

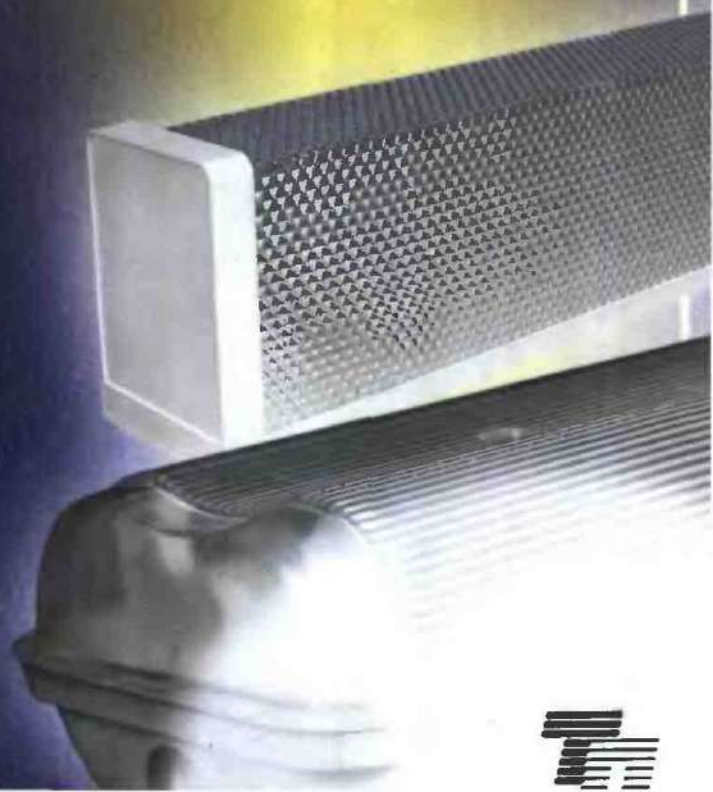
СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	5
1. Основные понятия и единицы светотехники.....	7
2. Выбор системы освещения и нормированной освещенности....	16
3. Классификация помещений и зон по условиям окружающей среды.....	21
4. Категории размещения, климатические исполнения и защита электрооборудования.....	27
5. Источники света.....	34
5.1. Лампы накаливания.....	35
5.2. Газоразрядные лампы низкого давления.....	40
5.3. Газоразрядные лампы высокого давления.....	48
5.4. Светодиоды.....	58
5.5. Достоинства и недостатки различных источников света.....	63
5.6. Выбор источников света.....	65
6. Световые приборы.....	74
6.1. Основные характеристики световых приборов.....	74
6.2. Светильники для помещений производственных и общественных зданий.....	80
7. Размещение светильников.....	103
8. Расчет электрического освещения.....	105
8.1. Метод коэффициента использования светового потока... 106	
8.1.1. Расчет освещенности по удельной мощности.....	112
8.2. Точечный метод расчета освещенности.....	120
8.2.1. Расчет освещенности на горизонтальной поверхности.....	121
8.2.2. Расчет освещенности от светящей линии.....	128
9. Схемы электрических осветительных сетей.....	132
10. Конструктивное исполнение осветительных электрических сетей.....	138
11. Защита осветительных сетей	146
12. Расчет электрической осветительной сети.....	150
12.1. Определение электрических нагрузок осветительных установок.....	150
12.2. Выбор сечения проводников по нагреву.....	156
12.3. Выбор сечения проводников по допустимой потере напряжения.....	163

12.4. Выбор системы заземления и сечения нулевых проводников.....	167
12.5. Выбор сечения проводников по условию соответствия аппаратам защиты.....	175
12.6. Пример расчета осветительной сети.....	177
13. Определение расхода электроэнергии на освещение.....	181
14. Выбор осветительных щитков и мест их размещения.....	183
15. Управление освещением.....	190
16. Техническое обслуживание осветительных установок.....	196
17. Рациональное использование электроэнергии в осветительных установках.....	200
18. Оформление чертежей графической части проектов осветительных установок	205
Литература.....	207
Предметный указатель.....	209
Приложения.....	211

В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ





КОЗЛОВСКАЯ
Влада Борисовна

окончила Белорусский политехнический институт в 1988 году, кандидат технических наук, доцент. Заведующая кафедрой «Электроснабжение» Белорусского национального технического университета.



РАДКЕВИЧ
Владимир Николаевич

окончил Белорусский политехнический институт в 1966 году, кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры «Электроснабжение» Белорусского национального технического университета.



САЦУКЕВИЧ
Валерий Николаевич

окончил Белорусский политехнический институт в 1968 году. Старший преподаватель кафедры «Электроснабжение» Белорусского национального технического университета.

