные вопросы

1. В чем основная задача расчета наружного освещения?
2. Какой коэффициент спроса у наружного освещения?
3. Какой КСС имеют светильники, применяемые для наружного освещения?
4. Какова задача расчета наружного освещения?

Практическая работа 10

Схемы местного, дистанционного и автоматического управления освещением

Цель работы: изучить схемы управления освещением.

Порядок выполнения работы [5, 6]

Изучить схемы управления внутренним и наружным электрическим освещением (рис. 10.1–10.3), описать один из режимов работы схем.

Ручное управление

Ручное управление электрическим освещением административных, общественных, жилых зданий производится выключателями общего назначения. Ручное управление в производственных помещениях осуществляется автоматическими выключателями, установленными в групповых щитках. Включение и отключение светильников производится рядами в зависимости от уровня естественной освещенности в помещении.

Дистанционное управление освещением

Для дистанционного управления электрическим освещением производственных цехов и участков, имеющих большие пролеты, применяются пульты управления, схема которого представлена на (рис. 10.1).

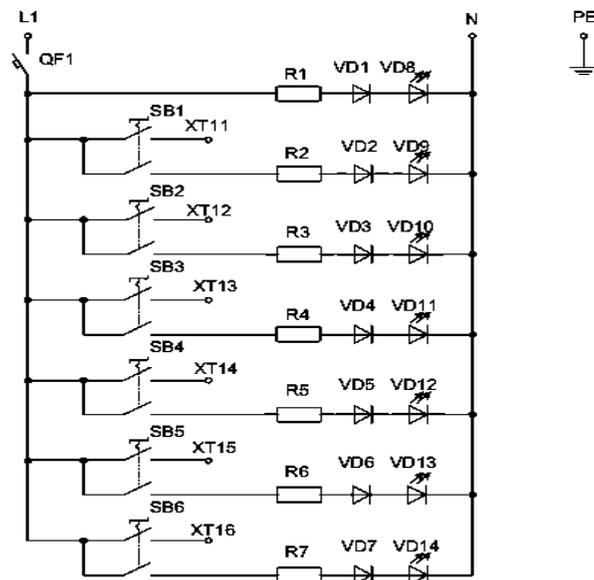


Рисунок 10.1 – Схема электрическая принципиальная пульта дистанционного управления

Пульты могут применяться совместно с осветительными щитками и могут управлять шестью трехфазными или однофазными линиями. Напряжение питания пульта управления 230 В переменного тока. Пульт имеет

изолированную нулевую N и связанную с корпусом защитную PE шины, что позволяет применять их в трех-пятипроводной системе электроснабжения. Пульт состоит из вводного автоматического выключателя QF1, шести выключателей с фиксированным положением типа «ТУМБЛЕР» и семи комплектов с сигнальной арматурой на светодиодных излучателях. Для дистанционного включения и выключения групповых линий освещения требуется дополнительно к пулту управления применить электромагнитные пускатели, которые своими главными контактами и будут производить включение или отключение групповых линий. Пульт управления может быть установлен в помещении диспетчера или в другом помещении с дежурным персоналом цеха или участка, а электромагнитные пускатели непосредственно у осветительного группового щитка. Работает схема следующим образом: включением автоматического выключателя QF1 (рис. 10.1) подается напряжение на цепи управления и сигнализации. При этом получает питание светодиодный излучатель VD8, сигнализируя о подаче напряжения «Напряжение ВКЛЮЧЕНО». При необходимости включения групповых линий включаются в ручном режиме выключатели (SB1–SB6) дежурным персоналом цеха. После чего включаются электромагнитные пускатели, которые включают групповые линии освещения. Катушки электромагнитных пускателей подключаются к выводам (XT11–XT16) пульта дистанционного управления. Отключение производится этими же выключателями (SB1–SB6). О включенном состоянии групповых линий освещения сигнализируют светодиодные излучатели (VD9–VD14) так как освещение производственных цехов и участков производится различными светильниками с мощными источниками света, то питание групповых линий осуществляется по трехфазной системе напряжения с чередованием подключения светильников по фазам (L1, L2, L3). В этом случае применяется схема включения двух пускателей на одну трехфазную групповую линию (рис. 10.2). Тогда электромагнитным пускателем KM1 производится управление светильниками, подключенными к фазам (L1 и L2), а пускателем KM2 – светильниками, подключенными к фазе (L3). При одновременном включении пускателей KM1 и KM2 включаются все светильники групповой линии. Это позволит более гибко управлять групповыми линиями освещения. Комбинация «включение – отключение» групповых линий в зависимости от уровня освещенности в помещении позволит существенно снизить электропотребление на электрическое освещение помещений производственных и других зданий.

