

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И.РАЗЗАКОВА  
ТОКМОКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**Кафедра «Электроэнергетика»**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

**Методические указания к выполнению практических занятий для студентов направления  
640200 «Электроэнергетика и электротехника», профиль Электроснабжение (по отраслям)**

**Бишкек-2015**

**«Рассмотрено»**  
на заседании кафедры  
**«Электроэнергетика»**  
Прот. \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 2015 г

**«Одобрено»**  
Учебно-методической комиссией  
**ТТИ КГТУ им. И. Раззакова**  
Прот. \_\_\_\_ от \_\_\_\_ 2015 г

УДК 621.317 (07)

ББК.31

**Составитель: преп. Г.А. Аширалиева**

**Электрическое освещение: Методические указания к практическим занятиям /ТТИ КГТУ им. И.Раззакова; сост.: Г.М. Аширалиева.-Б.: ИЦ «Техник», 2015.-**

**В методическом указании излагаются краткие теоретические сведения по проектированию электрического освещения производственных помещений, методы расчета по выполнению контрольных заданий по данному курсу и примеры решения задач.**

**Табл.:7, рис.:7, библиогр.:4**

**Предназначено для студентов III-IV курсов очной формы обучения в направления инженерно-технических специальностей ТТИ КГТУ им. И.Раззакова.**

**Рецензент проф. КГТУ им. И. Раззакова Сатаркулов К.А.**

В светотехнической части излагаются основные технические решения и приводятся их обоснования. Рекомендуется следующая последовательность рассмотрения основных вопросов:

### **Выбор видов освещения**

На основании искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- рабочее освещение, устройство которого обязательно во всех случаях;
- аварийное освещение, необходимое для временного продолжения работы при аварийном погасании рабочего освещения;
- эвакуационное освещение, необходимое для безопасного выхода людей из помещения при аварийном погасании рабочего освещения. Предусматривается в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуируемых более 50 человек; по основным переходам помещений, в которых работает более 50 человек; в помещениях, где выход людей связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы оборудования;
- охранное освещение, предусмотренное вдоль границ территории, охраняемых в ночное время.

Выбор видов освещения в проекте должен иметь грамотное обоснование.

### **Выбор системы освещения.**

На основании [2 ÷ 2] искусственное освещение проектируется двух систем:

- общее (равномерное или локализованное);
- комбинированное ( к общему числу освещения добавляется местное).

При выполнении в помещениях работ I-IV разрядов следует применять как правило, систему комбинированного освещения ( табл.1) основание-[2.4.7].

Предусматривать систему общего освещения допускается при технической невозможности или целесообразности устройства местного освещения. Общее освещение производственных освещений при возможности предпочтительно устраивать локализованным, чему благоприятствуют большие размеры освещаемых поверхностей или размещение их сосредоточенными группами или рядами [3.4.2].

### **Выбор источников света**

Для освещения производственных помещений, как правило, должны применяться газоразрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные, ДРЛ, металлогалогенные, натриевые, ксеноновые). В случае невозможности или технико-экономической целесообразности применения газоразрядных источников света допускается использовать лампы накаливания [2.4,4].

Рекомендации по выбору источников света приведены в [3.2,6]. На основании этих рекомендаций можно сделать следующие выводы:

а) люминесцентные лампы применяются:

-для общего освещения освещений с недостаточным или отсутствующим естественным освещением;

-для освещения помещений, где предъявляются повышенные требования к цветопередаче, независимо от разряда работ.

Для местного освещения желателен применение люминесцентных ламп.

При выборе люминесцентных ламп следует учитывать, что наиболее экономичными являются лампы типа ЛБ, поэтому их следует применять во всех посещениях, где нет повышенных требований к правильной цветопередаче. Если же такие требования есть, то рекомендуется применять лампы ЛДЦ-4 или ЛХБЦ (ЛЕ). Следует помнить, что от лучей цветопередачи к худшей люминесцентные лампы располагаются так: ЛЕ (ЛХБЦ), ЛДЦ-4, ЛХБ, ЛБ, ЛТБ. В неотапливаемых помещениях люминесцентные лампы не применяются.

б) лампы ДРЛ применяются:

-для общего освещения высоких производственных помещений (высотой 6-8 м), в которых не требуется обеспечение правильной цветопередачи;

-для освещения территорий промышленных предприятий ( кроме охранного освещения);

Лампы ДРИ будут, по видимому, широко заменять лампы ДРЛ. Для аварийного и эвакуационного освещения следует применять:

-лампы накаливания;

-люминесцентные лампы- в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее  $+5^{\circ}\text{C}$  и при условии питания ламп во всех режимах переменным током напряжением не ниже 90% номинального. Ксеноновые лампы, лампы ДРЛ, ДРИ, натриевые лампы высокого давления для аварийного и эвакуационного освещения применять не допускается [2,4.29].

### **Выбор норм освещенности и коэффициента запаса ( $E_n$ и $K_3$ ).**

Выбор освещенности по СНиП осуществляется в зависимости от размера объекта различения, контраста объекта с фоном и коэффициента отражения (рабочей поверхности). При определении уровня освещенности для данного вида работ следует учитывать тип источника света и систему освещения, принятые в пп.2.2 и 2.9.

На выбор уровня освещенности влияет ряд дополнительных условий, что заставляет повышать или понижать найденные по СНиП значения освещенности.

