

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна
Должность: Проректор по УР и НО
Дата подписания: 21.09.2023 17:13:41
Уникальный программный ключ:
bb52f959411e64617366af2977b97e87139b1a7d



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

АВИАЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

Методические указания по практической работе
по междисциплинарному курсу МДК.03.03 Проектирование осветительных
сетей ПМ 03.

Организация и выполнение работ по монтажу, наладке и эксплуатации
электрических сетей
для обучающихся специальности

08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
промышленных и гражданских зданий

Ростов-на-Дону

2023

Разработчик:

Преподаватель высшей категории _____ Н.И.Захаренко

«31» августа 2023 г.

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Протокол № _____ от «31» августа 2023 г.

Председатель цикловой комиссии

_____ Р.А.Ахмедов

«31» августа 2023 г.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся по специальности 08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Практическое занятие №1. Размещение светильников на плане</u>	4
.	
<u>Практическое занятие №2. Расчет системы освещения методом коэффициента использования светового потока</u>	10
.	
<u>Практическое занятие №3. Расчет системы освещения методом удельной мощности</u>	14
.	
<u>Практическое занятие №4. Расчет системы освещения точечным методом</u>	17
.	
<u>Практическое занятие №5. Расчет электрической сети освещения</u>	22
.	
<u>Практическое занятие №6. Расчет нагрузок осветительных сетей</u>	29
.	
<u>Приложения</u>	35
.	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Тема: Выполнение электрической осветительной сети.

Наименование работы: Размещение светильников на плане.

Цель занятия: научиться производить размещение светильников на плане помещения исходя из его конструктивных особенностей.

Приобретаемые умения и навыки: умение производить расчёты, необходимые для размещения светильников на плане, навыки использования графического редактора для построения схем расположения светильников, навыки работы с технической и справочной литературой.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: методическое пособие, справочные материалы.

Список использованных источников:

Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. – с. 13–14. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-00091-652-0. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1224468>

Задание 1

Освещение механического цеха выполнено люминесцентными лампами в светильниках ЛСП 02, расположенными в виде светящихся линий. Размеры цеха: $A \times B \times H$, м (таблица 1). Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м (по СНиП). Расстояние светильника от перекрытия (высота свеса) h_c , м (таблица 1). Определить число рядов светильников и изобразить схему их размещения.

Таблица 1 – Исходные данные к заданию 1

Вариант	Длина цеха А, м	Ширина цеха В, м	Высота цеха Н, м	Высота свеса h_c , м	Вариант	Длина цеха А, м	Ширина цеха В, м	Высота цеха Н, м	Высота свеса h_c , м
1	40	20	3,5	0,4	13	42	30	5,5	0,4
2	42	22	4,0	0,5	14	44	32	6,0	0,5
3	44	24	4,5	0,6	15	46	20	6,5	0,6
4	46	26	5,0	0,7	16	48	22	7,0	0,7
5	48	28	5,5	0,8	17	50	24	3,5	0,8

6	50	30	6,0	0,9	18	52	26	4,0	0,9
7	52	32	6,5	0,4	19	54	28	4,5	0,4
8	54	20	7,0	0,5	20	56	30	5,0	0,5
9	56	22	3,5	0,6	21	58	32	5,5	0,6
10	58	24	4,0	0,7	22	60	20	6,0	0,7
11	60	26	4,5	0,8	23	40	22	6,5	0,8
12	40	28	5,0	0,9	24	42	24	7,0	0,9

Пример выполнения задания 1

Исходные данные: Размеры цеха: $A \times B \times H = 48 \times 24 \times 6$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м. Расстояние светильника от перекрытия (высота свеса) $h_c = 0,5$ м.

Решение

Размещаются светильники по высоте помещения (рисунок 1).

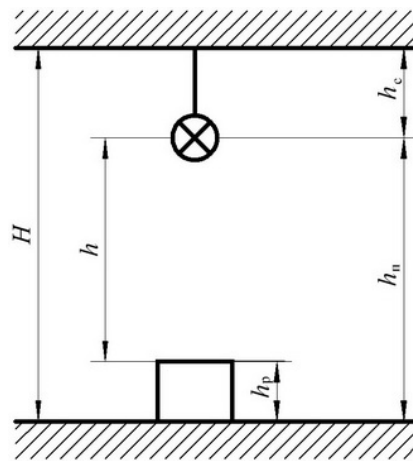


Рисунок 1 – Размещение светильников по высоте помещения

1. Расчётная высота светильника:

$$h = H - h_c - h_p; \quad (1)$$

$$h = 6 - 0,5 - 0,8 = 4,7 \text{ м.}$$

2. Расстояние между рядами светильников:

$$L_B = \lambda_c \cdot h, \quad (2)$$

где λ_c – светотехнически наиболее выгодное относительное расстояние между светильниками (приложение 1), $\lambda_c = 1,4$ для светильников с косинусным светораспределением. Согласно паспортным данным, светильник ЛСП 02 имеет косинусную кривую светораспределения (КСС).

$$L_B = 1,4 \cdot 4,7 = 6,58 \text{ м.}$$

Окончательно принимается значение $L_B = 6,5$ м.

3. Число рядов светильников при их расположении параллельно длинной стене цеха:

$$n_p = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1, \quad (3)$$

где l_B – расстояние крайних рядов светильников от стены.

В зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест принимается $l_B = (0,3 \div 0,5) L_B$.

Тогда число рядов светильников будет определяться по формуле:

$$n_p = \frac{B - 2 \cdot (0,3 \div 0,5)L_B}{L_B} + 1 \quad (4)$$

$$n_p = \frac{24 - 2 \cdot (0,3 \div 0,5)6,5}{6,5} + 1 = \left[\frac{24 - 2 \cdot 0,3 \cdot 6,5}{6,5} \right] \div \left[\frac{24 - 2 \cdot 0,5 \cdot 6,5}{6,5} \right] = 4,092 \div 3,692$$

Принимается $n_p = 4$.

Тогда расстояние крайних рядов светильников от стены равно:

$$l_B = \frac{B - L_B(n_p - 1)}{2} ; \quad (5)$$

$$l_B = \frac{24 - 6,5 \cdot (4 - 1)}{2} = 2,25 \text{ м}$$

Отношение l_B к L_B находится в диапазоне $(0,3 \div 0,5)$, что удовлетворяет принятым условиям. Схема расположения светильников с учётом результатов расчета задания 1 показана на рисунке 2.

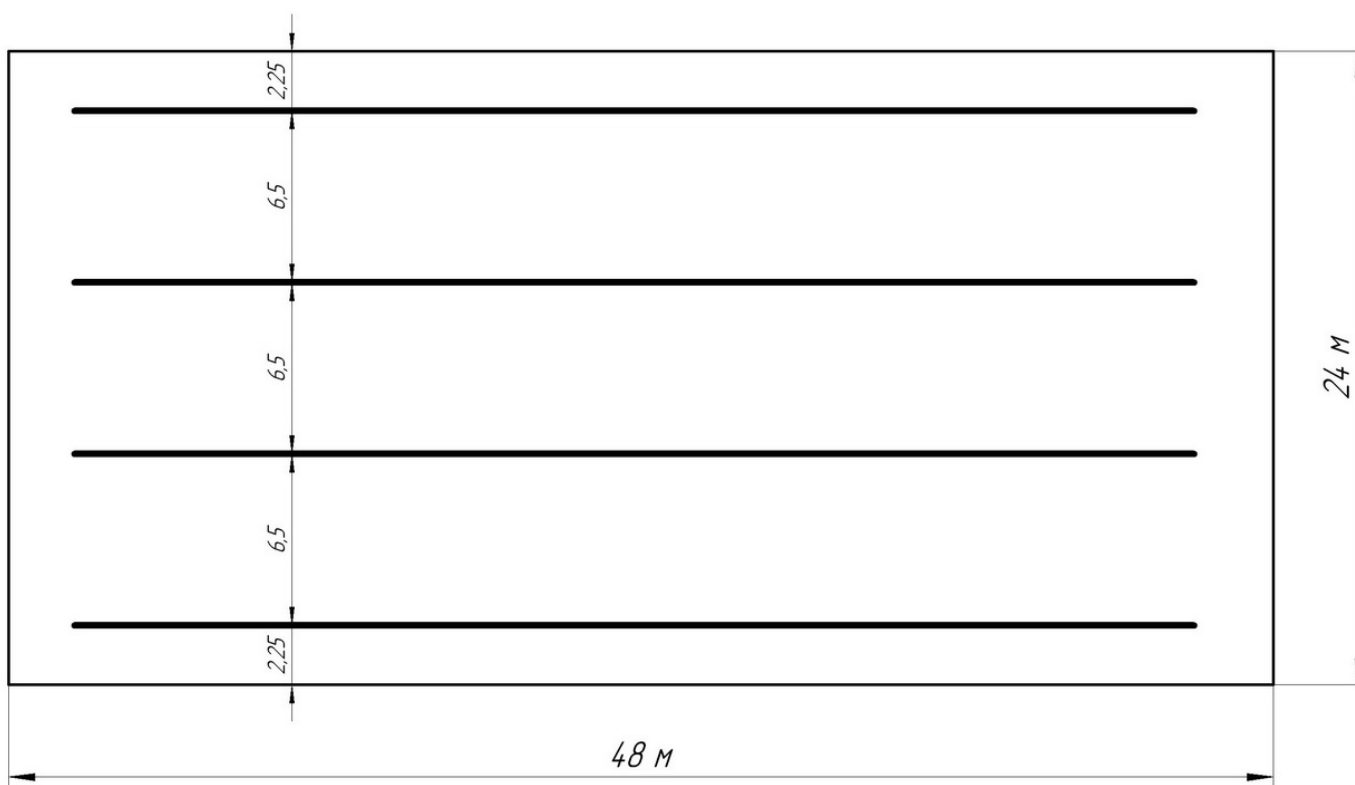


Рисунок 2 – Схема расположения светильников задания 1

Задание 2

Инструментальный цех освещается лампами высокого давления в светильниках РСП 05 с КСС типа Г. Размеры цеха $A \times B \times H$, м (таблица 2). Наметьте размещение светильников в цехе при значениях высоты рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м и высоты свеса h_c , м (таблица 2).

Таблица 2 – Исходные данные к заданию 2

Вариант	Длина цеха А, м	Ширина цеха В, м	Высота цеха Н, м	Высота свеса h_c , м	Вариант	Длина цеха А, м	Ширина цеха В, м	Высота цеха Н, м	Высота свеса h_c , м
1	50	24	9,0	0,6	13	50	32	11,5	0,9
2	52	26	9,5	0,7	14	52	34	12,0	1,0
3	54	28	10,0	0,8	15	54	36	9,0	1,1
4	56	30	10,5	0,9	16	56	38	9,5	1,2
5	58	32	11,0	1,0	17	58	24	10,0	1,3
6	60	34	11,5	1,1	18	60	26	10,5	1,4
7	62	36	12,0	1,2	19	62	28	11,0	0,6
8	64	38	9,0	1,3	20	64	30	11,5	0,7
9	66	24	9,5	1,4	21	66	32	12,0	0,8
10	68	26	10,0	0,6	22	68	34	9,0	0,9
11	70	28	10,5	0,7	23	70	36	9,5	1,0
12	72	30	11,0	0,8	24	72	38	10,0	1,1

Пример выполнения задания 2

Исходные данные: Размеры цеха: $A \times B \times H = 60 \times 30 \times 10$ м. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м. Высота свеса $h_c = 1,2$ м. Тип КСС светильника – «Г».

Решение

1. Расчетная высота светильника:

$$h = H - h_c - h_p = 10 - 1,2 - 0,8 = 8 \text{ м.}$$

2. Выбирая по приложению 1 значение $\lambda_3 = 1$ для светильника с глубокой КСС, определяется расстояние между светильниками в ряду, расположенным параллельно длинной стороне цеха:

$$L_A = \lambda_3 \cdot h, \tag{6}$$

$$\underline{L_A = 1 \cdot 8 = 8 \text{ м.}}$$

3. Число светильников в ряду:

$$N' = \frac{A - 2l_A}{L_A} + 1 = \frac{A - 2 \cdot (0,3 \div 0,5) \cdot L_A}{L_A} + 1, \tag{7}$$

где l_A – расстояние от крайнего светильника до стены, м

$$N' = \frac{60 - 2 \cdot (0,3 \div 0,5) \cdot 8}{8} + 1 = \left[\frac{60 - 2 \cdot 0,5 \cdot 8}{8} + 1 \right] \div \left[\frac{60 - 2 \cdot 0,3 \cdot 8}{8} + 1 \right] = 7,5 \div 7,9$$

Принимается $N' = 8$.

4. Определяется расстояние от крайнего светильника до стены:

$$l_A = \frac{A - (N' - 1) \cdot L_A}{2}; \tag{8}$$

$$l_A = \frac{60 - (8 - 1) \cdot 8}{2} = 2 \text{ м.}$$

5. Число рядов светильников:

а) При расположении светильников по вершинам квадратных световых полей выполняется равенство:

$$L_A = L_B = 8 \text{ м.}$$

Тогда число рядов светильников:

$$n_p = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1 = \frac{B - 2 \cdot (0,3 \div 0,5)L_B}{L_B} + 1 = \frac{B - (0,6 \div 1,0)L_B}{L_B} + 1; \quad (9)$$

$$n_p = \frac{30 - (0,6 \div 1,0) \cdot 8}{8} + 1 = \left[\frac{30 - 1,0 \cdot 8}{8} + 1 \right] \div \left[\frac{30 - 1,0 \cdot 8}{8} + 1 \right] = 3,75 \div 4,15$$

Выбирается $n_p = 4$ и определяем число светильников в цехе:

$$N = n_p \cdot N'; \quad (10)$$

$$N = 4 \cdot 8 = 32.$$

Уточняется значение расстояния крайних рядов светильников от стены l_B для выбранного числа рядов светильников:

$$l_B = \frac{B - L_B(n_p - 1)}{2} = \frac{30 - 8 \cdot (4 - 1)}{2} = 3 \text{ м}$$

Проверяется отношение l_B / L_B :

$$l_B / L_B = 3/8 = 0,375,$$

что удовлетворяет условию:

$$l_B = (0,3 \div 0,5)L_B.$$

Схема расположения светильников для данного случая приведена на рисунке 3.

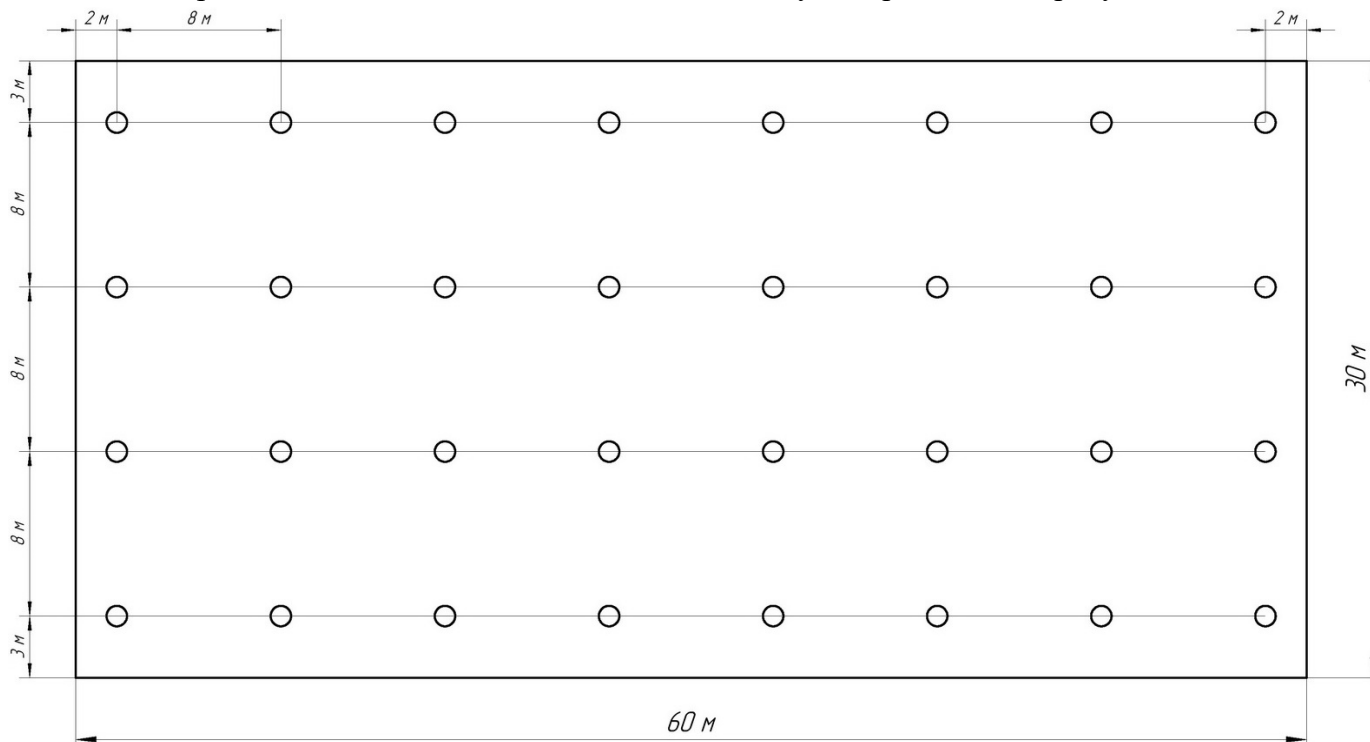


Рисунок 3 – Схема расположения светильников задания 2 для квадратных световых полей

б) При расположении светильников по вершинам прямоугольных полей значение L_B выбирается из условия:

$$L_A/L_B \leq 1,5 \text{ или } L_A/1,5 \leq L_B \leq L_A. \quad (11)$$

Тогда:

$$8/1,5 \leq L_B \leq 8;$$

$$5,33 \leq L_B \leq 8$$

Выбирается значение $L_B = 6$ м и рассчитывается число рядов светильников:

$$n_p = \frac{B - (0,6 \div 1,0)L_B}{L_B} + 1 = \frac{30 - (0,6 \div 1,0)6}{6} + 1 = \left[\frac{30 - 1,0 \cdot 6}{6} + 1 \right] \div \left[\frac{30 - 0,6 \cdot 6}{6} + 1 \right] = 5 \div 5,4$$

Принимая значение $n_p = 5$, определяется число светильников в цехе:

$$N = n_p \cdot N' = 5 \cdot 8 = 40.$$

При этом значение l_B определяется, как и в предыдущем случае:

$$l_B = \frac{B - L_B(n_p - 1)}{2} = \frac{30 - 6 \cdot (5 - 1)}{2} = 3 \text{ м}$$

Схема расположения светильников для данного случая приведена на рисунке 4.