В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Справочник



Минск
«Техноперспектива»
2007

УДК [621.32+628.97] (035.5)

ББК 31.294 я2

К 59

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц., декан агроэнергетического факультета БГАТУ
И. В. Протосовицкий
директор Минского гос. политехн. колледжа *Г. Д. Подгайский*

Козловская, В. Б.

К 59 Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 255 с. + [8] л. цв. ил.

ISBN 978-985-6591-39-9.

В справочнике содержатся основные положения и рекомендации по проектированию электрического освещения производственных объектов и общественных зданий. Рассмотрены и систематизированы вопросы выбора источников света и осветительных приборов, светотехнического и электрического расчета сети освещения, конструктивного выполнения и защиты осветительной сети, проектирования освещения в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

Издание предназначено для специалистов, занятых созданием и эксплуатацией систем электроосвещения промышленных объектов. Может быть полезным при проектировании и эксплуатации осветительных установок общественных и жилых зданий, а также при подготовке специалистов в области электрического освещения.

УДК [621.32+628.97] (035.5)

ББК 31.294 я2

© Козловская В. Б., Радкевич В. Н., Сацукевич В. Н., 2007

ISBN 978-985-6591-39-9

© ЗАО «Техноперспектива», 2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современную цивилизацию невозможно представить без искусственного освещения. Осветительные установки являются одними из наиболее распространенных технических устройств, применяемых во всех сферах человеческой деятельности. На любом производственном предприятии, в сельском хозяйстве, в жилом и общественном секторе используется множество разнообразных световых приборов, обеспечивающих требуемую освещенность при отсутствии или недостатке естественного света.

Экономичность и надежность осветительных установок зависят от принятых технических решений при их проектировании, монтаже и эксплуатации. Из-за массовости применения световых приборов светотехническими и электротехническими расчетами осветительных установок занимается значительное количество инженерно-технических работников, которые, как показывает практика, во многих случаях нуждаются в пособиях, способных оказывать им необходимую помощь при проектировании и эксплуатации систем электрического освещения. В последнее время в светотехнике произошли определенные изменения: разработаны и внедрены в практику эксплуатации новые световые приборы и электрооборудование, введена новая нормативно-техническая документация, оказывающая существенное влияние на выбор технических решений при проектировании осветительных установок. В связи с этим изданная ранее техническая литература по электрическому

освещению стала ограниченно пригодной для использования в процессе проектирования и эксплуатации осветительных установок.

Авторы поставили своей целью обобщить современные материалы по светотехническим и электрическим расчетам осветительных установок, проанализировать и представить справочную информацию, необходимую для выполнения указанных расчетов. В справочнике использована техническая информация по источникам света и световым приборам ведущих производителей светотехнической продукции Республики Беларусь и других стран.

При подготовке справочника авторы стремились излагать материал систематизированно, последовательно и доступно, сопровождая наиболее сложные теоретические вопросы поясняющими примерами, опираясь на действующую нормативную и справочную информацию, используя свой практический опыт.

Разработанное издание в первую очередь предназначено для специалистов, занятых созданием и эксплуатацией систем электроосвещения промышленных объектов. В то же время оно может быть полезным и при проектировании и эксплуатации осветительных установок общественных и жилых зданий.

В данной книге рассматриваются вопросы проектирования осветительных установок промышленных предприятий и общественных зданий, дается справочная информация, необходимая для выполнения расчетов электрического освещения, и приводятся основные требования действующей нормативно-технической документации к светотехнической и электрической частям осветительных установок. Содержание справочника ориентировано на получение читателями единой системы теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проектирования и эксплуатации осветительных установок.

Авторы признательны декану агроэнергетического факультета Белорусского государственного агротехнического университета, кандидату технических наук, доценту И. В. Протосовицкому и директору Минского государственного политехнического колледжа Г. Д. Подгайскому за полезные замечания и предложения, сделанные ими при рецензировании рукописи справочника.

ВВЕДЕНИЕ

Доля электрического освещения в электропотреблении разных стран различна. В Республике Беларусь она составляет около 10–13 %.

В общем электропотреблении промышленных предприятий затраты электроэнергии на искусственное освещение относительно невелики (5–15 %) и зависят от отрасли промышленности. Тем не менее следует стремиться к рациональному использованию этой энергии, обоснованно применяя экономичные и наиболее подходящие для конкретных условий источники света и световые приборы. Весьма важно также правильно организовать эксплуатацию осветительных установок, что необходимо учитывать при их проектировании.

От устройств искусственного освещения зависят безопасность работы, состояние и сохранность зрения человека, производительность труда, эстетическое восприятие интерьера помещений и архитектурный облик зданий.