Автоматическое управление

При включении пульта дистанционного управления совместно со светочувствительным автоматом (рис. 10.3) осуществляется автоматическое управление групповых линий внутреннего освещения в зависимости от уровня естественного и искусственного освещения производственных помещений.

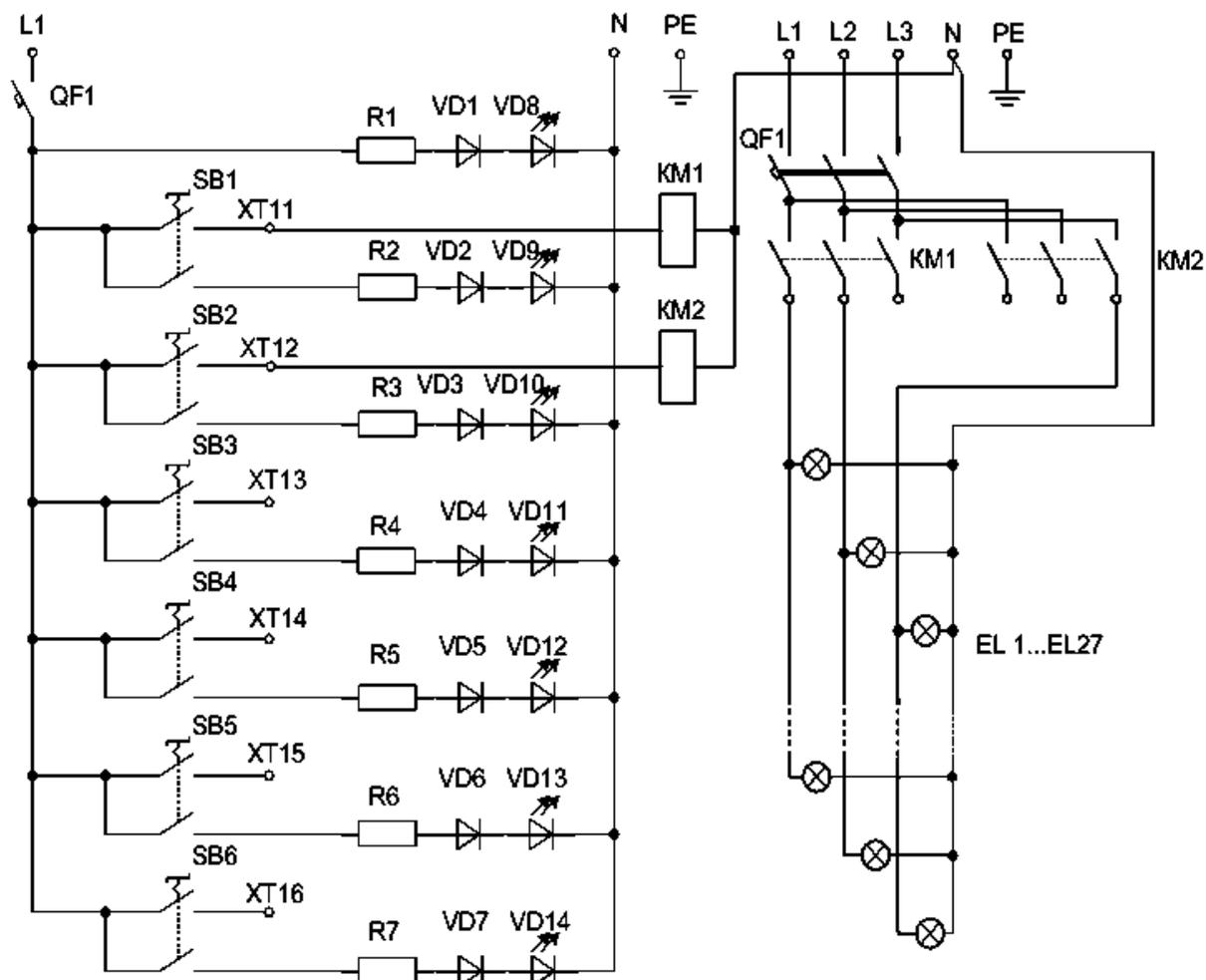


Рисунок 10.2 – Фрагмент схемы электрической принципиальной дистанционного управления с помощью электромагнитных пускателей