Окончательный выбор схемы расположения светильников производится после расчёта наименьшей освещенности в контрольных точках цеха и определения значения коэффициента неравномерности (под наименьшей понимается величина нормируемой освещенности для конкретного типа производства в соответствии со СНиП 23-05 95).

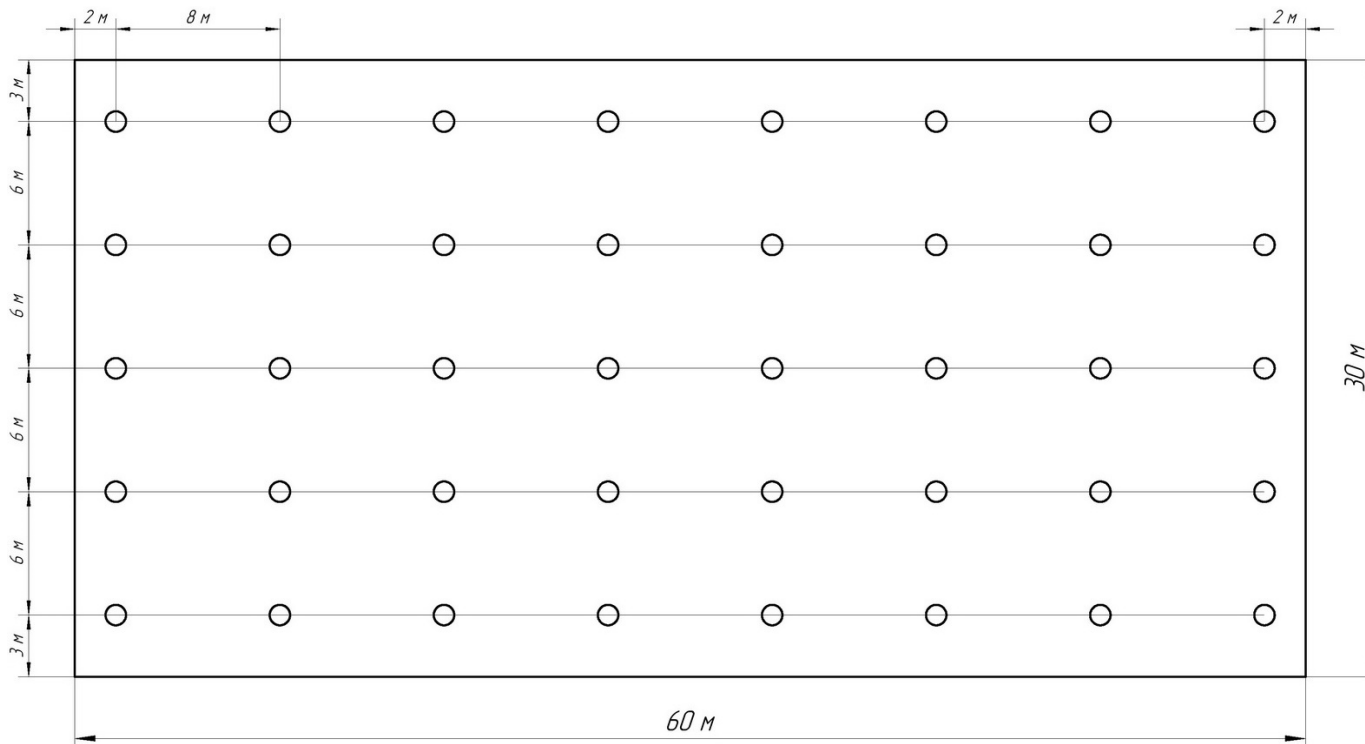


Рисунок 4 – Схема расположения светильников задания 2 для прямоугольных световых полей

Задание для отчёта:

1. Тема.
2. Наименование работы.

3. Цель занятия.
4. Приобретаемые умения и навыки.
5. Задания, исходные данные согласно варианту, выполнение заданий.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Тема: Расчет электрической осветительной сети.

Наименование работы: Расчет системы освещения методом коэффициента использования светового потока.

Цель занятия: научиться производить расчёт системы освещения методом коэффициента использования светового потока исходя из требований к освещённости и особенностей помещения.

Приобретаемые умения и навыки: умение производить расчёты, необходимые для определения необходимого светового потока источников света, навыки работы с технической и справочной литературой.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: методическое пособие, справочные материалы.

Список использованных источников:

Баев, В. И. Светотехника: практикум по электрическому освещению и облучению: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. И. Баев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – с. 28–29. – (Профессиональное

Задание 1

Выполнить светотехнический расчет осветительной установки помещения по данным задания 1 практического занятия №1 методом коэффициента использования светового потока. Значения нормируемой освещённости E_n , лк, а также коэффициентов отражения потолка ρ_n , стен ρ_c и пола ρ_p приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к заданиям

Вариант	Нормируемая освещённость E_n , лк	Коэффициенты отражения			Вариант	Нормируемая освещённость E_n , лк	Коэффициенты отражения		
		потолок а ρ_n	сте н ρ_c	пол а ρ_p			потолок а ρ_n	сте н ρ_c	пол а ρ_p
1	100	70	50	30	13	300	70	50	30
2	200	70	50	10	14	400	70	50	10
3	300	50	30	10	15	500	50	30	10
4	400	30	10	10	16	100	30	10	10
5	500	70	50	30	17	200	70	50	30
6	100	70	50	10	18	300	70	50	10
7	200	50	30	10	19	400	50	30	10
8	300	30	10	10	20	500	30	10	10
9	400	70	50	30	21	100	70	50	30
10	500	70	50	10	22	200	70	50	10
11	100	50	30	10	23	300	50	30	10
12	200	30	10	10	24	400	30	10	10

Пример выполнения задания 1

Исходные данные: Размеры цеха: $A \times B = 48 \times 24$ м. Расчётная высота $h = 4,7$ м. Нормируемая освещённость $E_n = 300$ лк. Коэффициенты отражения: $\rho_n = 70$, $\rho_c = 30$, $\rho_p = 10$.

Решение

1. В качестве источника света выбирается лампа ЛБ-80 с номинальным световым потоком $\Phi_{л}=5200$ лк (приложение 2), в светильнике ЛСП 02
2. Определяется индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (1)$$

где A – длина помещения, $A = 48$ м;
 B – ширина помещения, $B = 24$ м;
 h – расчётная высота, $h = 4,7$ м.

$$i = \frac{48 \cdot 24}{4,7 \cdot (48 + 24)} = 3,4$$

3. Определяется коэффициент использования светового потока η (приложение 4) по следующим данным:

– тип кривой силы света (КСС) – косинусная «Д-1» (для светильников типа ЛСП 02);

– коэффициенты отражения $\rho_{\text{п}} = 0,7$; $\rho_{\text{с}} = 0,3$; $\rho_{\text{р}} = 0,1$ (приложение 3);

– индекс помещения $i = 3,4$.

Для конкретного значения i , находящегося в промежутке между $i_{\text{н}} = 3$ и $i_{\text{в}} = 5$, определение точного значения η , находящегося в промежутке между $\eta_{\text{н}} = 68\%$ и $\eta_{\text{в}} = 74\%$ производится путём интерполяции:

$$\eta = \eta_{\text{н}} + \frac{(\eta_{\text{в}} - \eta_{\text{н}})(i - i_{\text{н}})}{i_{\text{в}} - i_{\text{н}}};$$

$$\eta = 68 + \frac{(74 - 68)(3,4 - 3)}{5 - 3} = 69,2\% \approx 0,69$$

4. Определяется световой поток одного ряда ламп:

$$\Phi_{\text{р}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_{\text{зап}} \cdot Z}{n_{\text{р}} \cdot \eta},$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемая освещённость, $E_{\text{н}} = 300$ лк;

S – площадь освещаемой поверхности помещения, м^2 ;

$k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, $k_{\text{зап}} = 1,5$ (приложение 5);

Z – коэффициент неравномерности электроосвещения, для люминесцентных ламп $Z = 1,1$;

$n_{\text{р}}$ – число рядов светильников, $n_{\text{р}} = 4$ (по расчётным данным задания 1 практического занятия №1).

$$S = A \cdot B;$$

$$S = 48 \cdot 24 = 1152 \text{ м}^2;$$

$$\Phi_{\text{р}} = \frac{300 \cdot 1152 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,69} = 206608,7 \text{ лм.}$$

5. Определяется число светильников в ряду (каждый светильник с двумя лампами):

$$N_{\text{с.л}} = \frac{\Phi_{\text{р}}}{2\Phi_{\text{л}}};$$

$$N_{\text{с.л}} = \frac{206608,7}{2 \cdot 5200} = 19,86;$$

Принимается $N_{\text{с.л.}} = 20$, тогда при длине светильника ЛСП 02 $l_{\text{св.}} = 1,534$ м суммарная длина светильников в ряду составит:

$$L_{\text{св}} = l_{\text{св.}} \cdot N_{\text{с.л.}};$$

$$L_{\text{св}} = 1,534 \cdot 20 = 30,68 \text{ м} < 48 \text{ м.}$$

При расположении светильников в ряд суммарный разрыв между светильниками составит:

$$\sum L_{\text{А}} = A - L_{\text{св.}};$$

$$\sum L_{\text{А}} = 48 - 30,68 = 17,32 \text{ м.}$$

Тогда расстояние между соседними светильниками в ряду составит:

$$L_A = \frac{\sum L_A}{N_{с.л} + 1}; \quad (8)$$

$$L_A = \frac{17,32}{20+1} = 0,82 \text{ м.}$$

Проверяется выполнение условия:

$$L_A \leq 0,5 \cdot h; \quad (9)$$

$$0,82 \leq 0,5 \cdot 4,7 = 2,35 \text{ м.}$$

При полученном соотношении между L_A и $h/2$ ряд светильников можно считать сплошным (сплошная светящая линия).

Задание 2

Выполнить светотехнический расчет осветительной установки инструментального цеха по данным задания 2 практического занятия №1 методом коэффициента использования светового потока. Исходные данные к заданию приведены в таблице 1.

Пример выполнения задания 2

Исходные данные: Размеры цеха: $A \times B = 60 \times 30$ м. Расчётная высота $h = 8$ м. Нормируемая освещённость $E_n = 300$ лк. Коэффициенты отражения: $\rho_n = 70$, $\rho_c = 50$, $\rho_p = 10$.

Решение

1. Определяется индекс помещения по формуле (1):

$$i = \frac{60 \cdot 30}{8 \cdot (60 + 30)} = 2,5$$

2. По данным приложения 4 для найденного значения i и заданных коэффициентов ρ_n , ρ_c , ρ_p определяется значение η по формуле (2) (для светильника РСП 05 с КСС типа «Г»):

$$i_n = 2; i_b = 3; \eta_n = 82\%; \eta_b = 89\%;$$

$$\eta = \eta_n + \frac{(\eta_b - \eta_n)(i - i_n)}{i_b - i_n} = 82 + \frac{(89 - 82)(2,5 - 2)}{3 - 2} = 85,5\% = 0,86$$

3. При $E_n = 300$ лк и $k_{зап} = 1,5$ (приложение 5) определяется расчётное значение светового потока одной лампы (светильники расположены по вершинам прямоугольных полей):

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot S \cdot k_{зап} \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (10)$$

где N – число ламп в осветительной установке, $N = 40$.

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 60 \cdot 30 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{40 \cdot 0,86} = 27078,5 \text{ лм.}$$

4. По результатам расчета по данным приложения 2 выбирается лампа типа MASTER SON PIA мощностью 250 Вт с номинальным световым потоком $\Phi_n = 30000$ лм фирмы Philips.

5. Проверяется выполнение условия:

$$0,9 \cdot \Phi_p \leq \Phi_l \leq 1,2 \cdot \Phi_p; \quad (11)$$

$$0,9 \cdot 27078,5 \leq 30000 \leq 1,2 \cdot 27078,5;$$

$$24370,6 \leq 30000 \leq 32494,2 \text{ лм.}$$

Условие выполняется.

6. Определяется установленная мощность:

$$P_y = N \cdot P_l, \quad (12)$$

где P_l – мощность лампы, $P_l = 250$ Вт.

$$P_y = 40 \cdot 250 = 10000 \text{ Вт.}$$

Задание для отчёта:

1. Тема.
2. Наименование работы.
3. Цель занятия.
4. Приобретаемые умения и навыки.
5. Задания, исходные данные согласно варианту, выполнение заданий.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Тема: Расчет электрической осветительной сети.

Наименование работы: Расчет системы освещения методом удельной мощности.

Цель занятия: научиться производить расчёт системы освещения методом удельной мощности исходя из требований к освещённости и особенностей помещения.

Приобретаемые умения и навыки: умение производить расчёты, необходимые для определения необходимого светового потока источников света, навыки работы с технической и справочной литературой.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: методическое пособие, справочные материалы.