Задачей оптимального проектирования и рациональной эксплуатации осветительных установок является обеспечение с наименьшими затратами требуемой освещенности и необходимого качества освещения помещений с целью создания нормальных условий для жизнедеятельности людей. Недопустимо экономить электроэнергию за счет ухудшения освещенности и качества освещения, так как это может повлечь за собой нежелательные последствия: снижение производительности труда, увеличение зрительной нагрузки работников, повышение травматизма и т. д.

Вопросы качества проектирования электрического освещения в конечном итоге связаны со здоровьем людей, поэтому следует грамотно подходить к осуществлению данной работы, строго выполняя требования действующей нормативно-технической документации.

Проектирование электрического освещения осуществляется при разработке электрической части строительного проекта объекта.

При проектировании электрического освещения необходимо, чтобы были обеспечены требуемые уровни освещенности и показатели качества освещения на рабочих местах и в помещениях в целом, поскольку при этом создаются комфортные условия для зрения работающих там людей.

При проектировании освещения для помещений и наружных установок с повышенными требованиями к архитектурно-художественному оформлению необходимо рассматривать электрическое освещение как элемент дизайна. В этом случае основные проектные решения принимаются совместно с соответствующими специалистами (архитекторами, дизайнерами и др.).

Существует определенный порядок расчета электрического освещения. При проектировании осветительных установок условно выделяют светотехническую и электрическую части проекта. В рамках светотехнической части разрабатываются такие основные вопросы, как выбор системы освещения, требуемой освещенности и коэффициента запаса, источников света и световых приборов, размещение светильников. В результате расчета определяется число и мощность ламп, необходимых для обеспечения заданной освещенности.

В электрической части проекта решаются задачи питания электроэнергией выбранных световых приборов и защиты сетей освещения. При этом проектирование ведется в следующей очередности: сначала осуществляется выбор схемы питания осветительной установки, типа групповых щитков и мест их расположения, намечаются трассы питающих и групповых линий. Далее в зависимости от конкретных условий принимаются марки проводов и кабелей и способы их прокладки. Следующим шагом является определение мер защиты от поражения электрическим током, а также выбор номинальных токов и уставок защитных аппаратов. После принятия решения по всем перечисленным позициям осуществляется расчет сечений проводов и кабелей питающих и групповых линий осветительной сети и решаются вопросы рациональной эксплуатации осветительной установки.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЕДИНИЦЫ СВЕТОТЕХНИКИ

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности людей необходимы источники света. Естественного освещения, создаваемого Солнцем, во многих случаях недостаточно для удовлетворения потребности людей в освещении. В связи с этим с древних времен человек создавал и использовал искусственные источники света: тела, вещества и устройства, в которых энергия любого вида при определенных условиях, зависящих от человека, преобразуется в свет. Свет является разновидностью электромагнитной энергии, передаваемой лучеиспусканием и вызывающей световое ощущение в результате раздражения зрительного нерва у людей и животных.

В результате преобразования подводимой к телам энергии, в частности тепловой или электрической, при определенных условиях возникает электромагнитное излучение, которое принято характеризовать длиной волны λ , измеряемой в метрах (м) или нанометрах (нм). Лучи по длинам волн распределены следующим образом:

$\lambda = 10^4 - 10^{-4}$ м – радиоволны;

$\lambda = 10^{-4} - 7,6 \cdot 10^{-7}$ м – инфракрасные лучи;

$\lambda = 7,6 \cdot 10^{-7} - 3,8 \cdot 10^{-7}$ м – видимые лучи;

$\lambda = 3,8 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-9}$ м – ультрафиолетовые лучи;

$\lambda = 5 \cdot 10^{-9} - 4 \cdot 10^{-12}$ м – рентгеновские лучи;

$\lambda = 4 \cdot 10^{-12} - 10^{-13}$ м – гамма-лучи, излучаемые при ядерном превращении.

Электромагнитные излучения оптической части спектра с длиной волны $\lambda = 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-9}$ м, включающие в себя инфракрасные, видимые и ультрафиолетовые излучения, имеют большое значение в жизни живых организмов и поддержании нормальной жизнедеятельности людей на Земле.