Технические данные сумеречного выключателя: – напряжение 230 В переменного тока 50 Гц; – пределы регулирования по каналу 1 = 150 лк, по каналу 2 = 150–7500 лк; номинальный ток контактов 10 А. Светочувствительный сумеречный выключатель имеет два независимых канала с двумя нормами регулируемой освещенности. Используется для подачи команд на включение – отключение освещения двух групп светильников, когда освещенность датчика достигает заданного порога

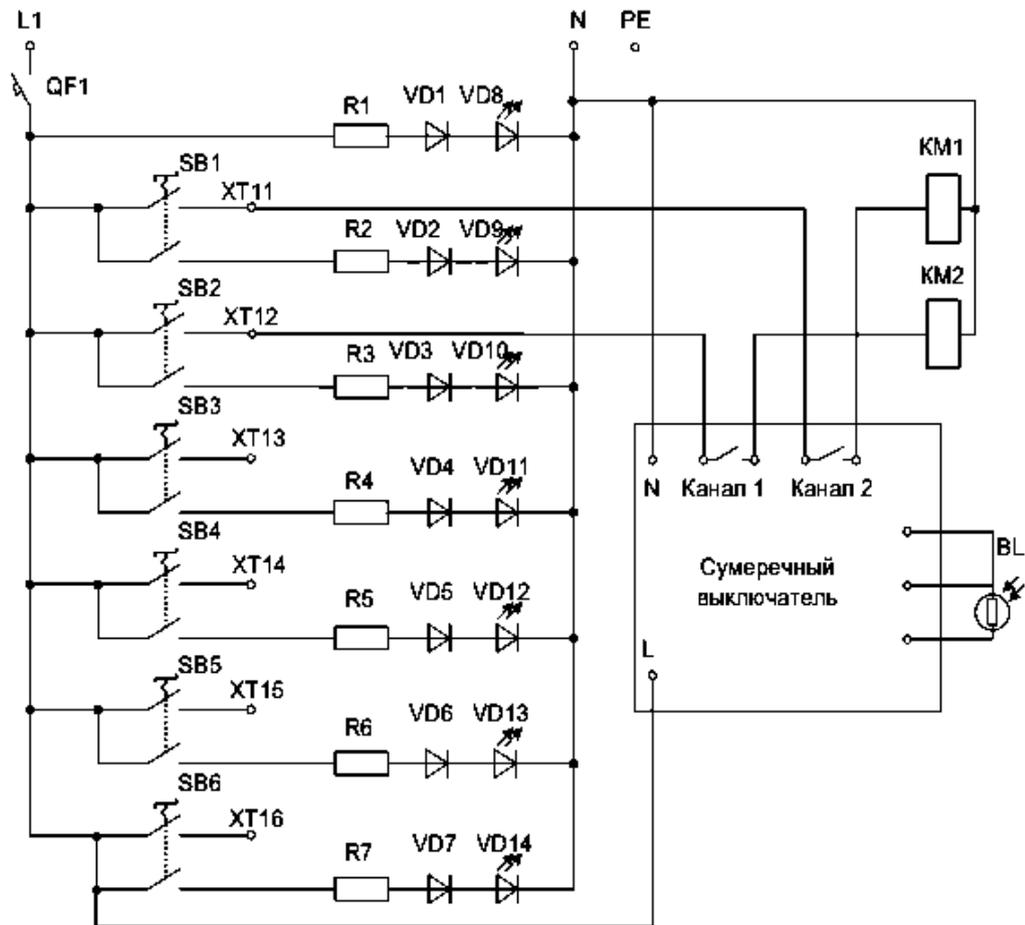


Рисунок 10.3 – Схема автоматического управления осветительной установкой внутреннего освещения