Список использованных источников:

Баев, В. И. Светотехника: практикум по электрическому освещению и облучению: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. И. Баев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – с. 29–30. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-13976-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/514039>

Задание

Методом удельной мощности рассчитать мощность источников света осветительной установки помещения размерами $A \times B \times H$, м с коэффициентами отражения потолка $\rho_{\text{п}}$, стен $\rho_{\text{с}}$ и пола $\rho_{\text{р}}$. Высота рабочей поверхности $h_{\text{р}} = 0,8$ м. Высоту свеса принять $h_{\text{с}} = 0,4$ м. В помещении предполагается установить светильники типа ЛСП02-2×40-10 (КСС типа Д-3, коэффициент полезного действия (КПД) $\eta_{\text{св}} = 60\% = 0,6$) с люминесцентными лампами типа ЛБ. Определить число светильников, необходимых для создания нормируемой освещённости $E_{\text{н}}$, лк при коэффициенте запаса $k_{\text{зап}}$ и коэффициенте неравномерности $Z = 1,1$. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к заданию

Вариант	Размеры помещения			Нормируемая освещённость $E_{\text{н}}$, лк	Коэффициент запаса $k_{\text{зап}}$	Коэффициенты отражения		
	Длина А, м	Ширина В, м	Высота Н, м			потолка $\rho_{\text{п}}$	стен $\rho_{\text{с}}$	пола $\rho_{\text{р}}$
1	10	6	3,5	50	1,2	0,7	0,5	0,1
2	12	8	4,0	75	1,3	0,5	0,3	0,1
3	14	10	4,5	150	1,5	0,7	0,5	0,1

4	16	12	5,0	200	1,6	0,5	0,3	0,1
5	18	14	5,5	250	1,8	0,7	0,5	0,1
6	20	16	6,0	300	1,2	0,5	0,3	0,1
7	22	18	6,5	500	1,3	0,7	0,5	0,1
8	24	20	3,5	50	1,5	0,5	0,3	0,1
9	26	22	4,0	75	1,6	0,7	0,5	0,1

Продолжение таблицы 1

Вариант	Размеры помещения			Нормируемая освещённость E_n , лк	Коэффициент запаса $k_{зап}$	Коэффициенты отражения		
	Длина А, м	Ширина В, м	Высота Н, м			потолка ρ_n	стен ρ_c	пола ρ_p
10	28	24	4,5	150	1,8	0,5	0,3	0,1
11	30	26	5,0	200	1,2	0,7	0,5	0,1
12	10	4	5,5	250	1,3	0,5	0,3	0,1
13	12	6	6,0	300	1,5	0,7	0,5	0,1
14	14	6	6,5	500	1,6	0,5	0,3	0,1
15	16	8	3,5	50	1,8	0,7	0,5	0,1
16	18	12	4,0	75	1,2	0,5	0,3	0,1
17	20	14	4,5	150	1,3	0,7	0,5	0,1
18	22	16	5,0	200	1,5	0,5	0,3	0,1
19	24	18	5,5	250	1,6	0,7	0,5	0,1
20	26	20	6,0	300	1,8	0,5	0,3	0,1
21	28	22	6,5	500	1,2	0,7	0,5	0,1
22	30	24	3,5	50	1,3	0,5	0,3	0,1
23	10	8	4,0	75	1,5	0,7	0,5	0,1
24	12	10	4,5	150	1,6	0,5	0,3	0,1

Пример выполнения задания

Исходные данные: Размеры помещения: $A \times B \times H = 16 \times 10 \times 4,4$ м. Коэффициенты отражения: $\rho_n = 0,5$, $\rho_c = 0,3$, $\rho_p = 0,1$. Высота рабочей поверхности $h_p = 0,8$ м. Высота свеса $h_c = 0,4$ м. Тип светильника – ЛСП02-2×40-10 с КСС Д-3 с люминесцентными лампами типа ЛБ. КПД светильника $\eta_{св} = 0,6$. Нормируемая освещённость $E_n = 300$ лк. Коэффициент запаса $k_{зап} = 1,8$.

Решение

1. Расчётная высота светильника:

$$h = H - h_c - h_p; \quad (1)$$

$$h = 4,4 - 0,4 - 0,8 = 3,2 \text{ м.}$$

2. Площадь помещения:

$$S = A \cdot B; \quad (2)$$

$$S = 16 \cdot 10 = 160 \text{ м}^2.$$

3. По приложению 6 находится удельная мощность $P_{уд(табл)}$ при освещённости $E_{табл} = 100$ лк, условном КПД светильника $\eta_{св(табл)}=100\%$, коэффициенте запаса $k_{зап(табл)} = 1,5$ и коэффициенте неравномерности $Z = 1,1$. Для расчётной высоты h в диапазоне от 3 до 4 м, площади помещения от 120 до 300 м², типа КСС светильника Д-3 при коэффициентах отражения $\rho_n = 0,5$, $\rho_c = 0,3$, $\rho_p = 0,1$ удельная мощность равна:

$$P_{уд(табл)} = 2,9 \text{ Вт/м}^2.$$

4. Пропорциональным пересчётом определяется значение удельной мощности, соответствующее заданным значениям освещённости E_n , КПД светильника $\eta_{св}$ и коэффициента запаса $k_{зап}$:

$$P_{уд} = \frac{P_{уд(табл)} \cdot k_{зап} \cdot E_n}{k_{зап(табл)} \cdot \eta_{св} \cdot E_{н(табл)}}; \quad (3)$$

$$P_{уд} = \frac{2,9 \cdot 1,5 \cdot 300}{1,5 \cdot 0,6 \cdot 100} = 17,4 \text{ Вт/м}^2.$$

5. Определяется расчетная мощность:

$$P_p = P_{уд} \cdot S; \quad (4)$$

$$P_p = 17,4 \cdot 160 = 2784 \text{ Вт}.$$

6. Определяется количество светоточек (люминесцентных двухламповых светильников):

$$N = \frac{P_p}{P_l}, \quad (5)$$

где P_l – суммарная мощность ламп светильника, $P_l = 80$ Вт.

$$N = \frac{2784}{80} = 34,8 \approx 35 \text{ шт.}$$

Таким образом предусматривается три ряда по 12 светильников.

Задание для отчёта:

1. Тема.
2. Наименование работы.
3. Цель занятия.
4. Приобретаемые умения и навыки.
5. Задания, исходные данные согласно варианту, выполнение заданий.
6. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Понятие об удельной мощности.
2. Сущность, на которой основан метод удельной мощности.
3. Ситуация, при которой применяется метод удельной мощности.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Тема: Расчет электрической осветительной сети.

Наименование работы: Расчет системы освещения точечным методом.

Цель занятия: научиться производить расчёт системы освещения точечным методом исходя из требований к освещённости и особенностей помещения.

Приобретаемые умения и навыки: умение производить расчёты, необходимые для определения необходимого светового потока источников света, навыки работы с технической и справочной литературой.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: методическое пособие, справочные материалы.

Список использованных источников:

Баев, В. И. Светотехника: практикум по электрическому освещению и облучению: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. И. Баев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – с. 27–28. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-13976-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/514039>

Задание 1

Выполнить проверку светотехнического расчета задания 2 практического занятия №2 точечным методом.

Пример выполнения задания 1

Исходные данные: Размеры цеха: $A \times B = 60 \times 30$ м. Расчётная высота $h = 8$ м. Нормируемая освещённость $E_n = 300$ лк. Коэффициенты отражения: $\rho_{\text{п}} = 70$, $\rho_{\text{с}} = 50$, $\rho_{\text{р}} = 10$.

Решение

1. На схему расположения светильников наносятся контрольные точки А и Б (рисунок 1). Контрольная точка А расположена в середине прямоугольного поля размером 6×8 м, а точка Б в середине длинной стороны светового поля.

2. Определяются расстояния d_i от светильников до контрольных точек А и Б по геометрическому построению с использованием рисунка 1.

Расстояние от светильников №№ 1, 2, 4 и 5 до точки А:

$$d_1 = d_2 = d_4 = d_5 = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2}, \quad (1)$$

где L_A – расстояние между светильниками в ряду, $L_A = 8$ м (задание 2 практического занятия №1);

L_B – расстояние между рядами светильников, $L_B = 6$ м (задание 2, б практического занятия №1).

$$d_1 = d_2 = d_4 = d_5 = \sqrt{\left(\frac{8}{2}\right)^2 + \left(\frac{6}{2}\right)^2} = 5 \text{ м.}$$

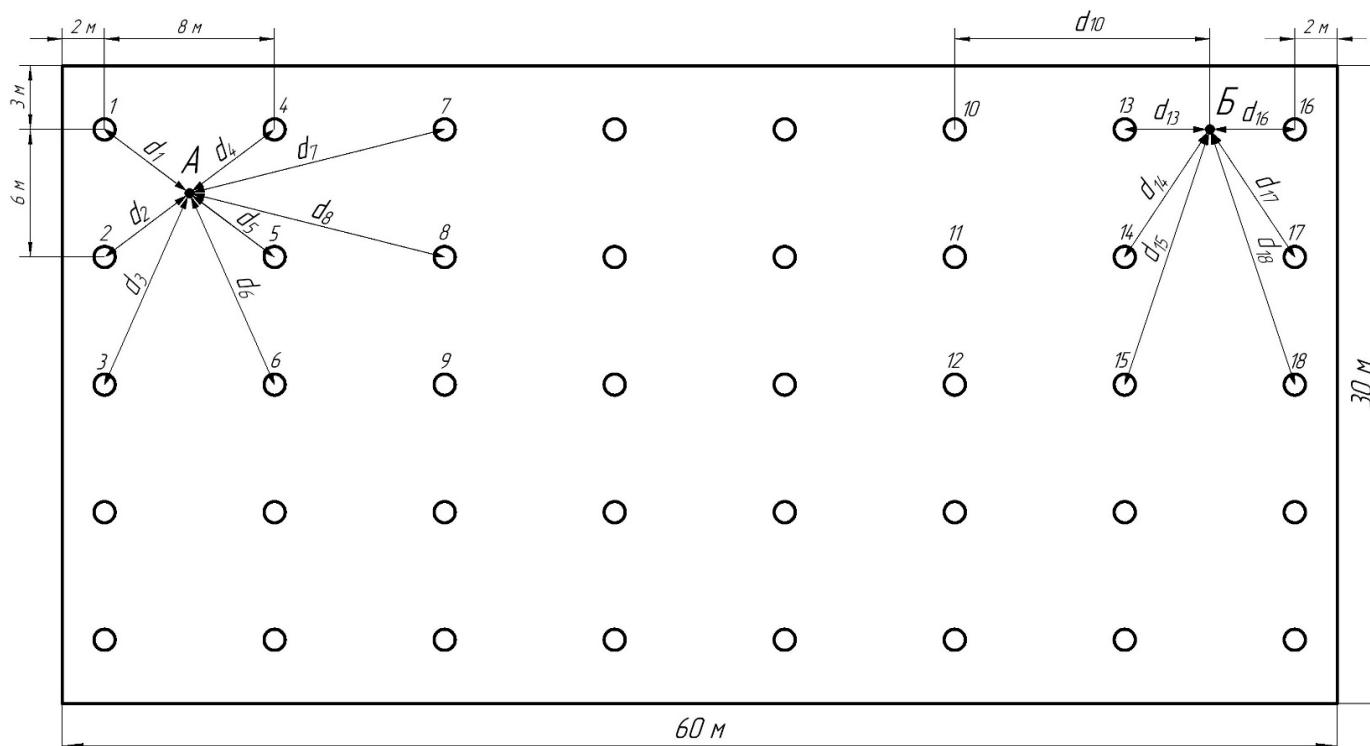


Рисунок 1 – Схема расположения светильников задания 1

Расстояние от светильников №№ 3 и 6 до точки А:

$$d_3 = d_6 = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + (1,5L_B)^2}; \quad (2)$$

$$d_3 = d_6 = \sqrt{\left(\frac{8}{2}\right)^2 + (1,5 \cdot 6)^2} = 9,8 \text{ м.}$$

Расстояние от светильников №№ 7 и 8 до точки А:

$$d_7 = d_8 = \sqrt{(1,5L_A)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2}; \quad (3)$$

$$d_7 = d_8 = \sqrt{(1,5 \cdot 8)^2 + \left(\frac{6}{2}\right)^2} = 12,4 \text{ м.}$$

Расстояние от светильника №10 о точки Б:

$$d_{10} = 1,5 \cdot L_A = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ м.}$$

Расстояние от светильников №№ 13 и 16 до точки Б:

$$d_{13} = d_{16} = \frac{L_A}{2}; \quad (4)$$

$$d_{13} = d_{16} = \frac{8}{2} = 4 \text{ м.}$$

Расстояние от светильников №№ 14 и 7 до точки Б:

$$d_{14} = d_{17} = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + L_B^2}; \quad (5)$$

$$d_{14} = d_{17} = \sqrt{\left(\frac{8}{2}\right)^2 + 6^2} = 7,2 \text{ м.}$$

Расстояние от светильников №№ 15 и 18 до точки Б:

$$d_{15} = d_{18} = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + (2L_B)^2}; \quad (6)$$

$$d_{15} = d_{18} = \sqrt{\left(\frac{8}{2}\right)^2 + (2 \cdot 6)^2} = 12,6 \text{ м.}$$

3. Относительные освещённости от каждого светильника РСП 05 находятся по пространственным изолюксам условной горизонтальной освещённости e (приложение 7). Для светильников №№ 1, 2, 4 и 5 при $d_1=d_2=d_4=d_5 = 5$ м и $h = 8$ м относительная освещённость равна: $e_1=e_2=e_3=e_5=3,5$. Для остальных светильников относительные освещённости определяются аналогично. Результаты расчёта сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Условные освещённости контрольных точек

Контрольная точка	Номера светильников	Расстояние от светильника до контрольной точки d_i , м	Условная освещённость	
			от одного светильника e	от всех светильников $n \cdot e$

А	1, 2, 4, 5	5,0	3,5	14
	3, 6	9,8	0,32	0,64
	7, 8	12,4	0,09	0,18
				$\Sigma e_{(A)} = 14,82$
Б	13, 16	4,0	5,00	10
	14, 17	7,2	1,40	2,8
	15, 18	12,6	0,08	0,16
	10	12,0	0,12	0,12
				$\Sigma e_{(B)} = 13,08$

4. Суммарная относительная освещённость в точке Б оказывается меньше, чем в точке А. Следовательно, прямая составляющая горизонтальной освещённости в точке Б оказывается наименьшей и именно в ней необходимо определить фактическую освещённость:

$$E = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot \mu \cdot \Sigma e}{1000 \cdot k_{\text{зап}}}, \quad (7)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток выбранной лампы (задание 2 практического занятия №2), $\Phi_{\text{л}} = 30000$ лм;

$k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса, $k_{\text{зап}} = 1,5$;

μ – коэффициент добавочной освещённости, учитывающий действие удалённых светильников, создающих дополнительную освещённость в расчётной точке, $\mu = 1,1$.

$$E = \frac{30000 \cdot 1,1 \cdot 13,08}{1000 \cdot 1,5} = 287,8 \text{ лк.}$$

Фактическая освещённость меньше нормируемой $E_{\text{н}} = 300$ лк, поэтому выбирается лампа с ближайшим большим световым потоком типа SPX ECO ARC 295 W мощностью 250 Вт с номинальным световым потоком $\Phi_{\text{л}} = 32000$ лм фирмы SILVANIA. Тогда фактическая освещённость будет составлять:

$$E = \frac{32000 \cdot 1,1 \cdot 13,08}{1000 \cdot 1,5} = 306,9 \text{ лк.}$$

Фактическая освещённость отличается от нормированной $E_{\text{н}} = 300$ лк на величину:

$$\frac{E - E_{\text{н}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\% = \frac{306,9 - 300}{300} \cdot 100\% = 2,3\%$$

, что вполне допустимо.

Задание 2

Выполнить проверку светотехнического расчета задания 1 точечным методом с использованием аналитического выражения КСС светильника РСП 05. Схема расположения светильников показана на рисунке 1. Координаты контрольных точек и расстояния d_i взять по заданию 1.

Решение

1. В соответствии с данными завода-изготовителя по приложению 8 определяем, что светильник РСП 05 имеет КСС типа Г, аналитическое выражение которой в соответствии с приложением 8 имеет вид:

$$I_{\alpha} = I_0 \cdot \cos(n\alpha), \quad (7)$$

где I_{α} – сила света, создаваемая лампой в направлении расчётной точки;

I_0 – сила света светильника в направлении $\alpha = 0$ (приложение 9), $I_0 = 800$ кд;

α – угол между осью светильника и направлением на расчётную точку;

n – табличный коэффициент (приложение 9), $n = 1,65$.

$$\alpha \geq \frac{90^\circ}{n}$$

Если $\alpha < \frac{90^\circ}{n}$, то значение $I_{\alpha} = 0$.

2. Условная освещённость в контрольной точке в соответствии с основным законом светотехники определяется по формуле:

$$e_i = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \beta_i}{h^2}, \quad (8)$$

где i – угол между направлением силы света и нормалью к поверхности.

При освещении горизонтальной плоскости взаимосвязь между указанными величинами можно установить по рисунку 2.