Как видно, область видимого излучения в общем потоке электромагнитного излучения довольно узкая. В зависимости от длины волны видимое излучение разделяется по следующим основным цветам:

красный – $\lambda = 7,6 \cdot 10^{-7} - 6,2 \cdot 10^{-7}$ м = 760–620 нм;

оранжевый – $\lambda = 6,2 \cdot 10^{-7} - 5,9 \cdot 10^{-7}$ м = 620–590 нм;

желтый – $\lambda = 5,9 \cdot 10^{-7} - 5,6 \cdot 10^{-7}$ м = 590–560 нм;

зеленый – $\lambda = 5,6 \cdot 10^{-7} - 5,0 \cdot 10^{-7}$ м = 560–500 нм;

голубой – $\lambda = 5,0 \cdot 10^{-7} - 4,8 \cdot 10^{-7}$ м = 500–480 нм;

синий – $\lambda = 4,8 \cdot 10^{-7} - 4,5 \cdot 10^{-7}$ м = 480–450 нм;

фиолетовый – $\lambda = 4,5 \cdot 10^{-7} - 3,8 \cdot 10^{-7}$ м = 450–380 нм.

Глаз человека по-разному воспринимает лучи различной цветности. Наиболее чувствителен он к желто-зеленым цветам. Максимальная чувствительность глаза, имеющая место при длине волны 555 нм, принята за единицу. В этом случае относительная видимость фиолетово-синего излучения не превышает 0,2, а красного – 0,3. Лучи, лежащие за красным и фиолетовым концами сплошного спектра (инфракрасные и ультрафиолетовые) являются для человека невидимыми.

Разные животные неодинаково реагируют на цветовые излучения. Например, домашние птицы при освещении помещения лампами синего цвета теряют способность видеть. Красный свет действует на птиц успокаивающе, в то время как на некоторых других животных – раздражающе.

В светотехнике помимо видимого излучения используются также инфракрасное и ультрафиолетовое. Невидимые инфракрасные лучи являются тепловыми и участвуют в переносе теплоты от одного тела к другому. Они появляются при нагреве какого-либо тела (например, куска металла) до температуры не выше 800 К. На шкале электромагнитных волн они занимают достаточно широкий диапазон между красным концом видимого спектра излучения света и коротковолновым радиоизлучением. Инфракрасное излучение находит широкое применение в дефектоскопии, в приборах ночного видения и ночного фотографирования, в средствах скрытой сигнализации и т. д.

Ультрафиолетовые лучи на шкале электромагнитных волн занимают область между фиолетовым концом видимого спектра и рентгеновскими лучами. Они отличаются сильным химическим (разложение различных солей, например, солей серебра и др.) и физиологическим (загар, уничтожение бактерий и др.) действием. Строго дозированное ультрафиолетовое облучение людей в профилактических целях применяют как средство, способствующее нормализации обмена веществ и повышающее устойчивость человека к воздействию неблагоприятных факторов [9]. Для нормального развития нуждаются в ультрафиолетовом облучении в раннем возрасте и домашние животные, если они не находятся на открытом воздухе под лучами солнца. Ультрафиолетовое облучение осуществляется с помощью специальных установок, в которых используются дуговые ртутные, эритемные (предназначенные для загара) и осветительные облучательные лампы.

Бактерицидные ультрафиолетовые лампы применяются для обеззараживания воздуха в помещениях медицинских учреждений, жилых домов и т. д.

Получаемое в источниках света оптическое излучение характеризуется рядом параметров, с помощью которых качественно и количественно оценивается каждый тип ламп. Номинальными [18] называются значения параметров, при которых лампы должны работать и которые они должны иметь при заданных условиях эксплуатации. Они устанавливаются, как правило, на основании статистической обработки результатов испытаний выборок из партии ламп данного типа, а затем распространяются на всю партию или совокупность ламп данного типа и поэтому являются величинами вероятностными. Фактические параметры отдельных образцов обычно отличаются от номинальных определенным разбросом (дисперсией).

Параметры источников света условно можно разделить на две основные группы: технические (физические) и эксплуатационные. Технические параметры характеризуют излучение (световой поток, сила света, яркость, спектр излучаемого света), электрический режим (мощность лампы, рабочее напряжение на ней, напряжение питания, сила и род тока, для газоразрядных ламп – потери мощности в пускорегулирующих аппаратах (ПРА), коэффициент мощности лампы и лампы в комплекте с ПРА и др.) и конструктивные особенности (габаритные размеры, размеры излучающего тела, форма

колбы, ее оптические свойства – прозрачная, матированная и т. п., конструкция и размеры электродов и т. д.). К числу наиболее важных эксплуатационных параметров источников света относят эффективность (КПД лампы, световая отдача лампы) и надежность. Под надежностью понимается свойство объекта выполнять требуемые функции в определенных условиях эксплуатации в течение заданного времени при сохранении значений основных параметров в заранее установленных пределах. Для источников оптического излучения наиболее важным показателем надежности является срок службы. Различают полный срок службы (до перегорания источника света), полезный срок службы (до момента выхода одного из параметров за допустимые пределы), а также минимальную продолжительность горения, которая определяется с учетом вероятности безотказной работы лампы в течение заданного времени.