К условиям, требующим повышения уровня освещенности, найденного по СНиП, относится: повышенная длительность напряженной зрительной работы в течении рабочего дня, большое удаление объекта от глаз наблюдателя ( более 0,5), отсутствие естественного освещения и т.д.

Освещенность может быть снижена ( по сравнению с найденной СНиП) в производственных помещениях, в которых оборудование не требует постоянного

обслуживания, или в помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей.

Выбор освещенности упрощается наличием отраслевых норм, которые кроме освещенности дают дополнительные указания: в какой плоскости нормируется освещенность, какая система рекомендуется, называется коэффициент запаса; рекомендуемые источники света и тд. Отраслевые нормы для ряда помещений приведены в [3.0000.4 – 40.4.5].

### Выбор типа светильника

Выбор светильников должен определяться следующими условиями: характером окружающей среды; требованиями к свет распределению и ограничению слепящего действия; соображениями экономики.

Условия среды освещаемого помещения определяют конструктивное исполнение светильника. Рекомендации по выбору светильников в зависимости от условий окружающей среды приведены в [4.0000.1 – 2].

Светораспределение светильника является основной характеристикой, определяющей светотехническую эффективность применения светильников в заданных условиях. Светотехническая характеристика типов светильников приведена в [23.0000.3.5,3.8,3.10] а рекомендации по их применению [4.6,6] и [3.3 0000.4].

### Размещение светильников

Размещение светильников в плане и разрезе определяется следующими размерами:  $H$ - высота помещения;  $h_c$ - расстояние светильника от перекрытия;  $h_n$ - $H-h_c$ -высота светильника над полом;  $h_p$ -высота расчетной поверхности над полом;  $h=h_n-h_p$ -расчетная высота;  $L$ - расстояние между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников (если по длине и ширине расстояния различны, то они обозначаются  $L_a$  и  $L_b$ );

$\ell$ -расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены.

Основное требование при выборе расположения светильников- доступность для их обслуживания. Кроме того, размещение светильников определяется условием экономичности. Важную роль играет значение  $\lambda=L/h$ , уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение приводит к резкой неравномерности освещения и к возрастанию расходов энергии.

Рекомендации по выбору  $\lambda$  приведены в [3.0000.4.16]. Значение  $\lambda$  принимается в указанной таблице в зависимости от типа источника света и характере светораспределения светильника. Рассчитав  $h$  и приняв значение  $\lambda$  можно определить  $L$ .

$$L=h \cdot \lambda$$

Размер  $\ell$  принимается в пределах  $(0,3 \div 0,5L)$  в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест.

Светильники с люминесцентными лампами рекомендуется устанавливать рядами, преимущественно параллельно длинной стороне помещения или стене с окнами ( в этом случае L- расстояние между рядами).

**Пример 1.** Освещение механического цеха выполнено светильниками СЛСПО2. Размеры цеха  $A \cdot B \cdot H = 48 \cdot 24 \cdot 6$  м;  $h_p = 0.5$  м.

Наметить размещение светильников (число рядов):

1.  $h = H - h_p - h_c = 6 - 0,8 - 0,5 = 4,7$  м;
2. по [3.0000.1.16] для светильника ЛСПО2, имеющую косинусную кривую силы света [3.0000.3.9] принимаем  $\lambda_c = 1,4$  (значение  $\lambda_c = L/h$ , тогда  $L = \lambda_c \cdot h = 6,78$  м;
3. принимаем  $L = 6,5$  м. Располагаем ряды светильников параллельно длине стороны цеха. Число рядов  $n = 4$ .  $21 = 24 - 6,5 \cdot 3 = 24 - 19,5 = 5,5$  м;  $\ell = 2,25$  м  $= 0,246$  (должно быть  $(0,3 \div 0,5) L$ ).

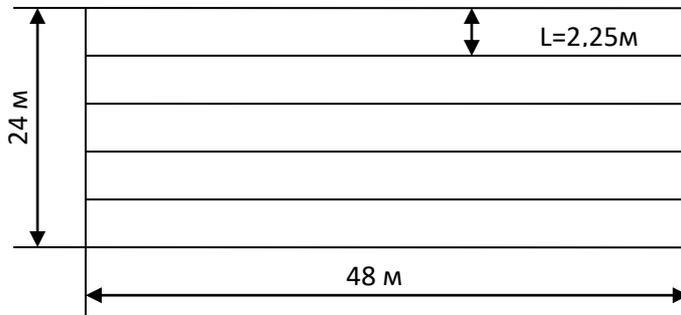
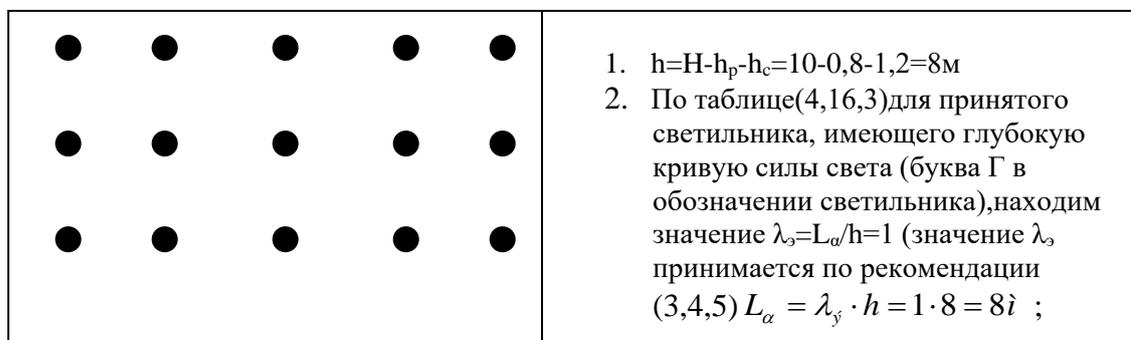


Рис.1 ( к примеру 1)

Светильники с «точечными» источниками света (ЛН, ДРЛ, ДРИ и т.д.) располагаются по вершинам квадратных, прямоугольных или треугольных полей ( в этом случае  $L = L_a$ -расстояние между светильниками в ряду;  $L_a/L_b \leq 1.5$ ;  $L_b$ - расстояние между рядами светильников).