Контрольные вопросы

1. В чем смысл управления вечернего и ночного режимов работы уличного освещения?
2. Перечислите способы управления электрическим освещением применяемых в местах общественного пользования и производственных помещениях.
3. Кратко опишите работу управления электрическим освещением с регулированием светового потока.
4. Кратко опишите работу каскадного управления уличным освещением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оболенцев, Ю. Б. Электрическое освещение общепромышленных помещений / Ю. Б. Оболенцев, Э. Л. Гиндин. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
2. Кнорринг, Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Ленинград : Энергоиздат, 1981. – 288 с.
3. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, Ю. Б. Оболенцев, Р. И. Берим, В. М. Крючков; под ред. Г. М. Кнорринга. – Ленинград: Энергия, 1976. – 384 с.
4. Козловская, В.Б. Электрическое освещение : учебник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2011. – 543 с.
5. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний. Министерство энергетики Республики Беларусь: ТКП 339-2022. – Минск, 2022. – 600 с.
6. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы Республики Беларусь: СН 2.04.03-2020. – Введ. 24.03.2021 (с отменой ТКП 45-2.04-153-2009 (02250)). – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 86 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

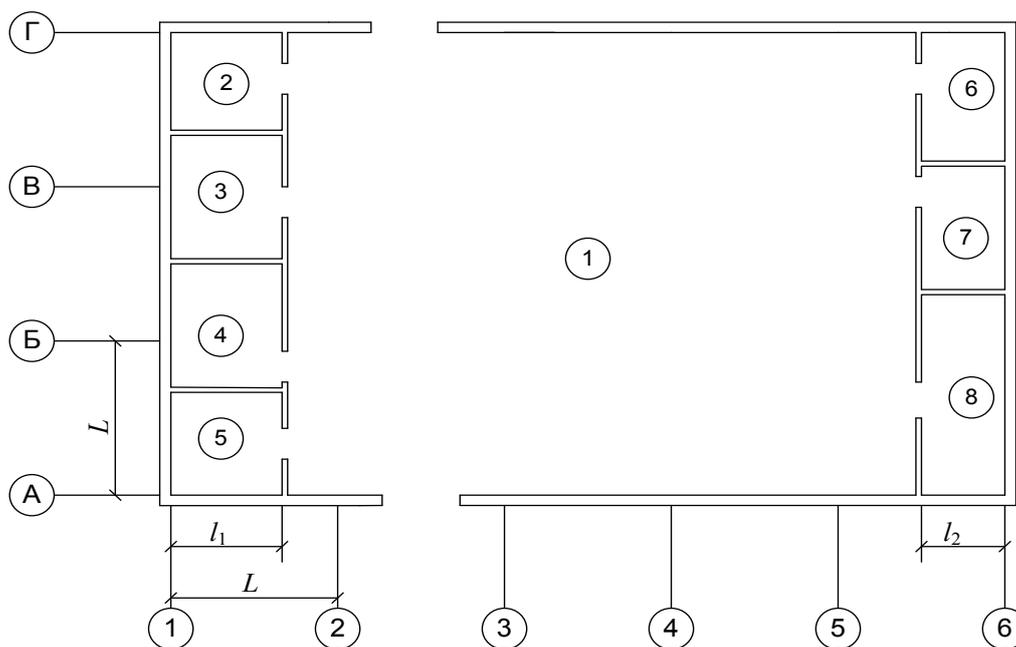


Рисунок А.1 – План помещений

Таблица А.1 – Геометрические размеры помещений

Вариант	Размеры, м			Высота, м		
	L , м	l_1 , м	l_2 , м	1	2, 3, 4, 5	6, 7, 8
1	6	4	3	7	3,0	3,3
2	6	5	4	6	3,3	3,0
3	6	6	4,5	6,6	2,9	2,9
4	6	5,5	4	7	3,2	3,2
5	6	4,5	4	7,6	3,5	4,0
6	6	5	4	9	3,2	3,2
7	6	4	3	7	3,0	3,3
8	6	5	4	9	3,5	3,2
9	6	6	3	7	3,0	3,3
10	6	4	3	7	3,0	3,3
11	6	5,5	4	7,6	3,0	3,3
12	6	4	4	7	3,0	3,3
13	6	6	4	6	3,2	3,4
14	6	3,6	5	7	3,0	3,3
15	6	5	4	7,0	3,3	3,2
16	6	4	3	7	3,0	3,3
17	6	5	4	7,0	3,2	3,6
18	6	3,8	4	7	3,0	3,3
19	6	5	3	7	3,0	3,3

Таблица А.2 –Наименование помещений

№	Вариант			
	1	2	3	4
1	Механический. цех	Компрессорная	Гараж	Швейный цех
2	РМЦ	Лаборатория	Кабинет	КТП
3	Электроцех	Венткамера	Столярный цех	Оператор