Мощность электромагнитного излучения количественно характеризуется лучистым потоком, т. е. количеством энергии, излучаемой в единицу времени. В светотехнике пользуются понятием *светового потока* (Φ), под которым понимается та часть лучистого потока, которая воспринимается зрением человека как видимый свет. За единицу измерения светового потока принят люмен (лм), что в переводе с латинского означает «свет». Физическое представление о величине люмена могут дать следующие примеры: на 1 см^2 поверхности земли в летний день при сплошной облачности падает около 1 лм, а без облаков – около 10 лм, световой поток обычной лампы накаливания мощностью 60 Вт при напряжении 230 В составляет около 800 лм, а электрической лампы карманного фонаря – 6 лм.

Однако источник света может излучать световой поток в разных направлениях и с различной интенсивностью. Например, открытая лампа без светотехнической арматуры излучает свет по всем направлениям, а та же лампа, помещенная в прожектор, концентрирует его в определенном пучке. В обоих случаях световой поток одинаков, но плотность его разная. Поэтому световой поток не является исчерпывающей характеристикой источника света. В связи с этим введено понятие *силы света* (I), которое определяет интенсивность излучения источника в любом направлении окружающего пространства. В фотометрии единицей силы света является *кандела* (кд), что в переводе с латинского означает «свеча».

Световой поток – это произведение силы света и телесного угла, в котором он излучается. Телесным углом (ω) называется часть пространства, ограниченная конической поверхностью с вершиной в центре сферы и опирающаяся на поверхность этой сферы (рис. 1.1).

Телесный угол определяется как отношение площади F части поверхности сферы, на которую он опирается, к квадрату радиуса r этой сферы:

$$\omega = \frac{F}{r^2}. \quad (1.1)$$

Единицей измерения телесного угла является *стерадиан* (ср). Стерадиан представляет собой телесный угол, вырезающий на поверхности сферы участок, площадь которого эквивалентна площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы [20].

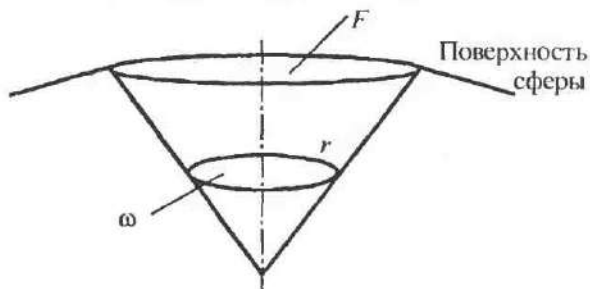


Рис. 1.1. Телесный угол

Соответственно кандела может быть выражена как сила света точечного источника, испускающего световой поток в один люмен, равномерно распределенный внутри телесного угла в один стерадиан. Таким образом, можно представить, что $\text{лм} = \text{кд} \cdot \text{ср}$.

Следовательно, люмен – это световой поток, испускаемый точечным источником света силой в одну канделу внутри телесного угла, равного стерадиану.

Для того чтобы количественно оценить уровень освещения какой-либо поверхности в результате попадания на нее светового потока, используется понятие *освещенности* E , значение которой с учетом рис. 1.2 можно рассчитать по формуле

$$E = \frac{\Phi}{F} = \frac{I_{\alpha} \cos \beta}{l^2}, \quad (1.2)$$

где Φ – световой поток, падающий на освещаемую поверхность, лм;
 F – площадь освещаемой поверхности, m^2 ;
 I_α – сила света под углом α к нормали N к освещаемой поверхности, кд;
 α – угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности, проведенной через ось симметрии источника света (рис. 1.2);
 β – угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности в точке A ;
 l – расстояние от источника света до освещаемой точки на поверхности, м.

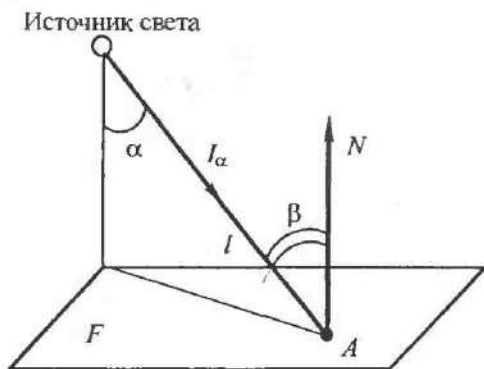


Рис. 1.2. Освещенность элемента поверхности

Освещенность представляет собой поверхностную плотность падающего светового потока. Как следует из формулы (1.2), для точечного источника света она прямо пропорциональна силе света и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света.