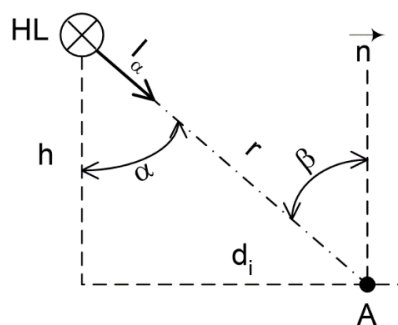


Рисунок 2 – Координаты, определяющие положение точечного светящегося элемента относительно расчётной точки

Для горизонтальной плоскости из рисунка 2 следует:

$$\alpha = \beta = \arctg \frac{d_i}{h}; \quad (9)$$

Тогда освещённость в контрольной точке будет равна:

$$e_i = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha_i}{h^2} = \frac{I_0 \cdot \cos(n\alpha_i) \cdot \cos^3 \alpha_i}{h^2}. \quad (10)$$

Поскольку КСС светильника РСП 05 нормирована к световому потоку в 1000 лм, то выражение для относительной освещённости e_A в конкретном случае с учётом выражения для E_A и значений $I_0 = 800$ кд и $n = 1,65$ принимает вид:

$$e_i = \frac{800 \cdot \cos(1,65\alpha_i) \cdot \cos^3 \alpha_i}{h^2}. \quad (11)$$

Результаты расчёта условных освещённостей e_A и e_B в контрольных точках рисунка

1 с учётом данных таблицы 2 и ограничения на угол $\alpha < \frac{90^\circ}{n}$ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Условные освещённости контрольных точек

Контрольная точка	Номера светильников	d_i , м	α , град.	Условная освещённость	
				от одного светильника e	от всех светильников ne
А	1, 2, 4, 5	5,0	32,00	4,608	18,430
	3, 6	9,8	50,77	3,433	0,685
	7, 8	12,4	57,17	0	0
Б	13, 16	4,0	6,56	6,452	12,904
	14, 17	7,2	11,99	1,816	3,632
	15, 18	12,6	67,59	0	0
	10	12,0	66,31	0	0

$$\alpha \geq \frac{90^\circ}{1,65} = 54,54^\circ$$

В таблице 3 учтено, что при значении $\alpha = 0$, следовательно и относительная освещённость равна нулю.

3. Как и в задании 1, освещённость в точке Б меньше, чем в точке А, и именно в точке Б необходимо определить фактическую освещённость. Принимая за номинальный поток лампы задания 1 при $\mu = 1,1$ и $k_{зап} = 1,5$, получим:

$$E = \frac{\Phi_n \cdot \mu \cdot \Sigma e}{1000 \cdot k_{зап}} = \frac{32000 \cdot 1,1 \cdot 16,536}{1000 \cdot 1,5} = 388 \text{ лк.}$$

Фактическая освещённость отличается от нормированной $E_n = 300$ лк на величину:

$$\frac{E - E_n}{E_n} \cdot 100\% = \frac{388 - 300}{300} \cdot 100\% = 29,3\%$$

Таким образом, фактическая освещённость отличается от нормированной $E_n = 300$ лк на +29,3% против +2,3% задания 1, что подчеркивает преимущество точечного метода расчёта с использованием аналитического выражения КСС над методом расчёта по условным изолюксам и методом коэффициента использования светового потока.

Задание для отчёта:

1. Тема.
2. Наименование работы.
3. Цель занятия.
4. Приобретаемые умения и навыки.
5. Задания, исходные данные согласно варианту, выполнение заданий.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Тема: Расчет электрической осветительной сети.

Наименование работы: Расчет электрической сети освещения.

Цель занятия: научиться производить расчёт и выбор сечений проводников осветительной сети, а также аппаратов защиты.

Приобретаемые умения и навыки: умение производить расчёты, необходимые для выбора сечений проводов и кабелей осветительной сети по длительно-допустимому току с проверкой по допустимой потере напряжения, навыки работы с технической и справочной литературой.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: методическое пособие, справочные материалы.

Список использованных источников:

1. Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов: учебное пособие / В.П. Шеховцов. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. – с. 46–52. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-00091-652-0. – Текст: электронный. – URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1224468>

2. Сайт компании «Торговый дом «Сфера» [Электронный ресурс] / Автоматические выключатели: Сайт Режим доступа: <https://td-sfera.com/product-category/avtomaticheskie-vykljuchateli/>

3. Сайт компании «ЕКФ Электро» [Электронный ресурс] / Щиты ОЩВ Basic: Сайт Режим доступа: <https://ekf-elektro.ru/korpUSA-elektroschitov/nizkovoltnye-komplektnye-ustrojstva-nku/schity-oschv-basic>

Задание 1

Произвести расчёт и выбор сечений проводов и кабелей осветительной сети, изображённой на рисунке 1. Произвести выбор типа осветительного щита. Освещаемый объект – производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений. Магистраль представляет собой трёхфазную линию, выполненную четырёхжильным кабелем (три фазы с нулём) марки ВВГ. Группы № 2 и 3 предназначены для рабочего освещения, группа №1 – для дежурного. Групповые линии выполнены двухжильным проводом марки ПВС. Провода и кабели групп № 1, 3 и магистрали проложены в пластмассовых гофрированных трубах диаметром, приведённым в приложении 14, а группы №2 – по стенам креплением накладными скобами в начале линии и на тресе в местах размещения светильников. Источниками света являются разрядные лампы с электромагнитными компенсированными ПРА. Мощности источников света P_i и длины участков l_i приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к заданию 1

Вариант	Мощности источников света P_i , кВт									Длины участков l_i , м										
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	l_M	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9
1	0,02	0,25	0,06	0,04	0,16	0,25	0,08	0,10	0,40	4	1	1	3,	2,	4,	5,	1	3,	5,	6,

											0	5	0	5	0	0	5	0	0	0
2	0,03	0,40	0,10	0,08	0,25	0,40	0,25	0,40	0,50	6	1 2	1 7	3, 5	3, 0	5, 0	6, 0	2 0	3, 5	2, 5	6, 5
3	0,04	0,70	0,15	0,10	0,40	0,50	0,02	0,50	1,00	8	1 4	1 9	4, 0	3, 5	6, 0	7, 0	2 5	4, 0	3, 0	7, 0
4	0,08	1,00	0,20	0,25	0,70	1,00	0,03	1,00	2,00	10	1 6	2 1	4, 5	4, 0	7, 0	8, 0	3 0	4, 5	3, 5	7, 5
5	0,25	2,00	0,30	0,40	1,00	0,10	0,04	2,00	0,04	12	1 8	2 3	5, 0	2, 5	4, 0	9, 0	1 5	3, 0	4, 0	8, 0
6	0,02	0,16	0,50	0,50	0,50	0,25	0,08	0,04	0,08	5	2 0	2 5	3, 0	3, 0	5, 0	5, 0	2 0	3, 5	4, 5	8, 5
7	0,03	0,25	1,00	1,00	0,70	0,40	0,08	0,08	0,10	7	2 2	2 7	3, 5	3, 5	6, 0	6, 0	2 5	4, 0	5, 0	9, 0

Продолжение таблицы 1

Вариант	Мощности источников света P_i , кВт									Длины участков l_i , м										
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	l_m	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9
8	0,04	0,40	0,06	2,00	0,80	0,50	0,25	0,10	0,25	9	24	29	4,0	4,0	7,0	7,0	30	4,5	2,5	9,5
9	0,08	0,70	0,10	0,04	1,00	1,00	0,02	0,25	0,40	11	26	15	4,5	2,5	4,0	8,0	15	3,0	3,0	6,0
10	0,25	1,00	0,15	0,08	0,16	0,10	0,03	0,40	0,50	4	28	17	5,0	3,0	5,0	9,0	20	3,5	3,5	6,5
11	0,02	2,00	0,20	0,10	0,25	0,25	0,04	0,50	1,00	6	10	19	3,0	3,5	6,0	5,0	25	4,0	4,0	7,0
12	0,03	0,16	0,30	0,25	0,40	0,40	0,08	1,00	2,00	8	12	21	3,5	4,0	7,0	6,0	30	4,5	4,5	7,5
13	0,04	0,25	0,50	0,40	0,70	0,50	0,08	2,00	0,04	10	14	23	4,0	2,5	4,0	7,0	15	3,0	5,0	8,0
14	0,08	0,40	1,00	0,50	1,00	1,00	0,25	0,04	0,08	12	16	25	4,5	3,0	5,0	8,0	20	3,5	2,5	8,5
15	0,25	0,70	0,06	1,00	0,50	0,10	0,02	0,08	0,10	5	18	27	5,0	3,5	6,0	9,0	25	4,0	3,0	9,0
16	0,02	1,00	0,10	2,00	0,70	0,25	0,03	0,10	0,25	7	20	29	3,0	4,0	7,0	5,0	30	4,5	3,5	9,5
17	0,03	0,9	0,15	0,04	1,00	0,25	0,04	0,10	0,40	9	22	15	3,5	2,5	4,0	6,0	15	3,0	2,5	6,0
18	0,04	1,0	0,20	0,08	0,50	0,40	0,08	0,25	0,50	11	24	17	4,0	3,0	5,0	7,0	20	3,5	3,0	6,5
19	0,08	0,1	0,30	0,10	0,70	0,50	0,08	0,40	1,00	4	26	19	4,5	3,5	6,0	8,0	25	4,0	3,5	7,0
20	0,25	0,3	0,50	0,25	0,80	1,00	0,25	0,50	2,00	6	28	21	5,0	4,0	7,0	9,0	30	4,5	4,0	7,5
21	0,02	0,5	1,00	0,40	1,00	0,10	0,02	1,00	0,04	8	10	23	3,0	2,5	4,0	5,0	15	3,0	4,5	8,0
22	0,03	0,7	0,06	0,50	0,16	0,25	0,03	2,00	0,08	10	12	25	3,5	3,0	5,0	6,0	20	3,5	5,0	8,5
23	0,04	0,9	0,10	1,00	0,25	0,40	0,04	0,04	0,10	12	14	27	4,0	3,5	6,0	7,0	25	4,0	2,5	9,0
24	0,08	1,0	0,15	2,00	0,40	0,50	0,08	0,08	0,25	5	16	29	4,5	4,0	7,0	8,0	30	4,5	3,0	9,5

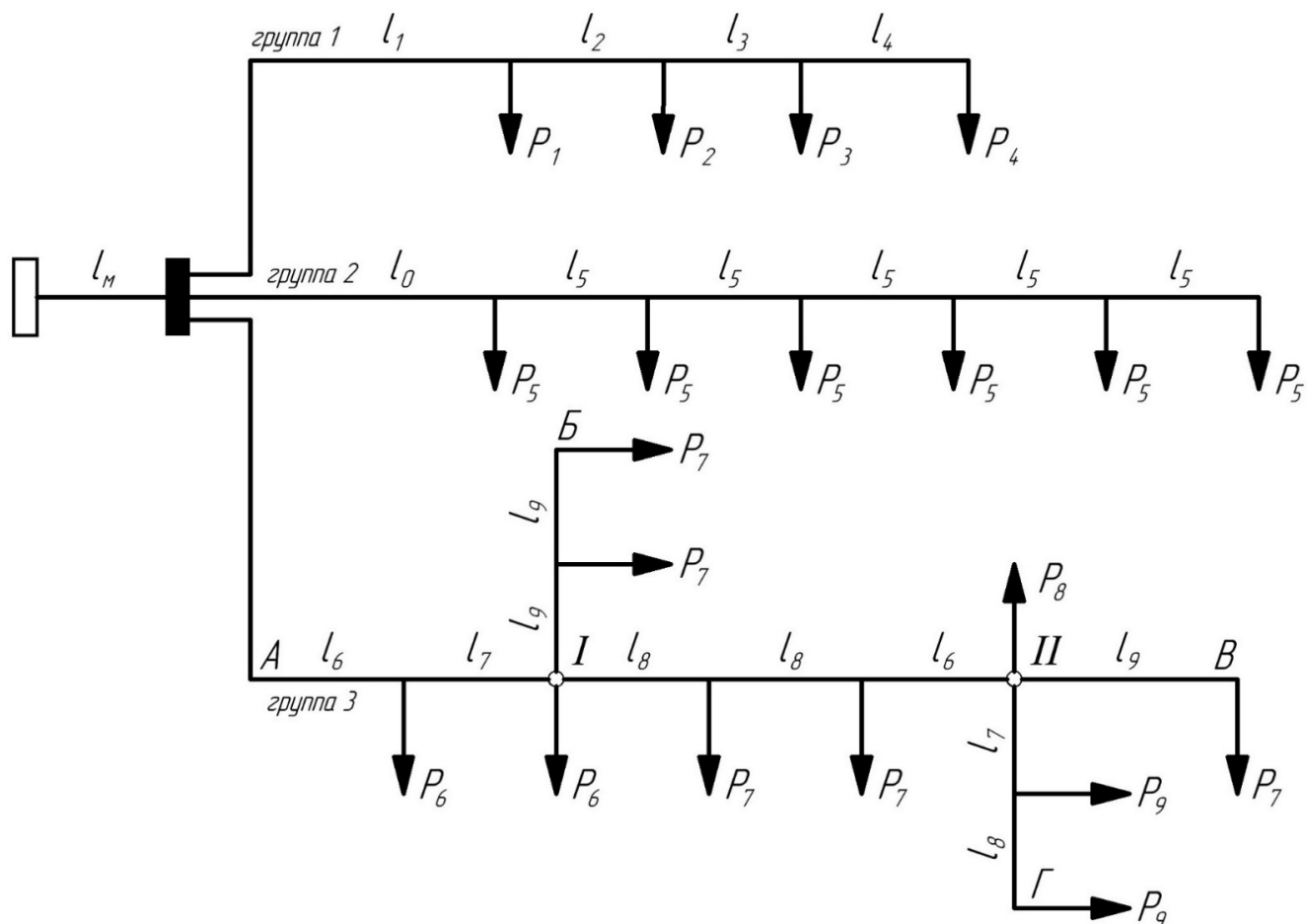


Рисунок 1 – Схема для расчёта проводов осветительной сети

Пример выполнения задания

Исходные данные: Мощности источников света равны: $P_1 = 0,04$ кВт; $P_2 = 0,06$ кВт; $P_3 = 0,1$ кВт; $P_4 = 0,08$ кВт; $P_5 = 0,4$ кВт; $P_6 = 1,0$ кВт; $P_7 = 0,5$ кВт; $P_8 = 2,0$ кВт; $P_9 = 0,7$ кВт. Длины участков равны: $l_M = 7$ м; $l_0 = 14$ м; $l_1 = 18$ м; $l_2 = 6$ м; $l_3 = 4$ м; $l_4 = 7$ м; $l_5 = 5$ м; $l_6 = 20$ м; $l_7 = 3$ м; $l_8 = 4$ м; $l_9 = 6$ м.

Решение

Светильники расположены по трём группам. Группа №1 представляет собой неразветвленную линию, группа №2 – неразветвленную линию, у которой расстояние между светильниками одинаковое и мощность светильников одинакова, группа №3 – разветвлённую линию.

Определяется ток на вводе в осветительный щиток:

$$I_{\text{осв}} = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi}, \quad (1)$$

где P_p – расчётная нагрузка в начале питающей линии;

$U_{\text{л}}$ – линейное напряжение сети, $U_{\text{л}} = 380$ В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки (приложение 12), $\cos \varphi = 0,87$.

Расчётная нагрузка n определяется по формуле:

$$P_p = P_{н\Sigma} \cdot k_c, \quad (2)$$

где $P_{н\Sigma}$ – суммарная номинальная (установленная) мощность источников света помещения, кВт;

k_c – коэффициент спроса (приложение 13), $k_c = 0,85$.

$$P_{н\Sigma} = \Sigma P_i = P_{гр.1} + P_{гр.2} + P_{гр.3}, \quad (3)$$

где $P_{гр.1}$, $P_{гр.2}$, $P_{гр.3}$ – мощности групп светильников, кВт.

$$P_{гр.1} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0,04 + 0,06 + 0,1 + 0,08 = 0,28 \text{ кВт};$$

$$P_{гр.2} = 6 \cdot P_5 = 6 \cdot 0,4 = 2,4 \text{ кВт};$$

$$P_{гр.3} = 2 \cdot P_6 + 5 \cdot P_7 + P_8 + 2 \cdot P_9 = 2 \cdot 1,0 + 5 \cdot 0,5 + 2,0 + 2 \cdot 0,7 = 7,9 \text{ кВт};$$

$$P_{н\Sigma} = 0,28 + 2,4 + 7,9 = 10,58 \text{ кВт};$$

$$P_p = 10,58 \cdot 0,85 = 8,99 \text{ кВт};$$

$$I_{осв} = \frac{8,99 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,87} = 15,7 \text{ А.}$$

По этому току находится сечение кабеля на вводе из условия:

$$I_{доп} \geq I_{осв}, \quad (4)$$

где $I_{доп}$ – длительно допустимая токовая нагрузка на кабель, А (приложение 10).

Принимается кабель ВВГ1(4×1,5) сечением жилы 1,5 мм² с $I_{доп} = 19$ А, проложенный в пластмассовой гофрированной трубе диаметром 20 мм (условное обозначение способа прокладки – П20).

Производится выбор сечений проводов групп. Ток группы №1:

$$I_{гр.1} = \frac{P_{гр.1} \cdot 10^3}{U_\phi}, \quad (5)$$

где U_ϕ – фазное напряжение, $U_\phi = 220$ В.

$$I_{гр.1} = \frac{0,28 \cdot 10^3}{220} = 1,27 \text{ А.}$$

Из условия (4) выбирается сечение провода. Для осветительной проводки группы №1 принимается провод ПВС 2×1,5 сечением жилы 1,5 мм² с $I_{доп} = 19$ А. Способ прокладки – П16.