**Пример 2.** Освещение инструментального цеха, размеры которого  $A \cdot B \cdot H = 60 \cdot 30 \cdot 10$  м;  $h_p = 0.8$  м;  $h_c = 1,2$  м выполнено лампами ЛНК в светильниках РСПО/ГОЗ.

1. Наметить размещение светильников в цехе:



2. при  $L_a = 8$  м в ряду можно разместить 8 светильников, тогда

3. принимаем число светильников равным пяти, тогда  $L_{\text{в}} = 6\text{м}$

$$L_{\text{а}}/L_{\text{в}}=8:6=1.33/1,5;$$

4. число светильников в цехе  $N = 40$ .

### Расчет освещения

Задачей расчета ОУ является определение числа мощности источников света или определением фактической освещенности, создаваемой запроектированной ОУ.

Расчет освещения может производиться различными методами. Метод коэффициента использования светового потока предназначается для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. Для этой же цели служат упрощенные форсы этого предмета.

Точечный метод служит для расчета освещения как угодно расположенных поверхностей и при любом распределении освещенности.

### Расчет по удельной мощности

Этот способ расчета наиболее прост и, дает достаточно точные результаты и широко применяется в проектировании. Расчет по удельной мощности применяется для общего равномерного освещения, но не пригоден для расчета локализованного освещения. Им можно рассчитывать только общее освещение помещений площадью больше  $10 \text{ м}^2$ , не загромождённых оборудованием, при общем равномерном расположении светильников и нормировании по всему помещению одинаковой освещенности на горизонтальной плоскости.

Значения удельной мощности  $W \text{ Вт/м}^2$ ; (мощность ламп на каждый квадратный метр площади освещаемого помещения) находятся по таблицам удельной мощности светильников согласно [3].

Величина удельной мощности зависит от :

- а) высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью- с увеличением высоты удельная мощность увеличивается;
- б) размеров освещаемого помещения-с увеличением площади помещения удельная мощность уменьшается;
- в) величины нормируемой освещенности- с увеличением освещенности удельная мощность увеличивается;
- г) типа светильников;
- д) коэффициентов отражения потолка, стен и пола.

Последовательность расчета методом удельной мощности при использовании ламп накаливания следующая;

1. Намечают тип и число светильников(ламп) в помещениях исходя из расчетной высоты  $h$  и расстояния между светильниками или рядами светильников  $L \ 1,5 h$ ;

- По таблице удельной мощности светильников [3] принимают значение удельной мощности  $W$ ;
- Определяют расчетную мощность одной лампы по формуле

$$P_e = \frac{WS}{n};$$

- По таблицам [3] выбирают ближайшую по мощности лампу.

Если мощность лампы значительно отличается от расчетной, то изменяют количество светильников или ламп.

Расчет освещения методом удельной мощности при освещении люминесцентными лампами производят в такой последовательности:

- По приложению [3] в зависимости от  $h, SE$  и типа светильника принимают значения удельной мощности  $W$  для ламп ЛБ. Удельная мощность для других ламп определяется умножением табличных данных на коэффициент: для ламп ЛХБ, ЛТБ- на 1,13; для ламп ЛД, ЛТБ80- на 1,29; для ламп ЛДЦ- на 1,68;
- Определяется количество люминесцентных ламп  $n$ . Мощность одной лампы  $P_l$  принимается по таблицам [3].
- По количеству ламп, устанавливаемых в одном светильнике  $n_1$  и полному расчетному количеству их  $n$  определяется количество светильников:

$$n_e = \frac{n}{n_1};$$

4. Намечаются места установки светильников с проверкой расстояния между светильниками и между рядами. Если расстояния оказываются больше расчетных ( $L=1,5h$ ), то производят перерасчет на светильники с меньшим количеством ламп.

**Рассмотрим примеры расчета методом удельной мощности.**

### Пример 3.

В помещении площадью  $S=A \cdot B=16 \cdot 10=160 \text{ м}^2$  с  $p_{п}=0,5$ ,  $p_{стен}=0,3$ ,  $p_{рп}=0,1$  на расчетной высоте  $h=3,2 \text{ м}$  предполагается установить светильники типа ЛСП 02-2·40-10 (кривые силы света типа Д-3, КПД= 60%) с люминесцентными лампами типа ЛБ. Требуется определить необходимое количество светильников для создания освещенности  $E_n=300 \text{ лк}$  при коэффициенте запаса  $k_3=1,8$  и коэффициенте равномерности  $Z=1,1$ .