Освещенность поверхности не зависит от ее оптических свойств (поглощение, отражение, рассеяние света) и от направления, в котором она рассматривается [8].

Единицей освещенности является люкс (лк), что в переводе с латинского также означает «свет». Один люкс – это освещенность, создаваемая равномерно распределенным световым потоком в один люмен на освещаемой поверхности площадью $1 m^2$, т. е. $1 лк = лм/м^2$.

Для того чтобы представить себе уровни освещенности, приведем некоторые примеры. Полная луна в безоблачную ночь создает на поверхности Земли освещенность около 0,2 лк. В дневное время естественная освещенность при пасмурной погоде оце-

нивается в 10 000 лк, а в ясный солнечный день может достигать значений до 100 000 лк.

Чем выше уровень освещенности, тем лучше зрительное восприятие визуальной информации. Для чтения книги вполне достаточно освещенности 60 лк. Читать с напряжением зрения можно даже при одном люксе. В то же время статистически оценено, что освещенность в 500 лк является достаточно комфортной для чтения.

Поток от источника света, падая на поверхность какого-либо предмета, частично ею отражается. В этом случае глаз человека воспринимает только часть светового потока, отраженную от поверхности предмета и вызывающую зрительное восприятие. Чем больше светового потока, отраженного от поверхности предмета, улавливает глаз человека, тем сильнее зрительное ощущение этого предмета. При этом освещенный предмет тем лучше виден, чем большую силу света отражает его поверхность в направлении глаза человека и чем больше видна его поверхность. Уровень восприятия света глазом определяется *яркостью*. Для равномерно освещаемой поверхности яркость в любом направлении рассчитывается по формуле (см. рис. 1.2):

$$L = \frac{I_a}{F \cdot \cos \alpha} \quad (1.3)$$

Яркость является одним из важнейших понятий светотехники. Она определяет световое ощущение глаза человека и зависит от световых свойств освещаемых поверхностей, степени освещенности и угла, под которым поверхность рассматривается. Если яркость поверхности незначительна, то на ней трудно различать мелкие детали. Например, сложно прочесть чертеж, выполненный на темной бумаге. В тех случаях, когда яркость чрезмерная, поверхность слепит глаза и зрительное восприятие затрудняется. Сравнением яркостей объекта и фона, на котором он рассматривается, определяют контраст объекта с фоном. Для этого служит коэффициент контраста. Чем выше его значение, тем лучше виден объект на данной поверхности.

Единицей яркости служит *кандела на квадратный метр* (кд/м²). Следует отметить, что понятие яркости применимо не только к освещаемым поверхностям, но и к источникам света. Например, яркость солнца, находящегося в зените, оценивается в $150 \cdot 10^7$ кд/м².

Важной характеристикой источников света является цвет излучаемого света и качество передачи цветов освещаемых предметов. Цветность излучения источника света определяется *цветовой температурой* (T_c), измеряемой в *кельвинах* (К). Значение T_c представляет собой температуру, при которой излучение абсолютно черного тела («идеального» тела, которое поглощает весь падающий на него свет и отражение которого равно нулю) имеет цветность, совпадающую с данной. Отметим, что при повышении температуры нагрева абсолютно черное тело изменяет характер излучения, которое из красного становится желтым, белым и наконец синеватым, но никогда не бывает, например, зеленым или коричневым. Поэтому не все цветности могут быть достоверно охарактеризованы цветовой температурой. Величина T_c может не иметь ничего общего с физической температурой излучателя. Так, приписывая некоторому типу люминесцентных ламп значение $T_c = 4850$ К, а синему небосводу $T_c = 11\ 000$ К, необходимо знать, что эти излучатели подобной температуры не имеют [9]. Поэтому цветовую температуру следует рассматривать как некоторый оценочный показатель цветности источников света. Чем большее значение имеет этот показатель, тем более близок к естественному цвет излучаемого источником света. Существуют три главные цветности света: тепло-белая ($T_c < 3300$ К), нейтрально-белая ($T_c = 3300\text{--}5000$ К) и белая дневного света ($T_c > 5000$ К). Однако лампы с одинаковой цветностью света могут по-разному передавать цвета освещаемых предметов, что объясняется отличием спектрального состава излучаемого ими света. Качество цветопередачи выражается общим *индексом (коэффициентом) цветопередачи* (Ra), который показывает соответствие зрительного восприятия цветного объекта, освещенного исследуемым и эталонным источниками света при определенных условиях наблюдения. Его максимальное значение составляет 100. Источники света, имеющие значение $Ra = 90\text{--}100$, обладают очень хорошей цветопередачей, а уровень $Ra = 50$ и менее соответствует слабой цветопередаче. Различные спектры излучения ламп, несмотря на одинаковую цветность, вызывают различное восприятие цвета. Если, например, в спектре ламп мало красного света, то красные цвета предмета будут переданы не в полной степени. Лампы с высоким индексом (90 и больше) передают все цвета натурально, при низком индексе цвета воспринимаются ис-

каженно, например красные воспринимаются как оранжевые, зеленые – как желтые.