Для остальных групп выбор сечений проводов производится аналогично.

Группа №2:

$$I_{гр.2} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{220} = 10,91 \text{ А,}$$

принимается провод ПВС 2×1,5 сечением жилы 1,5 мм² с $I_{доп} = 19$ А, проложенный по стенам креплением накладными скобами (Ск) в начале линии и на тресе (Тс) в местах размещения светильников.

Группа №3:

$$I_{гр.3} = \frac{7,9 \cdot 10^3}{220} = 35,91 \text{ А,}$$

принимается провод ПВС 2×4 сечением жилы 4 мм² с $I_{доп} = 38$ А. Способ прокладки – П20.

В целях экономии цветных металлов первоначально на ответвлениях группы I–B, II–B и II–Г принимаются провода меньшего сечения, чем на более загруженных участках A–I и I–II. Поскольку токи ответвлений не превышают значения 19 А, то на них принимается провод марки ПВС 2×1,5 сечением жилы 1,5 мм².

Проверяются выбранные сечения проводов и кабелей по допустимой потере напряжения. Согласно с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), допустимая потеря напряжения $\Delta U_{\text{доп}}$ для внутренних электропроводок освещения не должна быть больше 2,5 %.

1) Проверка выбранного сечения проводов по допустимой потере напряжения для группы №1.

Суммарный электрический момент группы №1:

$$M_{\text{гр.1}} = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + P_4 \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4); \quad (6)$$

$$M_{\text{гр.1}} = 0,04 \cdot 18 + 0,06 \cdot (18 + 6) + 0,1 \cdot (18 + 6 + 4) + 0,08 \cdot (18 + 6 + 4 + 7) = 7,76 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Определяется потеря напряжения в осветительной сети группы №1:

$$\Delta U_{\text{гр.1}} = \frac{M_{\text{гр.1}}}{C \cdot F_{\text{гр.1}}}, \quad (7)$$

где C – коэффициент, зависящий от числа проводников в линии, материала провода (кабеля), напряжения сети (приложение 11);

$F_{\text{гр.1}}$ – сечение проводника группы №1, $F_{\text{гр.1}} = 1,5 \text{ мм}^2$.

$$C = \frac{\gamma U_{\text{ном}}^2}{2 \cdot 10^5}, \quad (8)$$

где γ – удельная электропроводность, $\gamma = 53 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$

$$C = \frac{53 \cdot 220^2}{2 \cdot 10^5} = 12,8;$$

$$\Delta U_{\text{гр.1}} = \frac{7,76}{12,8 \cdot 1,5} = 0,4 \%$$

Проверяется выполнение условия:

$$\Delta U_{\text{гр.1}} \leq \Delta U_{\text{доп}}; \quad (9)$$

$$0,4\% < 2,5\%.$$

Условие выполняется.

2) Проверка выбранного сечения проводов по допустимой потере напряжения для группы №2.

Суммарный электрический момент группы №2 с учётом того, что расстояние между светильниками одинаковое и мощность светильников одинакова:

$$M_{\text{гр.2}} = n \cdot P_5 \cdot L = n \cdot P_5 \cdot \left[l_0 + \frac{\sum l_5}{2} \right], \quad (10)$$

где n – число светильников группы №2, $n = 6$;

L – расстояние от щитка до середины участка, м;

l_0 – расстояние от щитка до первого светильника, $l_0 = 14 \text{ м}$.

$$M_{\text{гр.2}} = 6 \cdot 0,4 \cdot \left[14 + \frac{6 \cdot 5}{2} \right] = 69,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Потеря напряжения в группе №2:

$$\Delta U_{\text{гр.2}} = \frac{M_{\text{гр.2}}}{C \cdot F_{\text{гр.2}}} = \frac{69,6}{12,8 \cdot 1,5} = 3,6 \%$$

$$3,6\% > 2,5\%$$

Потеря напряжения в группе №2 больше допустимого значения. Следовательно, необходимо увеличить сечение проводов. Принимается провод ПВС 2×2,5 сечением жилы $F_{\text{гр.2}} = 2,5 \text{ мм}^2$. Тогда потеря напряжения в группе будет составлять:

$$\Delta U_{\text{гр.2}} = \frac{69,6}{12,8 \cdot 2,5} = 2,18 \%$$

$$2,18\% < 2,5\%$$

Условие выполняется.

3) Проверка выбранного сечения проводов по допустимой потере напряжения для группы №3. Поскольку данная группа представляет собой разветвлённую линию, она разбивается на участки, на которых потери напряжения будут определяться по отдельности. В случае невыполнения условия (10) на соответствующих участках необходимо будет увеличивать сечения проводов.

Потеря напряжения на участке А-I:

$$\Delta U_{A-I} = \frac{M_{A-I}}{C \cdot F_{A-I}} = \frac{P_6 \cdot l_6 + P_6 \cdot (l_6 + l_7)}{C \cdot F_{A-I}} = \frac{1,0 \cdot 20 + 1,0 \cdot (20+3)}{12,8 \cdot 4} = 0,84 \%$$

$$0,84\% < 2,5\%$$

Потеря напряжения на участке I-II:

$$\Delta U_{I-II} = \frac{M_{I-II}}{C \cdot F_{I-II}} = \frac{P_7 \cdot l_8 + P_7 \cdot (l_8 + l_8) + P_8 \cdot (l_8 + l_8 + l_6)}{C \cdot F_{I-II}} = \frac{0,5 \cdot 3 + 0,5 \cdot (3+3) + 2,0 \cdot (3+3+20)}{12,8 \cdot 4} = 1,1 \%$$

$$1,1\% < 2,5\%$$

Потеря напряжения на участке I-B:

$$\Delta U_{I-B} = \frac{M_{I-B}}{C \cdot F_{I-B}} = \frac{P_7 \cdot l_9 + P_7 \cdot (l_9 + l_9)}{C \cdot F_{I-B}} = \frac{0,5 \cdot 6 + 0,5 \cdot (6+6)}{12,8 \cdot 1,5} = 0,47 \%$$

Потеря напряжения на участке II-B:

$$\Delta U_{II-B} = \frac{M_{II-B}}{C \cdot F_{II-B}} = \frac{P_7 \cdot l_9}{C \cdot F_{II-B}} = \frac{0,5 \cdot 6}{12,8 \cdot 1,5} = 0,16 \%$$

Потеря напряжения на участке II-Г:

$$\Delta U_{II-\Gamma} = \frac{M_{II-\Gamma}}{C \cdot F_{II-\Gamma}} = \frac{P_9 \cdot l_7 + P_9 \cdot (l_7 + l_8)}{C \cdot F_{II-\Gamma}} = \frac{0,7 \cdot 3 + 0,7 \cdot (3+4)}{12,8 \cdot 1,5} = 0,36 \%$$

Потеря напряжения до точки B:

$$\Delta U_{A-B} = \Delta U_{A-I} + \Delta U_{I-B} = 0,84 + 0,47 = 1,31 \%$$

$$1,31\% < 2,5\%$$

Потеря напряжения до точки B:

$$\Delta U_{A-B} = \Delta U_{A-I} + \Delta U_{I-II} + \Delta U_{II-B} = 0,84 + 1,1 + 0,16 = 2,1 \%$$

$$2,1\% < 2,5\%$$

Потеря напряжения до точки Г:

$$\Delta U_{A-\Gamma} = \Delta U_{A-I} + \Delta U_{I-II} + \Delta U_{II-\Gamma} = 0,84 + 1,1 + 0,36 = 2,3 \%$$

$$2,3\% < 2,5\%.$$

Наибольшие потери напряжения в группе имеют место до точки Г. Поэтому принимаем:

$$\Delta U_{гр.3} = \Delta U_{А-Г} = 2,3 \text{ \%}.$$

Рассчитывается потеря напряжения в линии, питающей осветительный щиток. Составляется расчётная схема для магистрали (рисунок 2).

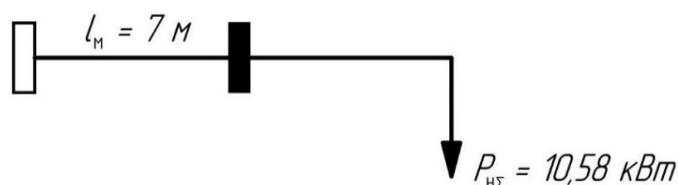


Рисунок 2 – Расчётная схема для определения потери напряжения в магистрали

Потеря напряжения определяется по формуле:

$$\Delta U_m = \frac{P_{н\Sigma}}{C \cdot F_m}, \quad (11)$$

где l_m – длина магистрали, $l_m = 7 \text{ м}$;

F_m – сечение кабеля магистрали, $F_m = 1,5 \text{ мм}^2$.

Сечение магистрали $1,5 \text{ мм}^2$ не может быть меньше сечения жилы 4 мм^2 одной из наиболее загруженных групповых линий, поэтому его следует увеличить. Принимается кабель ВВГ1(4×4) с $F_m = 4 \text{ мм}^2$. Способ прокладки – П25.

Для четырёхжильного кабеля трёхфазной системы коэффициент C , входящий в формулу (11), будет равен:

$$C = \frac{\gamma U_l^2}{10^5}, \quad (12)$$

где U_l – линейное напряжение, $U_l = 380 \text{ В}$.

$$C = \frac{53 \cdot 380^2}{10^5} = 77;$$

$$\Delta U_m = \frac{10,58}{77 \cdot 4} = 0,03 \text{ \%}.$$

Определяется общая потеря напряжения:

$$\Delta U = \Delta U_m + \Delta U_{гр.макс}, \quad (13)$$

где $\Delta U_{гр.макс}$ – потери напряжения в группе с максимальным значением групповых потерь напряжения.

$$\Delta U_{гр.макс} = \Delta U_{гр.3} = 2,3\%.$$

$$\Delta U = 0,03 + 2,3 = 2,33\%.$$

$$2,33\% < 2,5\%,$$

условие выполняется.

Выбранные сечения удовлетворяют допустимой потере напряжения.

Результаты расчёта заносятся на расчётную схему осветительной сети (рисунок 2).

Для распределения электрической энергии между осветительными электроприёмниками выбирается осветительный щиток, у которого автоматические выключатели ([интернет-ресурс 2](#)) с номинальными токами $I_{на}$ удовлетворяют условию:

$$I_{на} \geq I_p, \quad (14)$$

где I_p – рабочий ток (ток на вводе в осветительный щиток $I_{осв}$, групповые токи $I_{гр.1}$, $I_{гр.2}$, $I_{гр.3}$).

Принимается осветительный щиток типа ОЩВ-63-6 ([интернет-ресурс 3](#)) на шесть групп с автоматическими выключателями типа ВА47-29 ЗР с $I_{на} = 63A$ на вводе и с групповыми автоматами ВА47-29 1P с $I_{на} = 16A$ защищенного исполнения.

Поскольку ток группы №3 $I_{гр.3}=35,91 A$ превышает номинальный ток автоматического выключателя 16 A, для данной группы принимается автоматический выключатель ВА47-29 1P 40A.

Размер щитка 220×300×120 мм. Щиток выполнен в навесном исполнении, предназначен для установки в помещениях с нормальной средой, что отвечает характеру среды в электрощитовой.

Результаты выбора заносятся на расчётную схему осветительной сети (рисунок 3).

РАСЧЁТНАЯ СХЕМА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Осветительный щиток				Групповая линия		Мощность группы, кВт	Ток группы, А	Потеря напряжения в группе, %	Вид освещения	
Тип, схема, $P_{нз}$, кВт; P_p , кВт; I_p , А	Защитное устройство			Марка, сечение и количество жил провода или кабеля	Способ прокладки					
	Номер группы	Тип автоматического выключателя	Номинальный ток, А							
ОЩВ-63-6 $P_{нз} = 10,58 \text{ кВт}$ $P_p = 8,99 \text{ кВт}$ $I_{осв} = 15,7 \text{ А}$ ВА47-29-ЗР 63А $l = 4 \text{ м}$ ВВГ 1/4х4/П25	1	ВА47-29 1P 16А	16	ПВС 2х1,5	П16	0,28	1,27	0,40	Дежурное	
	2	ВА47-29 1P 16А	16	ПВС 2х2,5	Ск Тс	2,40	10,91	2,18	Рабочее	
	3	ВА47-29 1P 40А	40	ПВС 2х4	П20	7,90	35,91	2,30	Рабочее	
					ПВС 2х1,5	П16			0,47	Рабочее
					ПВС 2х1,5	П16			0,16	Рабочее
					ПВС 2х1,5	П16			0,36	Рабочее
	4								Резерв	
	5								Резерв	
	6								Резерв	

Рисунок 3 – Расчётная схема осветительной сети

Задание для отчёта:

1. Тема.
2. Наименование работы.
3. Цель занятия.
4. Приобретаемые умения и навыки.

5. Задания, исходные данные согласно варианту, выполнение заданий.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Тема: Расчет электрической осветительной сети.

Наименование работы: Расчет нагрузок осветительных сетей.

Цель занятия: научиться производить расчёт нагрузок осветительных сетей промышленных и гражданских зданий методом коэффициента спроса.

Приобретаемые умения и навыки: умение производить расчёты нагрузок осветительных сетей, навыки работы с технической и справочной литературой.

Норма времени: 2 часа.

Оснащение рабочего места: методическое пособие, справочные материалы.

Список использованных источников:

Информационный портал «StudRef. Студенческие реферативные статьи и материалы» [Электронный ресурс] / Определение расчетных электрических нагрузок освещения: Сайт Режим доступа:
https://studref.com/671223/tehnika/opredelenie_raschetnyh_elektricheskikh_nagruzok_osvescheniya

Задание

Для заданного освещаемого объекта выбрать схему сети рабочего освещения и определить расчетные нагрузки по участкам сети. Светильники подвесные с заданными параметрами: тип и мощность лампы, тип пускорегулирующей аппаратурой (ПРА). Общее количество светильников $N = 88$, в том числе в отделениях: отделение №1 – $N_1 = 32$; отделение №2 – $N_2 = 56$. Расположение светильников рабочего освещения показано на плане корпуса (рисунок 1). Класс защиты светильников по степени поражения электрическим током – 1, светильники устанавливаются на тросовой подвеске. Светильники аварийного освещения типа MARS в нормальном режиме получают питание от щитка аварийного освещения (ЩОА), в аварийном режиме – от блока бесперебойного

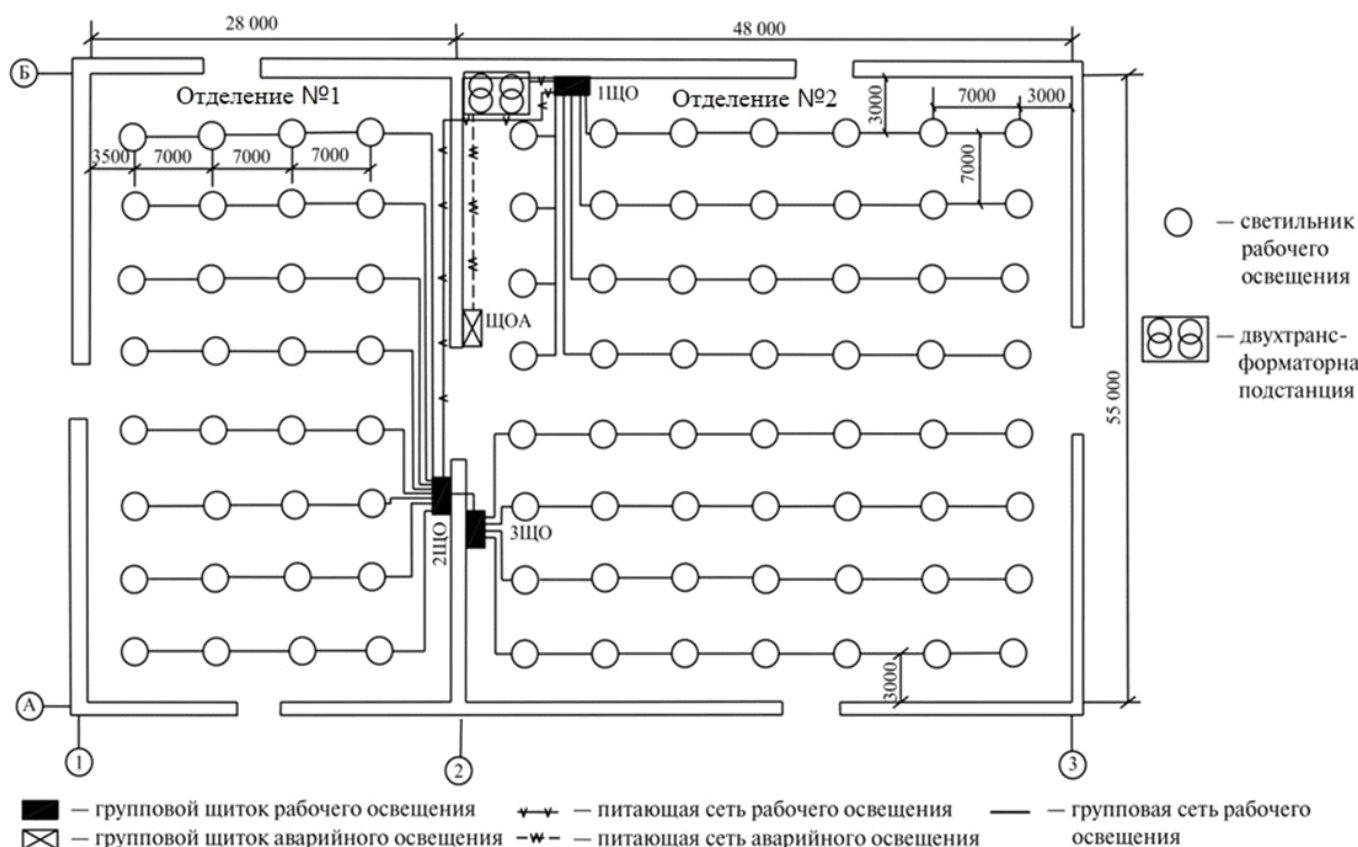
питания. Крепление – к стенам или колоннам корпуса (на плане не показаны). Вид лампы исходя из её типа указан в приложении 2.