По таблице находим  $W_{100\text{лк}}=2,9 \text{ Вт/м}^2$ . Но так как в таблице  $E_n=100 \text{ лк}$ ;  $k_3=1,5$  и КПД=100%, пропорциональным перерасчете определяем:

$$W=2,9 \cdot 1,8 \cdot 300 / (1,5 \cdot 0,6 \cdot 100) = 17,4 \text{ Вт/м}^2$$

Количество светильников

$$N=WS/P=17,4 \cdot 160/80=35 \text{ штук.}$$

Таким образом, предусматриваем 3 ряда по 12 светильников в каждом.

#### Пример 4

В производственном помещении длиной 18 м, шириной 10 м и высотой 4 м намечено установить 8 светильников ППР-200. Высота подвеса светильников над уровнем пола 3,5 м. Определить мощность ламп, если нормированная освещенность на уровне пола помещения равна 20 лк. Напряжение осветительной сети 220 В.

1. По таблице для  $H_p=3,5$  м,  $E_n=20$  лк и  $S=18 \cdot 10 = 180$  м<sup>2</sup> находим значение удельной мощности  $W=6,2$  Вт/м<sup>2</sup>.
2. Определяем потребную мощность лампы:  
 $6,2 \cdot 180 / 8 = 139,5$  Вт.
3. Принимаем лампу типа Б220-150 мощностью 150 Вт.

#### Пример 5

Сделать расчет освещения (определить количество и мощность ламп) методом удельной мощности для горячего цеха площадью  $S=10 \cdot 6=60$  м<sup>2</sup>, высотой  $H=3,5$  м. Напряжение электрической сети 220 В;  $h=2,2$  м, устанавливаемый светильник НСП17-200-103.

Намечаем к установке количество светильников - 6. Размещаем их в вершинах квадратов с  $L=3$  м.

По приложению находим значения удельной мощности. При  $E=75$  лк,  $h=2,2$  м (2...3),  $S=60$  м<sup>2</sup> (5...150) удельная мощность  $W=20,5$  Вт/м<sup>2</sup>.

Определяем расчетную мощность одной лампы:

$$P_{\text{р}} = \frac{W}{n} = \frac{20,5 \cdot 60}{6} = 205 \text{ Вт}$$

Выбираем лампу мощностью 200 Вт. Полная установленная мощность ламп  $P=6 \cdot 200=1200$  Вт. Фактическая удельная мощность

$$W_{\text{ф}} = \frac{P}{S} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ Вт/м}^2$$

#### Расчет освещения методом коэффициента использования

Коэффициент использования осветительной установки показывает, какая часть светового потока ламп падает на рабочую поверхность:

$$\eta = \frac{\Phi}{i \Phi_{\text{л}}};$$

где  $\Phi$ -световой поток, падающий на рабочую поверхность, лм;

$n$ - количество ламп;

$\Phi_{\text{л}}$ -световой поток одной лампы, лм.

Величина коэффициента использования зависит от типа светильников, коэффициентов отражения потолка  $\rho_{п}$  и стен  $\rho_{ст}$ , индекса помещения  $\varphi$ , учитывающего соотношение его размеров. Коэффициенты отражения чистых побеленных потолков и стен в сухих помещениях 70%, во влажных-50%, бетонных потолков и стен, оклеенных обоями-30%, взятые из табл.2 (Приложения).

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{h(A + B)}$$

где A, B-длина и ширина освещаемого помещения, м;

h-расчетная высота, м.

Величину коэффициента использования определяют в процентах. В формулу расчета освещения коэффициент подставляют в долях единицы.

Расчет освещения лампами накаливания заключается в определении светового потока лампы  $\Phi_{л}$ :

$$\hat{O}_{\bar{e}} = \frac{\dot{A}_i \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta}$$

где:  $E_n$ -нормируемая минимальная освещенность, лк;

S- площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$k_3$ = коэффициент запаса, связанный со старением лампы и запылением светильников.

Расчет освещения методом коэффициента использования (при освещении ЛЛ) заключается в определении количества необходимых для обеспечения нормируемой освещенности.

Расчетная формула имеет вид:

$$n = \frac{E_i \cdot S \cdot k \cdot Z}{\eta \cdot \hat{O}_{\bar{e}}}$$

где Z=1,15- коэффициент минимальной освещенности, равный отношению средней освещенности  $E_{ср}$  к нормированной минимальной  $E_n$ .

### Пример 6

Сделать расчет освещения методом коэффициента использования для горячего цеха завода площадью  $S=10 \cdot 6=160$  м<sup>2</sup>. Высота  $H=3,5$  м, напряжение электрической сети  $V=220$  В. Использовать лампы накаливания.

Решение: Для горячего цеха принимаем светильники НСП-17-200-103. Определяем расчетную высоту

$$h=H-h_p-h_{св}=3,5-0,8-0,5=2,2 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками

$$L=1,5h=1,5 \cdot 2,2=3,3 \text{ м}$$

Принимаем  $L=3$  м. При этом светильники располагаем в вершинах квадрата  $3 \times 3$  м. Расстояние от стен принимаем в 2 раза меньше расстояния между светильниками ( $L/2=1,5$  м), т.е. в интервале (1,5-2 м).

Устанавливаем 6 светильников. светильник НСП17-200-103 является одноламповым, поэтому число ламп также будет равняться 6.