Излучение газоразрядных ламп пульсирует с удвоенной частотой переменного тока, питающего осветительную установку. Глубина пульсации оценивается *коэффициентом пульсации*, значение которого в процентах определяется выражением [14]

$$K_{\text{п}} = \frac{\Phi_{\text{max}} - \Phi_{\text{min}}}{2\Phi_{\text{cp}}} \cdot 100, \quad (1.4)$$

где Φ_{max} и Φ_{min} – максимальное и минимальное значения светового потока за период его колебаний, равный 0,02 с для частоты 50 Гц; Φ_{cp} – среднее значение светового потока за этот же период.

Глаз реагирует на изменение во времени освещенности. Глубина пульсации освещенности, регламентируемая [2], оценивается коэффициентом пульсации освещенности

$$K_{\text{п}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{cp}}} \cdot 100, \quad (1.5)$$

где E_{max} , E_{min} и E_{cp} – соответственно максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебания.

Наибольшее значение коэффициента пульсации нормируется в зависимости от разряда зрительных работ и установлено в пределах от 10 до 20 %. При периодическом общем наблюдении за ходом производственного процесса или инженерными коммуникациями данный показатель не нормируется [2].

При необходимости оценить экономичность того или иного источника света пользуются понятием *световой отдачи* (H), единицей измерения которой принят люмен на ватт (лм/Вт):

$$H = \frac{\Phi}{P}, \quad (1.6)$$

где Φ – световой поток источника света, лм;

P – мощность источника света, Вт.

В зависимости от требований к освещенности конкретных объектов при выборе источников света могут использоваться и другие световые характеристики [2, 8].

2. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И НОРМИРОВАННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

В соответствии с [2] искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Рабочее освещение предназначено для создания нормальной освещенности на рабочих местах.

Аварийное освещение обеспечивает требуемую освещенность при внезапном отключении рабочего освещения. Данный вид освещения разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности следует предусматривать в тех случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- ◆ взрыв, пожар, угрозу жизни и здоровью людей;
- ◆ длительное нарушение технологического процесса;
- ◆ нарушение работы ответственных объектов (электростанций, компрессорных, насосных, вентиляционных установок и т. п.);
- ◆ нарушение режима детских учреждений независимо от числа находящихся в них детей.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий следует предусматривать:

- ◆ в местах, опасных для прохода людей;
- ◆ в проходах и на лестницах при числе эвакуирующихся более 50 человек;
- ◆ по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек;
- ◆ на лестничных клетках жилых домов шести и более этажей;
- ◆ в помещениях общественных зданий, административных и бытовых зданий промышленных предприятий, если там одновременно могут находиться более 100 человек;
- ◆ в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, выход которых при отключенном рабочем освещении связан с опасностью травматизма;
- ◆ в производственных помещениях без естественного света.

В большинстве случаев в помещениях устраивается какой-либо один вид аварийного освещения. Если это освещение безопаснос-

ти, то должна быть обеспечена освещенность рабочих поверхностей путем установки светильников равномерного, локализованного или местного освещения. Но при размещении светильников следует учитывать необходимость освещения проходов.

При выполнении эвакуационного освещения обычно ограничиваются установкой светильников только по линии основных проходов.

Для аварийного освещения либо устанавливаются дополнительные светильники, либо используется часть светильников рабочего освещения, которые питаются от другого источника или при исчезновении напряжения переключаются на резервный источник.

В общественных, административных и бытовых зданиях предприятий выходы из помещений, где могут находиться одновременно более 100 человек, а также выходы из производственных помещений без естественного света, где могут находиться одновременно более 50 человек, или имеющих площадь более 150 м², должны быть отмечены указателями.

Указатели выходов могут быть световыми, со встроенными в них источниками света, присоединяемыми к сети аварийного освещения, и без источников света при условии, что обозначение выхода (надпись, знак) освещается светильниками аварийного освещения. Указатели должны устанавливаться на расстоянии не более 25 м друг от друга, а также в местах поворота коридора.

Освещение безопасности должно обеспечивать не менее 5 % освещенности рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий. При этом внутри зданий освещенность должна быть не более 30 лк при разрядных лампах и не более 10 лк – при лампах накаливания.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) в помещениях 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Светильники освещения безопасности в помещениях могут использоваться и для эвакуационного освещения.