Таблица 1 – Исходные данные к заданию

Вариант	Тип освещаемого объекта	Параметры светильников		
		Тип лампы	Мощность лампы $P_{л}$, Вт	Тип ПРА
1	Небольшое производственное помещение	ДРЛ-250	250	Электромагнитный
2	Административное здание	ДНаЗ-100	100	Электронный
3	Производственное здание (несколько помещений)	ДРИ-400-5	400	Электромагнитный
4	Учебное заведение	PL E 23 Вт	23	Электронный
5	Материально-технический склад	HPL-N 125W	125	Электромагнитный
6	Небольшое общественное здание	ДНаЗ-150	150	Электронный
7	Библиотека	ДРИ-250-5	250	Электромагнитный
8	Производственное здание (несколько помещений)	ДРЛ-400	400	Электронный
9	Канторско-бытовое учреждение	HQL 80	80	Электромагнитный
10	Материально-технические склады	ДНаЗ-100	100	Электронный

Продолжение таблицы 1

Вариант	Тип освещаемого объекта	Параметры светильников		
		Тип лампы	Мощность лампы $P_{л}$, Вт	Тип ПРА
11	Торговое помещение	ДнаТ-150	150	Электромагнитный
12	Столовая	PL E 15 Вт	15	Электронный
13	Производственное здание (несколько помещений)	ДРИ-700-5	700	Электромагнитный
14	Детский сад	PL E 20 Вт	20	Электронный
15	Материально-технические склады	HQL 125	125	Электромагнитный
16	Небольшое общественное здание	ДнаТ-100	100	Электронный
17	Административное здание	HQL 50	50	Электромагнитный
18	Производственное здание (несколько помещений)	ДнаТ-400-5	400	Электронный
19	Лабораторное здание	PL E 20 Вт	20	Электромагнитный
20	Материально-технические склады	PL-N 250W	250	Электронный
21	Торговое помещение	ДРЛ-400	400	Электромагнитный
22	Библиотека	СКЛЭН-20	20	Электронный
23	Производственное здание (несколько помещений)	ДнаТ-250-5	250	Электромагнитный
24	Учебное заведение	ДнаЗ-70	70	Электронный



Примечание: у объектов, связанных с образовательной деятельностью (учебные заведения, детские сады) трансформаторная подстанция расположена вне помещения

Рисунок 1 – План расположения светильников и сети освещаемого объекта

Пример выполнения задания

Исходные данные: Тип освещаемого объекта – столовая. Тип лампы – ДРИ-500 (металлогалогенная). Мощность лампы: $P_{л} = 500$ Вт. Тип ПРА – электромагнитный.

Решение

1. Определяется количество групповых щитков освещения. При решении задачи учитывается расположение светильников и мощность подключаемых световых приборов.

Установленная активная мощность осветительного прибора с учётом потерь мощности в ПРА:

$$P_{н} = P_{л} \cdot k_{\text{ПРА}}, \quad (1)$$

где $k_{\text{ПРА}}$ – коэффициент, учитывающий потери в ПРА (приложение 15).

$$P_{н} = 500 \cdot 1,08 = 540 \text{ Вт.}$$

Суммарная активная мощность ламп рабочего освещения отделения №1 с учётом потерь в ПРА:

$$P_{н\Sigma 1} = P_{л} \cdot N_1; \quad (2)$$

$$P_{н\Sigma 1} = 540 \cdot 32 = 17280 \text{ Вт.}$$

Аналогично определяется суммарная активная мощность ламп рабочего освещения отделения №2:

$$P_{н\Sigma 2} = P_{л} \cdot N_2 = 540 \cdot 56 = 30240 \text{ Вт.}$$

Суммарная активная мощность ламп рабочего освещения столовой:

$$P_{н\Sigma} = P_{н\Sigma 1} + P_{н\Sigma 2}; \quad (3)$$

$$P_{н\Sigma} = 17280 + 30240 = 47520 \text{ Вт.}$$

Суммарные расчётные мощность отделений и столовой с учётом коэффициента спроса:

$$P_{p1} = P_{н\Sigma1} \cdot k_c, \quad (4)$$

где k_c – коэффициент спроса (приложение 13), $k_c = 0,9$.

$$P_{p1} = 17280 \cdot 0,9 = 15552 \text{ Вт;}$$

$$P_{p2} = P_{н\Sigma2} \cdot k_c = 30240 \cdot 0,9 = 27216 \text{ Вт;}$$

$$P_p = P_{н\Sigma} \cdot k_c = 47520 \cdot 0,9 = 42768 \text{ Вт.}$$

Расчётные токи отделений и столовой:

$$I_{p1} = \frac{P_{p1}}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi}, \quad (5)$$

где U_n – номинальное линейное напряжение сети, $U_n = 380 \text{ В}$;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности источников света (приложение 12), $\cos \varphi = 0,9$.

$$I_{p1} = \frac{15552}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 26,2 \text{ А;}$$

$$I_{p2} = \frac{P_{p2}}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{27216}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 45,9 \text{ А;}$$

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{42768}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 72,2 \text{ А.}$$

С учётом расположения светильников выбирается три щитка рабочего освещения и один щиток аварийного освещения. Щитки располагаются по возможности ближе к центру электрических нагрузок (рисунок 1). Щит освещения ЩО1 питает светильники отделения №1. Питание светильников отделения №2 поровну распределено между щитами ЩО2 и ЩО3. Номинальный ток вводного аппарата (автоматического выключателя) $I_{на}$ должен удовлетворять условию:

$$I_{на} \geq I_{pi}. \quad (6)$$

Принимается серийно выпускаемый щит освещения типа ОЩВ с $I_{на} = 63 \text{ А}$.

2. Выбирается схема питающей сети.

От трансформаторной подстанции (ТП) до групповых щитков освещения сеть четырехпроводная:

– фазные проводники L1, L2, L3;

– проводник, выполняющий функции защитного заземляющего и нейтрального проводников PEN.

Щитки рабочего освещения получают питание от I секции шин РУ 0,4 кВ ТП по магистральной схеме, щиток аварийного освещения – от II секции шин 0,4 кВ ТП (рисунок 2).

По плану определены расстояния всех участков питающей сети и указаны на схеме (рисунок 2).

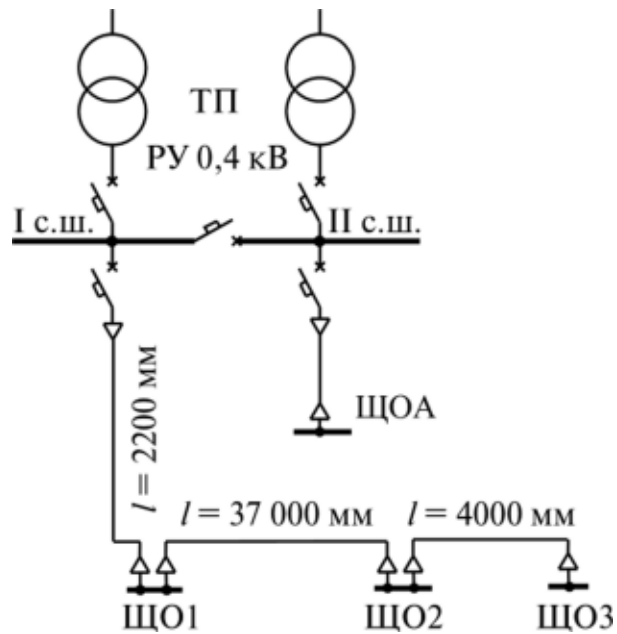


Рисунок 2 – Схема питающей сети освещения

3. Выбирается схема групповой сети освещения. PEN-проводник на щитке ЩО1 подключаются к нулевой защитной РЕ-шине, N- и РЕ-шины соединяются, таким образом образуется точка разделения PEN-проводника на N- и РЕ-проводники. Далее по схеме сеть пятипроводная. От щитка ЩО1 и ЩО3 получают питание осветительные приборы отделения №2, от ЩО2 – осветительные приборы отделения №1. Схемы групповой сети ЩО2 – светильники и ЩО3 – светильники строятся по аналогичным правилам. Расчётные схемы групповых сетей освещения приведены на рисунке 3.

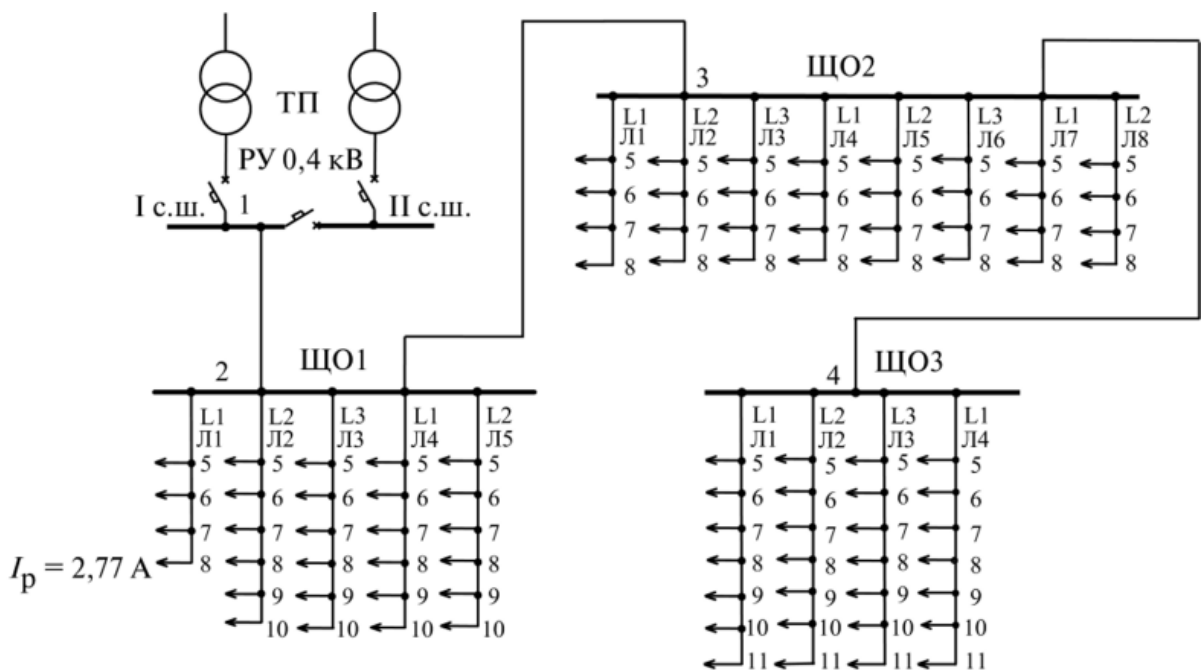


Рисунок 3 – Расчетная схема сети рабочего освещения столовой

4. Определяются расчётные нагрузки в групповой сети.

Коэффициент спроса для групповой сети равен 0,9. Расчётные активные нагрузки по участкам электрической сети определяются по балансовым уравнениям для узлов сети.

При определении расчётных нагрузок потерями мощности в линиях пренебрегают. Результаты расчетов приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Расчётные нагрузки в групповой сети рабочего освещения

Участок сети	Расчётная мощность P_{pi} , кВт	Полная мощность S_{pi} , кВА	Ток участка I_{pi} , А	Участок сети	Расчётная мощность P_{pi} , кВт	Полная мощность S_{pi} , кВА	Ток участка I_{pi} , А	Участок сети	Расчётная мощность P_{pi} , кВт	Полная мощность S_{pi} , кВА	Ток участка I_{pi} , А
ЩО1				ЩО2				ЩО3			
Линия Л1				Линии Л1–Л8				Линии Л1–Л4			
2–5	2,16	2,4	10,9	3–5	2,16	2,4	10,9	4–5	3,78	4,2	19,1
5–6	1,62	1,8	8,2	5–6	1,62	1,8	8,2	5–6	3,24	3,6	16,4
6–7	1,08	1,2	5,4	6–7	1,08	1,2	5,4	6–7	2,70	3,0	13,6
7–8	0,54	0,6	2,7	7–8	0,54	0,6	2,7	7–8	2,16	2,4	10,9
Линии Л2–Л5				Суммарная нагрузка фаз				8–9	1,62	1,8	8,2
2–5	3,24	3,6	16,4	L1	6,48	7,2	32,7	9–10	1,08	1,2	5,4
5–6	2,70	3,0	13,6	L2	6,48	7,2	32,7	10–11	0,54	0,6	2,7
6–7	2,16	2,4	10,9	L3	4,32	4,8	21,8	Суммарная нагрузка фаз			
7–8	1,62	1,8	8,2	ввод ЩО2	19,4	21,6	32,8	L1	7,56	8,4	38,2
8–9	1,08	1,2	5,4	–	–	–	–	L2	3,78	4,2	19,1
9–10	0,54	0,6	2,7	–	–	–	–	L3	3,78	4,2	19,1
Суммарная нагрузка фаз				–	–	–	–	ввод ЩО3	22,7	25,2	38,3
L1	5,40	6,0	27,3	–	–	–	–	–	–	–	–
L2	6,48	7,2	32,7	–	–	–	–	–	–	–	–
L3	3,24	3,6	16,4	–	–	–	–	–	–	–	–
ввод ЩО	19,4	21,6	32,8	–	–	–	–	–	–	–	–

Участок 2–5 питает четыре лампы мощностью с $P_n = 540 \text{ Вт} = 0,54 \text{ кВт}$, участок 5–6 – три лампы, 6–7 – две лампы, 7–8 – одну лампу.

Полная мощность участка 7–8 линии Л1 щитка ЩО1 определяются по формуле:

$$S_{p(7-8)} = \frac{P_{p(7-8)}}{\cos \varphi}; \quad (7)$$

$$S_{p(7-8)} = \frac{0,54}{0,9} = 0,6 \text{ кВА.}$$

Ток участка 7–8 линии Л1 щитка ЩО1 определяются по формуле:

$$I_{p(7-8)} = \frac{S_{p(7-8)}}{U_{\phi}}, \quad (8)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, $U_{\phi} = 220 \text{ В}$.

$$I_{p(7-8)} = \frac{0,6 \cdot 10^3}{220} = 2,7 \text{ А.}$$

На остальных участках расчёт производится аналогично.

5. Определяются расчётные активные нагрузки и ток на вводе групповых щитков. Для обеспечения симметрии нагрузки светильники по возможности равномерно распределяются по фазам: для ЩО1 фаза L1 – линии Л1 и Л4, фаза L2 – линии Л2 и Л5, фаза L3 – линия Л3; для ЩО2 и ЩО3 распределение производится аналогично.