Чтобы найти коэффициент использования, определяем индекс помещения:

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{10 \cdot 6}{2,2 \cdot (10 + 6)} = 1,7$$

$p_{\text{п}}=70\%$ ;  $p_{\text{ст}}=50\%$

Коэффициент использования  $\eta=47\%$  или 0,47. Его находим по таблице. Определяем световой поток одной лампы для освещенности 75 лк.

$$\hat{O}_{\varepsilon} = \frac{\hat{A}_r \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{75 \cdot 60 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{6 \cdot 0,47} = 2490 \text{ лк}$$

По таблице [4] находим лампу на 215...225 В, световой поток которой близок к полученному. Лампа Г215-225-200 мощностью 200 Вт имеет световой поток 2920 лк. Принимаем 6 ламп мощностью по 200 Вт. Полная установленная мощность ламп  $P=1200$  Вт ( $6 \cdot 200$ ). Удельная мощность

$$W = \frac{P}{S} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ Вт/м}^2$$

На основании примеров 3 и 4 можно сделать вывод, что при расчете разными методами получаются одинаковые результаты.

### Пример 7

На этаже производственного помещения длиной  $A=24$  м, шириной  $B=18$  м и высотой  $H=4,2$  м намечено установить 16 светильников типа НСП 11-200. Высота рабочей поверхности  $h_p=0,8$  м. Свес светильника (расстояние от потолка до центра лампы) принят  $h_{\text{св}}=0,5$  м. Напряжение питающей сети 220В. Ориентировочные значения коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности 50; 30% 10% или  $p_{\text{п}}=0,5$ ;  $p_{\text{ст}}=0,3$ ;  $p_{\text{рп}}=0,1$ ;

Решение

1. Определяем расчетную высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью

$$H_p = H - (h_{\text{св}} + h_{\text{рп}}) = 4,2 - (0,5 + 0,8) = 2,9 \text{ м}$$

2. Вычисляем показатель  $\varphi$  или  $i$  (индекс помещения)

$$\varphi = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{24 \cdot 18}{2,9 \cdot (24 + 18)} = 3,5$$

3. По принятым значениям коэффициентов отражения и показателю помещения  $\varphi$  находим коэффициент использования светового потока  $\eta=58\%=0,58$ .

4. Из норм освещенности находим  $E_n=30$  лк и коэффициент запаса  $k_3=1,5$ .

5. Приняв  $Z=1,1$ , определяем расчетный световой поток одной лампы

$$\hat{O}_{\text{р}} = \frac{\dot{A}_i \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{75 \cdot 60 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{6 \cdot 0,47} = 2490 \text{ лк}$$

6. Из ламп накаливания общего назначения выбираем ЛН типа Б мощностью 200 Вт, номинальный световой поток которой  $\Phi$ .

7. Проверяем расхождение расчетного и номинального световых потоков лампы:

$$\frac{\hat{O}_{\text{р}} - \hat{O}_{\text{н}}}{\hat{O}_{\text{н}}} \cdot 100 = \frac{2920 - 2388}{2388} \cdot 100 = 18\%$$

что находится в допустимых пределах.

8. Определяем фактическую минимальную освещенность рабочей поверхности с учетом выбранной лампы:

$$\dot{A}_{\text{факт}} = \dot{A}_i \frac{\hat{O}_{\text{р}}}{\hat{O}_{\text{н}}} = 30 \cdot \frac{2920}{2388} = 37 \text{ лк}$$

Если в результате расчета окажется, что лампа больше по мощности, следует увеличить число светильников и повторить расчет или найти необходимое число ламп, преобразуя формулу в

$$N = \frac{E_i \cdot S \cdot k \cdot Z}{\hat{O}_{\text{р}} \cdot \eta}$$

Расстояние между светильниками определяют по уравнению

$$L = \lambda_{\text{г}} \cdot \dot{I}_{\text{д}}$$

где  $L$  - расстояние между светильниками (или рядами ЛЛ), м;  $\lambda_{\text{г}} = \frac{L}{H}$  -наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками.

### Расчет освещения точечным методом

Точечный метод дает возможность определить в любой точке помещения освещенность, как в горизонтальной, так и в вертикальной или наклонной плоскостях. В основном он применяется при расчете локализованного и наружного освещения в случаях, когда часть светильников закрывается расположенным в помещении оборудованием, при освещении наклонных или вертикальных поверхностей, а также для расчета освещения производственных помещений с темными стенами и потолком (литейные, кузнечные цехи, большинство цехов в металлургических заводах и т.п.).

В основу точечного метода положено уравнение, связывающее освещенность и силу света:

$$\dot{A} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{k \cdot h_p^2},$$

где  $I_{\alpha}$  - сила света в направлении от источника на заданную точку рабочей поверхности (определяют по кривым силы света или по таблицам выбранного типа светильника);

$\alpha$  - угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением силы света к расчетной точке;

$\mu$  - коэффициент, учитывающий действие удаленных от расчетной точки светильников в отраженного светового потока от стен, потолка, пола, оборудования падающего на рабочую поверхность в расчетной точке (принимают в пределах  $\mu = 1,05 \dots 1,2$ );

$k$  - коэффициент запаса;

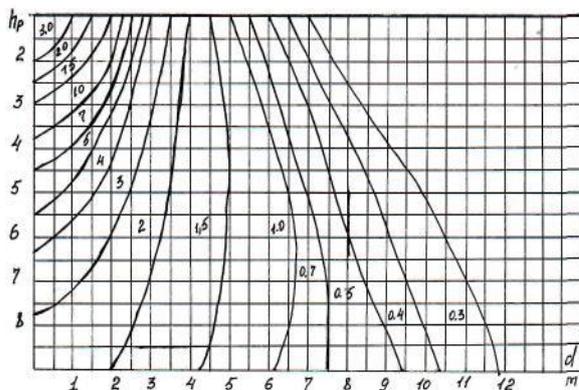
$h_p$  - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью.