4	Кабинет	Кабинет	Лаборатория	Электроцех
5	Столярный цех	КТП	Оператор	Санузел
6	КТП	Санузел	Кабинет	Склад
7	Насосная	Кабинет	Электроцех	Лаборатория
8	Лаборатория	Оператор	КТП	Кладовая

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ СВЕТОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СТАНДАРТНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ

Таблица Б.1 – Относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного наблюдателя

Длина волны, нм	Дневное зрение	Ночное зрение	Длина волны, нм	Дневное зрение	Ночное зрение
380	0,00004	0,00059	580	0,8700	0,1212
385	0,00006		585	0,8163	
390	0,00012	0,00221	590	0,7570	0,0655
395	0,00022		595	0,6949	
400	0,00040	0,00929	600	0,6310	0,03315
405	0,00064		605	0,5668	
410	0,00120	0,03484	610	0,5030	0,01593
415	0,00218		615	0,4412	
420	0,00400	0,0966	620	0,3810	0,00787
425	0,00726		625	0,3210	
430	0,0116	0,1998	630	0,2650	0,00334
435	0,0168		635	0,2170	
440	0,0230	0,3281	640	0,1750	0,00149
445	0,0298		645	0,1382	
450	0,0380	0,455	650	0,1070	0,00068
455	0,0480		655	0,0816	
460	0,0600	0,567	660	0,0610	0,00031
465	0,0739		665	0,0446	
470	0,0910	0,676	670	0,0320	0,00015
475	0,1126		675	0,0232	
480	0,1390	0,793	680	0,0170	0,00007
485	0,1693		685	0,0119	
490	0,2080	0,904	690	0,00820	0,000035
495	0,2586		695	0,00573	
500	0,3230	0,982	700	0,00410	0,000018
505	0,4073		705	0,00291	
510	0,5030	0,997	710	0,00210	0,000009
515	0,6083		715	0,00148	
520	0,7100	0,935	720	0,00105	0,000005
525	0,7932		725	0,00074	
530	0,8620	0,811	730	0,00052	0,000002
535	0,9149		735	0,00036	
540	0,9540	0,650	740	0,00025	0,000001
545	0,9803		745	0,00017	
550	0,9950	0,481	750	0,00012	–
555	1,000		755	0,00008	
560	0,9950	0,3288	760	0,00006	–
565	0,9786		765	0,00004	
570	0,9520	0,2076	770	0,00003	–
575	0,9154		780	0,000015	

Учебное издание

Электрическое освещение

Методические указания
по выполнению практических работ

Составители:
Столяренко Владимир Ильич
Гусаров Алексей Михайлович

Редактор Р. А. Никифорова
Корректор А.С. Прокопюк
Компьютерная верстка *В.И. Столяренко*

Подписано к печати 14.06.2024. Формат 60x90^{1/16}. Усл. печ. листов 2,7.
Уч.-изд. листов 3,4. Тираж 30 экз. Заказ № 153.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.