Расчётная активная нагрузка и ток:

– для фазы L1 щита ЩО1:

$$P_{pL1} = P_{pL11} + P_{pL14} = 2,16 + 3,24 = 5,4 \text{ кВт};$$

$$I_{pL1} = \frac{P_{pL1}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{5,4 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 27,3 \text{ А};$$

для фазы L2 щита ЩО1:

$$P_{pL2} = P_{pL22} + P_{pL25} = 3,24 + 3,24 = 6,48 \text{ кВт};$$

$$I_{pL2} = \frac{P_{pL2}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{6,48 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 32,7 \text{ А};$$

– для фазы L3 щита ЩО1:

$$P_{pL3} = P_{pL33} = 3,24 \text{ кВт};$$

$$I_{pL3} = \frac{P_{pL3}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{3,24 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,9} = 16,4 \text{ А}.$$

Трёхфазная мощность и ток на вводе ЩО1:

$$P_{pЩО1} = 3P_{pL\max} = 3P_{pL2} = 3 \cdot 6,48 = 19,4 \text{ кВт}.$$

где $P_{pL\max}$ – наибольшая расчётная активная нагрузка фазы.

$$I_{pЩО1} = \frac{P_{pЩО1}}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{19,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 32,8 \text{ А}.$$

Расчётные нагрузки и токи для щитов ЩО2 и ЩО3 определяются аналогично. Результаты заносятся в таблицу 2.

6. Определяются расчётные нагрузки и токи в питающей сети освещения.

Участок 3–4:

$$P_{p(3-4)} = P_{pЩО3} = 22,7 \text{ кВт};$$

$$I_{p(3-4)} = \frac{P_{p(3-4)}}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{22,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 38,3 \text{ А}.$$

Участок 2–3:

$$P_{p(2-3)} = k_c \cdot (P_{pЩО2} + P_{pЩО3}); \quad (9)$$

$$P_{p(2-3)} = 0,9 \cdot (19,4 + 22,7) = 37,9 \text{ кВт};$$

$$I_{p(2-3)} = \frac{P_{p(2-3)}}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{37,9 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 64,0 \text{ А}.$$

Участок 1–2:

$$P_{p(1-2)} = k_c \cdot (P_{pЩО1} + P_{pЩО2} + P_{pЩО3}); \quad (10)$$

$$P_{p(1-2)} = 0,9 \cdot (19,4 + 19,4 + 22,7) = 55,4 \text{ кВт};$$

$$I_{p(1-2)} = \frac{P_{p(1-2)}}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi} = \frac{55,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 93,4 \text{ А}.$$

Результаты расчета нагрузок в питающей сети рабочего освещения сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчётные нагрузки в питающей сети рабочего освещения

Участок сети	Расчётная мощность P_{pi} , кВт	Полная мощность S_{pi} , кВА	Ток участка I_{pi} , А
--------------	-----------------------------------	--------------------------------	--------------------------

3–4	22,7	25,2	38,3
2–3	37,9	42,1	64,0
1–2	55,4	61,6	94,3

Задание для отчёта:

1. Тема.
2. Наименование работы.
3. Цель занятия.
4. Приобретаемые умения и навыки.
5. Задания, исходные данные согласно варианту, выполнение заданий.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Рекомендуемые значения относительных наивыгоднейших относительных расстояний между светильниками

Тип кривой силы света (КСС)	Светотехнически наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками λ_c	Энергетически наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками $\lambda_э$
К – концентрированная	0,6	0,6
Г – глубокая	0,9	1,0
Д – косинусная	1,4	1,6
М – равномерная	2,0	2,6
Л – полуширокая	1,6	1,8

Приложение 2 – Номенклатура источников света

Тип лампы	Тип цоколя	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Световая температура, К	Средний срок службы, ч	Фирма-изготовитель, страна
1	2	3	4	5	6	7	8
Компактные люминесцентные лампы							
Компактные спиральные с электронным ПРА							
СКЛЭН-7 «АЛАДИН»	E27	7	400	57,1	2700	8000	Россия
СКЛЭН-11 «АЛАДИН»		11	600	54,5			
СКЛЭН-12 «АЛАДИН»		12	800	66,6			

Н»							
СКЛЭН-15 «АЛАДИ Н»		15	900	60,0			
СКЛЭН-20 «АЛАДИ Н»		20	1200	60,0			
Компактные прямые с электронным ПРА							
PL E 15 Вт; 230–240 В	E27	15	900	60	3000	8000	Philips, Голландия
PL E 20 Вт; 230–240 В		20	1200				
PL E 23 Вт; 230–240 В		23	1500				
Компактные люминесцентные лампы интегрированные							
Ambiance PRO 6Вт/827	E27	6	250	41,6	3000	12000	Philips, Голландия
Ambiance PRO 9Вт/827		9	425	47,2			
Ambiance PRO 16Вт/827		16	900	56,25			
Ambiance PRO 20Вт/827		20	1200	60,0			
Ambiance PRO 23Вт/827		23	135	58,7			
Линейные люминесцентные лампы							
ЛБ-18	G13	18	1060	58,8	3450	10000	Россия
ЛБ-20		20	1060	58,8	3450	10000	
ЛБ-20-2		20	1060	58,8	3450	10000	
ЛБ-30		30	2020	67,0	3450	10000	
ЛБ-40		40	2800	70,0	3450	10000	

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
ЛБ-40-2	G13	40	2800	70,0	3450	10000	Россия

ЛБ-65		65	4600	70,8	3450	12000	
ЛБ-80		80	5200	65,0	6400	12000	
ЛД-20-2		20	880	44,0	6400	12000	
ЛД-40-2		40	2300	57,5	6400	12000	
ЛД-65-2		65	3750	57,5	6400	12000	
ЛД-80-2		80	4250	53,0	6400	12000	
Диаметр трубки 16 мм							
MASTER TL5 HO 24Вт/827	G5	24	1750	83	2700	24000	Philips, Голландия
MASTER TL5 HO 39Вт/830		39	3100	90	3000		
MASTER TL5 HO 54Вт/830		54	4450	93	3000		
MASTER TL5 HO 80Вт/830		80	6150	88	3000		
MASTER TL5 HE 14Вт/840		14	1200	96	4000		
MASTER TL5 HE 21Вт/840		21	1900	100	4000		
MASTER TL5 HE 28Вт/830		28	2600	104	3000		
MASTER TL5 HE 35Вт/830		35	3300	104	3000		
Диаметр трубки 26 мм							
TL-D 14 Вт/33	G13	14	750	53,5	2400	18000	Philips, Голландия
TL-D 15 Вт/33		15	960	64,0	2400		
TL-D 18 Вт/33		18	1200	66,6	2400		
TL-D 23Вт/54		23	1550	67,4	2800		
TL-D 30Вт/54		30	1825	60,8	2800		
TL-D 36 Вт/54		36	2500	69,4	2800		
TL-D 54 Вт/54		54	4000	74,0	2800		
L 10W/41-827 Plus Eco	G13	10	650	65,0	3000	более 20000	OSRAM, Германия
L15W/11-840 Plus Eco		15	950	63,3			
L16W/11-840 Plus Eco		16	1250	78,0			
L30W/11-840 Plus Eco		30	2350	78,3			
FQ 39 W/840		39	3500	89,7			
FQ 54 W/840		54	5000	92,6			
FQ 80 W/840		80	8000	100,0			
Дуговые ртутные лампы высокого давления с люминофором (ДРЛ)							
ДРЛ-125	E27	125	6300	50,4	4000	12000	Россия

ДРЛ-250	E40	250	23000	54,0		12000	
ДРЛ-400	E40	400	24000	60,0		15000	
ДРЛ-700	E40	700	41000	58,5		20000	
ДРЛ-1000	E40	1000	59000	59,0		18000	
HQL 50	E27	50	1800	36,0	4200	18000	OSRAM, Германия
HQL 80	E27	80	3800	47,5	4100		
HQL 125	E27	125	6300	50,4	4000		
HQL 250	E40	250	13000	52,0	3900		
HQL 400	E40	400	22000	55,0	3800		
HQL 700	E40	700	38500	55,0	3550		

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
HQL 1000	E40	1000	58000	58,0	3550	18000	OSRAM
HPL-N 50W	E27	50	1770	36,0	4200	15000	Philips, Голландия
HPL-N 80W	E27	80	3600	45,0	4300		
HPL-N 125W	E27	125	6200	50,0	4100		
HPL-N 125W	E40	125	6200	50,0	4100		
HPL-N 250W	E40	250	12700	51,0	4100		
HPL-N 400W	E40	400	22000	55,0	3900		
HPL-N 700W	E40	700	38500	55,0	3900		
HPL-N 1000W	E40	1000	58500	59,0	3900		
HPLCOMFORT PRO 400W	E40	400	24200	61,0	3500		
Металлогалогенные лампы (типа ДРИ)							
ДРИ-250-5	E40	250	19000	76	4200	10000	Россия
ДРИ-400-5		400	36000	90		10000	
ДРИ-700-5		700	60000	85,7		9000	
ДРИ-1000-5		1000	103000	103		9000	
ДРИ-1000-6		1000	103000	100		3000	
ДРИ-2000-6		2000	200000	100		2000	
ДРИ-3500-6		3500	350000	100		1500	
HPI-T 250W	E40	250	17000	нет данных	4600	нет данных	Philips, Голландия
HPI-T-400W		400	30500		4500		
HPI-T-1000W		1000	82000		4300		
HPI-T-2000W 220V		2000	189000		4900		
HPI-T-2000W 380V		2000	183000		4300		
Ртутно-вольфрамовые лампы							
ДРВ 160	E27	160	8000	50,0	4000	12000	Россия
ДРВ 250	E40	250	13500	54,0		12000	
ДРВ 500	E40	500	25000	50,0		15000	
HWL 160 225 V	E27	160	3100	19,3	3600	9000	OSRAM, Германия
HWL 160 235 V	E27	160	3100	19,3	3600		
HWL 250 225 V	E40	250	5600	22,4	3800		
HWL 250 235 V	E40	250	5600	22,4	3800		

HWL 500 225 V	E40	500	14000	28,0	4100			
HWL 500 235 V	E40	500	14000	28,0	4100			
ML-100 230/240 V	E27	100	1100	11,0	3050	9000	Philips, Голландия	
ML 160 230/240 V	E27	160	3150	19,7	3500			
ML 250 230/240 V	E40	250	5700	22,8	3550			
ML 500 230/240 V	E40	500	13000	26,0	3750			
Натриевые лампы высокого давления (типа ДНаТ)								
ДНаТ-250-5	E40	250	28000	96,0		2000	более 12000	Россия
ДНаТ-400-5	E40	400	48000	120,0				
ДНаЗ-70	E27	70	5000	71,4				
ДНаЗ-100	E27	100	9800	98,0				
ДНаЗ-150	Ех40	150	14000	93,3				

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8
ДНаЗ-250	Ех40	250	26000	104,0	2000	более 12000	Россия
ДНаТ-100	E40	100	9500	95,0			
ДНаТ-150	E40	150	15000	100,0			
MASTER SON PIA 50 Вт	E27	50	3500	70,0	1950	более 24000	Philips, Голландия
MASTER SON PIA 70 Вт	E27	70	5600	80,0	1950		
MASTER SON PIA 150Вт Hgf	E40	150	14500	97,0,0	2150		
MASTER SON PIA 250Вт Hgf	E40	250	27000	108,0	2150		
MASTER SON PIA 400Вт Hgf	E40	400	48000	120,0	2150		
MASTER SON PIA 100 Вт	E40	100	10000	100,0	1950		
MASTER SON PIA 150 Вт	E40	150	16000	107,0	1950		
MASTER SON PIA 250 Вт	E40	250	30000	120,0	1950		
MASTER SON PIA 400 Вт	E40	400	54000	135,0	1950		
SPX ECO ARC 98 W	E27	98	7400	75,5	2000		
SPX ECO ARC 190 W	E40	190	17000	89,5			
SPX ECO ARC 295 W	E40	295	32000	108,5			

Приложение 3 – Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями.	10

Приложение 4 – Коэффициент использования светового потока η светильников с типовыми КСС

Тип КС С	Значения η , %																							
	при $\rho_n = 0,7$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,3$ и i , равном						при $\rho_n = 0,7$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,1$ и i , равном						при $\rho_n = 0,7$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$ и i , равном						при $\rho_n = \rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,3$ и i , равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	3 5	5 0	6 1	7 3	8 3	9 5	34	4 7	5 6	6 6	7 5	8 6	2 6	3 6	4 6	5 6	6 7	8 0	3 2	4 5	5 5	6 7	7 4	8 4
Д-1	3 6	5 0	5 8	7 2	8 1	9 0	36	4 7	5 6	6 3	7 3	8 9	2 8	4 0	4 9	5 9	6 8	7 4	3 6	4 8	5 7	6 6	7 6	8 5
Д-2	4 4	5 2	6 8	8 4	9 3	103	42	5 1	6 4	7 5	8 4	9 2	3 3	4 3	5 6	7 4	8 0	9 6	4 2	5 1	6 5	7 1	8 0	9 5
Г-1	4 9	6 0	7 5	9 0	101	106	48	5 7	7 1	8 2	8 9	9 4	4 2	5 2	6 9	7 8	7 3	7 6	4 5	5 6	6 5	7 8	7 6	8 4
Г-2	5 8	6 8	8 2	9 6	102	109	55	6 4	7 8	8 6	9 2	9 6	4 8	6 0	7 3	8 4	9 0	9 4	5 5	6 6	8 0	9 2	9 6	103
Г-3	6 4	7 4	8 5	9 5	100	105	62	7 0	7 9	8 0	9 0	9 3	5 7	6 6	7 6	8 4	8 4	9 1	6 3	7 2	8 3	9 1	9 6	100
К-1	7 4	8 3	9 0	9 6	100	106	69	7 6	8 3	8 8	9 1	9 2	6 5	7 3	8 1	8 6	9 9	9 0	7 0	7 8	8 6	9 2	9 6	100
К-2	7 5	8 4	9 5	104	108	115	71	7 8	8 7	9 5	9 7	100	6 7	7 5	8 4	9 3	9 7	100	7 2	8 0	9 1	9 9	103	108
К-3	7 6	8 5	9 6	106	110	116	73	8 0	9 0	9 9	9 9	102	6 8	7 7	8 6	9 5	9 8	101	7 4	8 3	9 3	101	106	170
Л	3 2	4 9	5 9	7 1	8 3	9 1	31	4 6	5 5	6 5	7 4	8 3	2 4	4 0	5 0	6 2	7 1	7 7	3 2	4 7	5 7	6 9	7 9	9 0

Продолжение приложения 4

Тип КС С	Значения η , %																							
	при $\rho_n = \rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,1$ и i , равном						при $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$ и i , равном						при $\rho_n = 0,3$; $\rho_c = \rho_p = 0,1$ и i , равном						при $\rho_n = \rho_c = \rho_p = 0$ и i , равном					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Д	3 2	4 9	5 9	7 1	8 3	9 1	31	4 6	5 5	6 5	7 4	8 3	2 4	4 0	5 0	6 2	7 1	7 7	3 2	4 7	5 7	6 7	7 9	9 0
М	3 1	4 3	5 3	6 3	7 2	8 0	23	3 6	4 5	5 6	6 5	7 5	1 7	2 9	3 8	4 6	5 8	6 7	1 6	2 8	3 8	4 5	5 5	6 5
Д-1	3 4	4 7	5 4	6 3	7 0	7 7	27	4 0	4 8	5 5	6 5	7 3	2 7	3 5	4 2	5 2	6 1	6 8	2 1	3 3	4 0	4 9	5 8	6 6
Д-2	4 0	4 8	6 1	7 4	8 2	8 4	33	4 2	5 2	6 9	7 5	8 6	2 3	3 6	4 8	6 3	7 5	8 1	2 5	3 3	4 7	6 1	7 0	7 8
Г-1	4 4	5 3	6 9	7 7	8 3	8 0	41	4 8	6 4	7 6	8 0	8 8	3 5	4 5	6 0	7 3	7 8	7 7	3 4	4 4	5 6	7 1	6 8	7 4
Г-2	5 3	6 3	7 6	8 5	9 0	9 4	48	5 8	7 2	8 3	8 6	9 3	4 3	5 4	6 8	7 9	8 5	9 0	4 3	5 3	6 6	7 7	8 2	8 6
Г-3	6 1	6 8	7 8	8 4	8 8	9 1	57	6 5	7 5	8 3	8 6	9 0	5 3	6 2	7 3	8 0	8 4	8 6	5 3	6 1	7 1	7 8	8 2	8 5
К-1	6 8	7 7	8 3	8 6	8 9	9 0	64	7 3	8 0	8 6	8 8	9 0	6 2	7 1	7 7	8 3	8 6	8 8	6 0	6 9	7 7	8 4	8 5	8 6
К-2	7 1	7 8	8 7	9 3	9 8	9 9	68	7 4	8 4	9 2	9 3	9 9	6 8	7 2	8 0	8 9	9 3	9 7	6 5	7 1	7 9	8 8	9 2	9 5
К-3	7 2	7 9	8 8	9 4	9 7	9 9	68	7 6	8 5	9 3	9 5	9 9	6 4	7 3	8 3	9 0	9 4	9 7	6 4	7 2	8 1	8 8	9 1	9 4
Л	3 0	4 5	5 5	6 5	7 0	7 8	24	4 0	4 9	6 0	7 0	7 6	2 0	3 5	4 4	4 8	6 5	6 9	1 7	3 3	4 2	5 3	6 3	7 0
Л-Ш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 2	2 6	3 5	4 7	5 8	6 8
Ш	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1 7	2 5	3 6	4 9	6 2