Перед началом расчета необходимо вычертить в масштабе схему размещения светильников для определения геометрических соотношений и углов.

Расчет точечным методом более сложен, чем расчет по удельной мощности и методом коэффициента использования. Расчет ведется по специальным формулам, номограммам, графикам и вспомогательным таблицам. Наиболее простым является определение освещенности в горизонтальной плоскости от светильников с ЛН с помощью графиков пространственных изолюкс. Такие графики строятся для светильников каждого типа и имеются в справочных книгах по проектированию электроосвещения. Изолюксой называется линия, соединяющая точки с одинаковой освещенностью.

На рис.4 по вертикальной оси отложена высота установки светильника над расчетной поверхностью  $h$  в метрах, а по горизонтальной оси – расстояние  $d$  в м. 30, 20, 15, 10, 7...-у каждой кривой нанесена освещенность в люксах от светильника, имеющего лампу со световым потоком равным 1000 лм.

Рис.4. пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильника с матированным стеклом



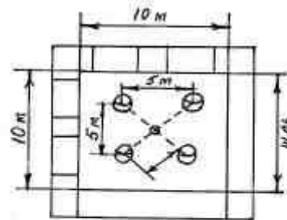
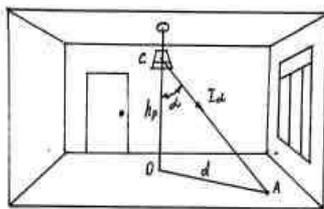


Рис.5. К расчету освещения точечным методом. С-Светильник; О- проекция светильника на расчетную плоскость; А- контрольная точка.

Рис.6. К расчету освещенности точечным методом

Чтобы определить освещенность в точке А, необходимо знать величины  $h$  и  $d$ . Предположим, что  $h=4$  м,  $d=6$  м. Проведем на рис.4 горизонтальную линию от цифры 4 на вертикальной оси и вертикальную линию от цифры 6 на горизонтальной оси. Линии пересекаются в точке, через которую проходит кривая, обозначенная числом 1. Это означает, что в точке А светильник С создает условную освещенность  $e=1$  лк.

Чтобы понять назначение пространственных изолукс и сущность расчета по ним, сделаем простой рисунок (рис.5) . Пусть в помещении установлен светильник С на высоте  $h$  над расчетной поверхностью, например, над полом. Возьмем на полу точку А, в которой необходимо определить освещенность. Обозначим расстояние от проекции светильника на расчетную плоскость О до точки А через  $d$ .

Расчет освещенности точечным методом от светильников с симметричным светораспределением (рис.6) рекомендуется вести в такой последовательности:

1. По соотношению  $d/h_p$  определяют  $tg \alpha$  и, следовательно угол  $\alpha$  и  $\cos^3 \alpha$ , где  $d$  – расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку;
2. По кривой силы света (или табличным данным) для выбранного типа светильников и угла  $\alpha$  выбирают  $I_\alpha$ ;
3. По формуле вычисляют горизонтальную освещенность от каждого светильника в расчетной точке;
4. Определяют суммарную освещенность в контрольной точке, создаваемую всеми светильниками;
5. Вычисляют расчетный световой поток (в люменах), который должен быть создан каждой лампой для получения в расчетной точке требуемой (нормированной) освещенности;
6. По найденному расчетному световому потоку подбирают лампу требуемой мощности.

### Пример 8

Помещение площадью 100 м<sup>2</sup>, высотой 5 м освещается четырьмя светильниками типа РСП113-400 с лампами ДРЛ мощностью 400 Вт. Светильники расположены по углам квадрата со стороной 5 м (рис.6). Высота подвеса светильника над рабочей поверхностью h<sub>p</sub> = 4,5 м. Нормированная освещенность в контрольной точке А равна 250 лк. Определить, соответствует ли освещенность в контрольной точке требуемой норме.

1. Определяем tg α (рис.6), α и cos<sup>3</sup> α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{h_p} = \frac{\sqrt{2.5^2 - 2.5^2}}{4.5} = 0.786$$

$$\alpha = 37^\circ; \cos^3 \alpha = 0.49$$

2. Определяем I<sub>α</sub>. По таблице 5 «Дискретные значения силы света светильников РСП13 (ДРЛ), которая составлена по кривой силы света светильников РСП13 (ДРЛ) при условной лампе со световым потоком, находим силу света I<sub>α</sub> при α = 37° (интерполируя между значениями силы света для угла α = 35° и 45°), I<sub>α1000</sub> = 214 кд. Световой поток установленной в светильнике лампы ДРЛ мощностью 400 Вт равен 19000 лм. Поэтому

$$I_\alpha = 214 \cdot \left( \frac{19000}{10000} \right) = 214 \cdot 1.9 = 406.6 \text{ кд}.$$

Таблица 5

α, град	0	5	15	25	35	45	55	65	75
I <sub>α</sub>	284	280	277	258	228	181	106	56	26

3. Рассчитываем освещенность от одного светильника в горизонтальной плоскости в контрольной точке А. Принимая коэффициент запаса k<sub>з</sub> = 1,5 для одного светильника и μ = 1,05 получим

$$E_A = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{k \cdot h_p} = \frac{406.6 \cdot 0.49 \cdot 1.05}{1.5 \cdot 4.5^2} = 68.8 \text{ лк}$$

Так как, в расчетной точке каждый из четырех светильников создает одинаковую освещенность в точке А будет

$$\sum A_\lambda = 4 \cdot 68.8 = 275.2 \text{ лк}$$

Фактическая освещенность повышает нормированную (250 лк) примерно на 10%, что находится в допустимых пределах.

Для рационализации техники расчетов освещенности точечным методом используют справочные кривые пространственных изолюкс, построенные для каждого типа светильника.

Результаты светотехнических расчетов, а также исходные данные для расчетов:

Размеры помещений, их светотехнические характеристики, значения освещенности и коэффициент запаса, выбранные по нормам, и ряд других данных следует в светотехническую ведомость, прилагаемую к проекту табл.3 Приложения.

### Электрическая часть проекта ОУ

Для ОУ, как правило, должно применяться напряжение:

- Для переменного тока при заземленной нейтрали – не выше 380/ 220 В.
- Переменного тока при изолированной нейтрали и постоянного тока – не выше 220 В.

Преимущественно применяются осветительные сети переменного тока с заземленной нейтралью напряжением 380/220В. Напряжение 12 и 36 В применяются в случаях, указанных в [3.0000.10.1], преимущественно для местного и переносного освещения лампами накаливания. В [3.0000.10.1] указаны наибольшие допустимые напряжения по отношению к номинальному у наиболее удаленных ламп не должно превышать следующих значений:

2,5%-у ламп рабочего освещения промышленных и общественных зданий;

5%- у ламп рабочего освещения жилых зданий и аварийного освещения;

10%-у ламп 12 ÷ 36 В, считая от выводов низшего напряжения понижающих трансформаторов.

Схема питания осветительной сети должна предусматривать обеспечение надежности питания, для чего необходимо предусмотреть отдельные вводы для рабочего и аварийного освещения. При наличии двух и более осветительных щитков питание последних чаще выполняется по магистральной схеме.

Расположение групповых щитков должно обеспечивать возможно более рациональное и экономичное построение сети. Целесообразно щитки размещать в центре электрических нагрузок для сокращения длины групповых сетей.

Групповые линии целесообразно принимать трехфазными четырехпроводными. При формировании групповых линий необходимо учитывать требования ПУЭ о том, что число светильников с лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ на одну фазу групповой линии не должно превышать 20, а предельный ток аппаратов, защищающих групповые линии не более 25 А. В группах, питающих газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и более или лампы накаливания 500 Вт и более допускается применение аппаратов защиты с номинальным током до 63 А.

При выборе трассы осветительной сети следует стремиться к минимальной их длине. Выполнение осветительных сетей возможно проводами и кабелями, как правило, с алюминиевыми жилами. Медные провода и кабели применяют лишь в случаях, оговоренных в [I – 4.8.9]. Рекомендации по выбору марки проводов, кабелей и способов их прокладки в зависимости от условий среды приводятся в [I.0000.3].

Выбор сечений проводников осветительной сети производится по току нагрузки, проверяется по потере напряжения и механической прочности.

При выборе сечений по току нагрузки должно выполняться условие

$$I_p \leq I_{\text{дв}} \cdot \hat{E}_t \cdot K_{\text{т}}$$

где  $I_{\text{дв}}$  - допустимый ток проводника, принимаемый по [9];  $K_{\text{т}}$  - поправочный коэффициент, учитывающий отличие температуры среды от расчетной, принимается по [9.13];  $K_{\text{пр}}$  - поправочный на условия прокладки проводников, принимается по [9.13];  $I_p$  - расчетный ток участка осветительной сети, который определяется для трехфазной сети по формуле

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi}$$

где  $P_p$  - расчетная мощность;  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности, равный 1,0 для ламп накаливания, 0,92-0,95 для люминесцентных ламп, 0,5 ÷ 0,6 для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНаТ.

Расчетная мощность определяется по формуле

$$P_p = K_c \cdot K_n \cdot N \cdot n \cdot P_{\text{н}}$$

где  $K_c$  - коэффициент спроса, значение которого для питания сети принимается по [1-4.8], для групповой сети он принимается равным 1,0;  $K_n$  - коэффициент учитывающий потери мощности в ПРА [3];  $n$  - число ламп в светильнике;  $P_{\text{н}}$  - номинальная мощность источника света.  $N$  - общее число ламп.

Проверка сети по потере напряжения производится по формуле:

$$\Delta U_{\text{дв}} \leq \Delta U_{\text{дв}}$$

где  $\Delta U_{\text{дв}}$  - расчетная потеря напряжения в сети;  $\Delta U_{\text{дв}}$  - располагаемая потеря напряжения.

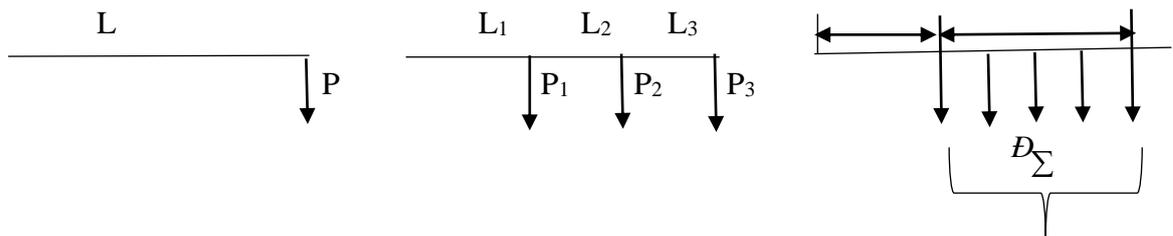


Рис.7. Определение моментов нагрузки

Потеря напряжения на каждом участке осветительной сети может быть определена по формуле

$$\Delta U = \frac{M}{c \cdot S}$$

где  $M$  - момент нагрузки, равный произведению нагрузки  $P$  (кВт), на длину линии  $L$  (м), определяемый по рис.7