Приложение 5 – Коэффициенты запаса

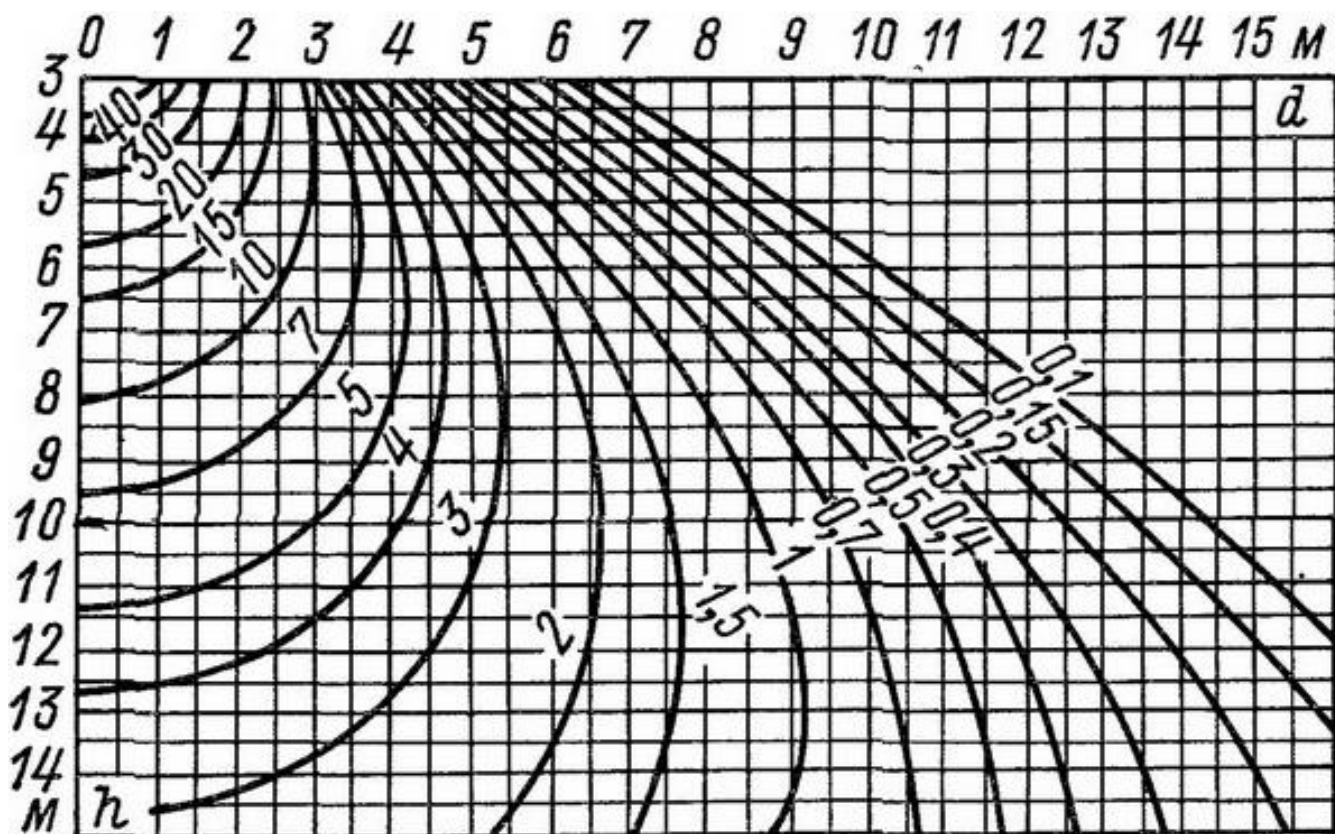
Характеристика объекта	Коэффициент запаса		Расчетная частота чистки светильников
	при лампах накаливания	при люминесцентных лампах	
Помещения с большим выделением пыли, дыма, копоти (мельницы, кузницы и т. п.)	1,7	2,0	4 раза в месяц
Помещения со средним выделением пыли, дыма или копоти (деревообделочные мастерские и т. п.)	1,5	1,8	3 раза в месяц
Помещения с малым выделением пыли, дыма или копоти (механические цеха, общественно-бытовые и т. п.)	1,3	1,5	2 раза в месяц
Наружное освещение светильниками	1,3	1,0	3 раза в год

Приложение 6 – Удельная мощность общего равномерного освещения* светильниками с ЛЛ типа ЛБ40

Расчетная высота h , м	Площадь помещения S , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС							
		Д-1		Д-2		Д-3		Г-1	
		при коэффициентах отражения $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{р}}$							
		0,7; 0,5; 0,1	0,5; 0,3; 0,1	0,7; 0,5; 0,1	0,5; 0,3; 0,1	0,7; 0,5; 0,1	0,5; 0,3; 0,1	0,7; 0,5; 0,1	0,5; 0,3; 0,1
2–3	10–15	4,9	6,1	4,4	5,2	4,3	5,0	3,7	4,1
	15–25	4,0	4,8	3,7	4,2	3,7	4,2	3,3	3,6
	25–50	3,6	4,2	3,3	3,8	3,2	3,6	2,9	3,1
	50–150	3,1	3,5	2,8	3,1	2,7	2,9	2,5	2,6
	150–300	2,7	3,0	2,6	2,8	2,5	2,6	2,4	2,5
	Свыше 300	2,5	2,7	2,4	2,5	2,3	2,5	2,2	2,3
3–4	10–15	7,6	10,5	6,7	8,5	5,6	4,9	6,9	5,5
	15–20	7,8	5,4	6,7	4,9	5,8	4,2	4,7	4,7
	20–30	4,9	5,9	4,4	5,2	4,2	5,0	3,7	4,2
	30–50	4,0	3,7	4,6	3,7	3,7	4,2	3,2	3,6
	50–120	3,5	4,1	3,2	3,7	3,1	3,4	2,8	3,0
	120–300	3,0	3,5	2,8	3,1	2,7	2,9	2,5	2,6
	Свыше 300	2,6	2,8	2,5	2,6	2,4	2,3	2,2	2,3
4–6	10–17	10,5	20,0	9,6	12,9	8,1	11,0	6,3	7,6
	17–25	8,5	12,2	7,1	9,6	6,5	7,8	5,1	5,9
	25–35	7,1	8,8	5,9	7,8	5,1	6,3	4,4	5,0
	35–50	5,5	6,9	4,9	5,9	4,5	5,4	3,8	4,4
	50–80	4,2	5,0	3,8	4,6	4,0	4,6	3,4	3,8
	80–150	3,8	4,5	3,4	4,0	3,4	3,8	3,1	3,3
	150–400	3,3	3,5	3,1	3,4	2,9	3,1	2,6	2,8
	Свыше 400	2,7	3,0	2,6	2,8	2,5	2,6	2,3	2,4

* Освещенность 100 лк, условный КПД = 100%, $k_{\text{зап}} = 1,5$, $Z = 1,1$

Приложение 7 – Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещённости для светильников типа РСП05/Г03, С34ДРЛ



Приложение 8 – Технические данные светильников с люминесцентными лампами

Тип светильников	количество и мощность ламп	КПД, %	тип КСС	степень защиты	климатическое исполнение	характеристика помещения
1	2	3	4	5	6	7
Светильники с дуговыми ртутными лампами высокого давления с люминофором (ДРЛ)						
РСП 05-125-001	125	60	Г	IP54	У3	сухое, чистое
РСП 05-250-001	250	70		IP20	УХЛ4	
РСП 05-400-001	400					
РСП 05-700-001	700					
РСП 05-1000-001	1000					

РСП 48-250(400)-001	250(400)	60	Л÷К	IP54		тяжелые условия среды
РСП 25-125(250)	125(250)		М			
Светильники с натриевыми лампами высокого давления (типа ДНаТ)						
ЖСП 01-400-007	400	75	Г	IP20	УЗ	сухое, чистое
ЖСП 01-400-008	400		К			
ЖСП 48-250(400)-001	250(400)	60	Л÷К	IP54	УХЛ4	тяжелые условия среды
ЖПП 06-(100-400)-001	100(400)		Л	IP54	УХЛ2	
Светильники с металлогалогенными лампами (типа ДРИ)						
ГСП 17-700-055	700	78	К	IP20	УЗ	сухое, чистое
ГСП 17-2000-055	2000					
ГСП 48-250(400)-001	250(400)	60	Л÷К	IP54	УХЛ4	тяжелые условия среды

Приложение 9 – Типовые кривые силы света круглосимметричных светильников (Φ=1000 лм)

Формула	I _α = const	$I_{\alpha} = I_0 \cos(\alpha); \alpha < 90^\circ/n$												I _α = I ₀ · sin(α)	$I_{\alpha} = I_0 \{ \cos \alpha / \cos[\theta \sin^m(n\alpha)] \}$		
		n=0,7841	n=1,0374	n=1,1038	n=1,1577	n=1,2091	n=1,2581	n=1,3048	n=1,3494	n=1,3921	n=1,4329	n=1,4719	n=1,5093		Θ = 70°	Θ = 78,3°	Θ = 84,4°
Коэффициент		0,7841	1,0374	1,1038	1,1577	1,2091	1,2581	1,3048	1,3494	1,3921	1,4329	1,4719	1,5093	n=1,5666	n=1,2	n=1,39	n=1,2
α, град	М	Д-1	Д	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г	Г-3	К-1	К-2	К-3	К	С	Л	Л-Ш	Ш
0	159,2	233,4	330,0	295	377,3	503	670,7	800	894,2	1192	1583	2120	2400	0	154,8	119,6	78,3
5		232,9	328,7	293,8	375,5	499,8	664,8	791,7	883,8	1173	1549	2062	2323	17,9	155,5	119,0	78,6
10		229,2	325,8	290,2	370,3	490,2	647,5	767,1	852,5	1118	1449	1893	2097	35,6	158,2	118,6	79,4
15		228,5	318,8	284,2	361,6	474,4	618,5	726,5	801,1	1026	1288	1595	1737	53,1	164,5	120,2	81,4

20	224,7	310,1	275,9	349,8	452,7	579,5	670,9	731,2	902	1052	1261	1265	70,1	175,5	126,0	81,7
25	220	299,1	265,3	334,3	425,1	530,2	601,5	643,8	750	810	832	712	86,6	190,7	134,0	83,3
30	214,1	285,8	252,5	316	392,1	471,4	519,6	541,3	574	515	249	113	102,5	210,8	145,0	87,2
35	207,1	270,3	237,7	294,7	354,1	404,7	426,9	439,9	380	196	0	0	117,6	235,1	159,6	94,8
40	199,3	252,9	221	270,7	311,7	330,9	325,4	301	174	0	0	0	131,8	261,8	180,4	105,4
45	190,6	233,3	202,4	244,2	265,3	251,4	217,2	168,8	0	0	0	0	145,0	281,6	209,7	121,3
50	180	212,1	182,1	215,4	215,5	167,3	104,4	32,6	0	0	0	0	157,0	282,1	243,3	137,1
55	170,5	189,3	160,4	184,6	162,9	81,8	0	0	0	0	0	0	168,0	257,2	269,7	162,0
60	159,2	165	137,4	152	108,3	0	0	0	0	0	0	0	201,9	212,9	275,0	199,0
65	147,1	139,5	113,2	118,2	52,6	0	0	0	0	0	0	0	185,8	161,7	247,6	230,0
70	134,3	112,9	88,1	83,1	0	0	0	0	0	0	0	0	192,6	113,6	194,0	252,0
72	129,0	102	77,9	68,9	0	0	0	0	0	0	0	0	195,0	95,6	167,0	243,2
74	123,6	91	67,5	54,6	0	0	0	0	0	0	0	0	197,1	79,4	139,0	225,0
75	121	85,4	62,3	47,4	0	0	0	0	0	0	0	0	198	71,5	125,2	212,3
76	118,1	79,8	57,1	40,2	0	0	0	0	0	0	0	0	199,0	63,8	111,1	199,0
78	112,6	68,6	46,6	25,7	0	0	0	0	0	0	0	0	199,0	49,1	84,5	165,5
80	106,9	57,3	36,0	11,2	0	0	0	0	0	0	0	0	201,9	35,8	60,4	127,7
82	101,2	45,9	25,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203,0	23,8	39,5	89,1
84	95,4	34,5	14,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203,9	13,8	22,5	53,6
85	92,5	28,7	9,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204,2	10,0	16,2	39,0
86	89,6	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204,5	6,2	10,1	25,0
88	83,6	11,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204,9	1,6	2,5	6,4
90	77,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205,0	0	0	0

Приложение 10 – Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных (ПУЭ, глава 1.3, таблица 1.3.6)

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	–	–	–	–

* Токи относятся к проводам и кабелям с нулевой жилой и без неё

Приложение 11 – Значения коэффициентов C для расчёта сетей по потере напряжения

Номинальное напряжение сети, В	Система сети	Выражение коэффициента C	Значения коэффициента C для проводников	
			медных	алюминиевых
380/220	Трёхфазная с нулём	$\frac{\gamma U_{л}^2}{10^5}$	72	44
220/127	Трёхфазная с нулём		24	14,7
220	Двухпроводная	$\frac{\gamma U_{ном}^2}{2 \cdot 10^5}$	12	7,4
36	Двухпроводная		0,324	0,198

γ – удельная электропроводность медных и алюминиевых проводов с учётом того, что фактическое сечение жил за счёт скрутки и удлинения несколько меньше указанного в паспорте; для меди $\gamma = 53$ м/(Ом·мм²); для алюминия $\gamma = 32$ м/(Ом·мм²)

Приложение 12 – Коэффициент мощности источников света

Источник света	cos φ
Лампы накаливания	1
Разрядные лампы с электромагнитными компенсированными ПРА	0,85–0,9
Разрядные лампы с электромагнитными некомпенсированными ПРА	0,45–0,53
Разрядные лампы с электронными ПРА	0,95–1,0
Светодиодные лампы	Нет данных*

* Коэффициент мощности светодиодных ламп часто не указывается производителями. По оценкам специалистов, cos φ для разных производителей может колебаться от 0,5 до 0,9

Приложение 13 – Значения коэффициента спроса

Характеристика освещаемого объекта и электрической сети	Коэффициент спроса k_c
Небольшие производственные и общественные здания, торговые помещения	1,0
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Административные здания, библиотеки, помещения общественного питания	0,9
Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Учебные, лечебные, конторско-бытовые, лабораторные здания и детские учреждения	0,8
Складские здания, состоящие из многих отдельных помещений, и электрические подстанции	0,6
Групповая сеть освещения	1,0

Приложение 14 – Выбор гофрированных труб в зависимости от количества проводов и размеров сечения

Площадь поперечного сечения провода S , мм ²	Количество проводов N , шт.	Внешний диаметр трубы D , мм
1,5	2; 3; 4; 5	16; 16; 20; 20
2,5	2; 3; 4; 5	16; 16; 20; 25
4	2; 3; 4; 5	20; 20; 25; 25
6	2; 3; 4; 5	20; 25; 32; 32
10	2; 3; 4; 5	25; 32; 32; 40
16	2; 3; 4; 5	32; 32; 40; 40
25	2; 3; 4; 5	32; 40; 50; 50
35	2; 3; 4; 5	40; 50; 50; 63
50	2; 3; 4; 5	50; 50; 63; 63
70	2; 3; 4	50; 63; 63
95	2; 3	63; 63
120	2	63
150	2	63

Приложение 15 – Значение коэффициентов потерь в ПРА люминесцентных ламп

Вид ламп	Тип ПРА	Коэффициент
----------	---------	-------------

		потерь в ПРА $k_{\text{ПРА}}$
Линейные люминесцентные	Электромагнитный	1,22
	Электромагнитный с пониженными потерями	1,14
	Электронный	1,10
Компактные люминесцентные	Электромагнитный	1,27
	Электромагнитный с пониженными потерями	1,15
	Электронный	1,10
Дуговые ртутные высокого давления, металлогалогенные	Электромагнитный	1,08
	Электронный	1,06
Натриевые высокого давления	Электромагнитный	1,10
	Электронный	1,06