а)  $M=PL$ ;

б)  $M = P_1 L_1 + P_2 (L_1 + L_2) + P_3 (L_1 + L_2 + L_3) = L_1 (P_1 + P_2 + P_3) + L_2 (P_1 + P_2) + L_3 P_3$ ;

в)  $M = P \sum_{i=1}^n (L_i + L/2)$

L-участок с равномерно распределенной нагрузкой (например, ряда светильников); C-коэффициент, зависящий от материала жилы системы напряжения (принимается по 3, табл. 12.9); S-сечение проводника, мм<sup>2</sup>, выбранное по условию нагрева.

Располагаемая потеря напряжения определяется по [3.0000.12.11]. Для упрощения значение может быть принята в пределах 4-6%.

Расчет осветительной сети может быть выполнен по условию минимума расхода проводникового материала [1.2.4] с последующей проверкой по току нагрузки.

Проверка сети на механическую прочность производится путем сопоставления расчетных сечений с наименьшими допустимыми сечениями проводников по механической прочности 4.9.

Защита осветительной сети коротких замыканий и перегрузки чаще всего выполняется с помощью автоматов. Номинальные токи расцепителей автоматов  $I_a$  следует выбрать по условию  $I_a \geq I_p$

Кроме того, сечения проводов и кабелей должны отвечать требованиям

$$I_{\text{ait}} \geq \hat{E} \cdot I_a$$

Где K-коэффициент, обуславливающий запас в сечении проводов, прокладываемых в помещениях, в которых электропроводка создает условия повышенной пожароопасности. Значения K приведены в 2.9.

В табл. 4-7 Приложения приведены условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах, установленные ГОСТ 21.614-88.

Этот стандарт устанавливает условные графические изображения для нанесения на планах электрооборудования электропроводок, электрических и кабельных линий и их элементов.

Таблица 4-изображения линий проводок на планах расположения

Таблица 5- изображения оборудования на планах расположения

Таблица 6- изображения выключателей, переключателей и штепсельных розеток.

Таблица 7- изображения светильников, прожектора, аппаратов контроля и управления.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 4-7

### Изображения линий проводок на планах

№	Наименование	Изображение
1	2	3
1	Линия проводки. Допускается указывать данные проводки и указать количество проводников в линии засечения	
1.1	Линия цепей управления	
1.2	Линий сетей аварийного, эвакуационного и охранного освещения	
1.3	Линия напряжения 36 В и выше	
1.4	Заземлители	
1.5	Металлические конструкции, используемые в качестве магистралей заземления, зануления	
2	Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более низкой отметки	
3	Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки	
4	Проводка в трубах (общее изображение)	

Таблица 5

## Изображения оборудования на планах расположения

№	Наименование	Изображение
1	Коробка ответвления	
2	Коробка вводная	
3	Щиток магистральный рабочего освещения	
4	Щиток групповой рабочего освещения	
5	Щиток групповой аварийного освещения	

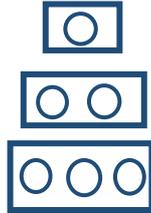
Таблица 6

## Изображения выключателей, переключателей и штепсельных розеток

№	Наименование	Изображение
1	2	3
1	Выключатель (общее изображение)	
2	Выключатель для открытой установки со степенью защиты IP-20 ÷ IP23	
2.1	Однополюсный	
2.2	Однополюсный сдвоенный	
2.3	Однополюсный строенный	
3	Выключатель для скрытой установки со степенью защиты IP-20 ÷ IP23	
3.1	Однополюсный	
3.2	Однополюсный сдвоенный	

3.3	Однополюсный строенный	
3.4	Двухполюсный	
4	Выключатель для открытой установки со степенью защиты IP-44 ÷ IP55	
4.1	Однополюсный	
4.2	Двухполюсный	
4.3	Трехполюсный	
5	Штепсельная розетка общее изображение	
6	Штепсельная розетка открытой установки IP-20 ÷ IP23	
6.1	Двухполюсный	
6.2	Двухполюсная сдвоенная	
6.3	Двухполюсная с защитным контактом	

## Изображения светильников, прожектора, аппаратов контроля и управления

№	Наименование	Изображения
1	2	3
1	Светильники с лампочкой накаливания (ЛН)	
2	Светильники на кронштейне	
3	Светильники с люминесцентной лампой (ЛЛ)	
4	Светильники на кронштейне для наружного освещения	
5	Светильник с разрядной лампой высокого давления	
6	Люстра	
7	Прожектор	
8	Светофор сигнальный(на три лампы)	
9	Звонок	
10	Табло для вызовов персонала	
11	Устройство пусковое для электродвигателей	
12	Автоматический выключатель	
13	Пост кнопочный На одну кнопку На две кнопки На три кнопки	

## Литература

1. Кнорринг Г.М., Осветительные установки.-М.: Энергоиздат,1981.
2. Правила устройства электроустановок.-М.: Энергоатомиздат,2002.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. –М.: Энергоатомиздат, 2003.- 472 с.
4. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга.- М.: Энергия, 2000. – 384 с.