Для аварийного освещения можно применять:

- 1) лампы накаливания;
- 2) люминесцентные лампы – в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее 5 °С при условии, что во всех режимах напряжение, подводимое к лампам, имеет величину не ниже 90 % номинального;

3) разрядные лампы высокого давления при условии их мгновенного или быстрого повторного зажигания как в горячем (после кратковременного отключения питающего напряжения), так и в холодном состоянии.

Световые приборы как освещения безопасности, так и эвакуационного освещения допускается предусматривать горящими, включаемыми одновременно со световыми приборами рабочего освещения, а также не горящими, автоматически включаемыми при прекращении питания рабочего освещения.

Отметим, что если для аварийного освещения используются светильники с газоразрядными лампами, то их, как правило, выделяют из состава светильников рабочего освещения, подключая к независимому источнику питания.

Охранное освещение является разновидностью рабочего освещения и устраивается по периметру территории, охраняемой в ночное время. Оно должно обеспечивать не менее 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли в вертикальной плоскости (с соответствующей стороны).

Под дежурным понимается освещение в нерабочее время. Область применения, величины освещенности, требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

Внутри помещений по способу размещения светильников и распределению освещенности различают следующие системы искусственного освещения: общее и комбинированное.

Общим называется освещение, светильники которого освещают всю площадь помещения, как занятую оборудованием или рабочими местами, так и вспомогательную. В зависимости от расположения светильников различают равномерное и локализованное общее освещение. При общем равномерном освещении светильники располагаются в верхней зоне помещения равномерно, обеспечивая тем самым одинаковую освещенность всего помещения. Оно применяется, как правило, когда расположение рабочих зон при проектировании неизвестно либо при гибкой планировке. При общем локализованном освещении светильники размещают с учетом расположения технологического оборудования, создавая на отдельных поверхностях требуемый уровень освещения.

Комбинированная система освещения состоит из общего и местного освещения. Общее освещение предназначено для освещения проходов и участков, где работы не производятся, а также для вы-

равнивания яркости в поле зрения работающих. Местное освещение обеспечивается светильниками, располагаемыми непосредственно на рабочих местах. Ему следует отдавать предпочтение, если в нескольких рабочих зонах помещения должны решаться различные зрительные задачи и поэтому для них требуются различные уровни освещенности. Оно также необходимо, когда рабочие места территориально отдалены друг от друга. При этом следует иметь в виду, что устройство только местного освещения недопустимо, так как оно создает большую разность освещенности рабочих поверхностей и окружающего пространства, что неблагоприятно сказывается на зрении.

При выборе системы освещения нужно исходить из характера зрительной работы, выполняемой в помещении, учитывая блескость и затенение рабочих поверхностей технологическим оборудованием и находящимися в помещении людьми. Блескость является одной из самых неприятных проблем освещения. В большинстве случаев блескость снижает остроту восприятия из-за усталости, следствием чего являются плохая концентрация и дефекты зрения. Различают прямую и отраженную блескость. Прямая блескость возникает при взгляде на очень яркое световое пятно, например на лампу в светильнике, расплавленный металл, сварку и т. п. Исключить блескость можно, подобрав подходящие светильники и правильно расположив их относительно рабочих мест. Отраженная блескость возникает вследствие отражения света от глянцевых или зеркальных поверхностей (дисплеи, мебель, бумага с художественной печатью и т. п.). Для предотвращения отраженной блескости необходимо критически оценить не только типы и расположение светильников, но и материал освещаемых поверхностей. Для ограничения отраженной блескости на горизонтальных поверхностях нормируется показатель ослепленности.

Нормы освещенности при использовании естественного и искусственного освещения промышленных помещений, работ на открытом воздухе, общественных и жилых зданий, улиц, дворов и площадей населенных пунктов регламентированы [2, 5, 7]. Они установлены на основе классификации по некоторым количественным признакам. Основным признаком, определяющим разряд работ, является размер различаемых деталей.

При размере деталей менее 0,15 мм работы относятся к разряду I (наивысшая точность) и требуют освещенности 1500 лк при

общем освещении, а последний (VI) разряд относится к работам, при которых различаются детали более 5 мм (очень малая точность) и требуется освещенность 150 лк при общем освещении.

Основные нормы освещенности относятся к установкам с газоразрядными источниками света. Для случая применения ламп накаливания устанавливаются пониженные значения освещенности, исходя из необходимости экономии электроэнергии.

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего периода промышленной эксплуатации осветительной установки. Однако из-за старения и загрязнения ламп, светильников и поверхностей помещения уровень освещенности со временем снижается. Это необходимо учитывать при проектировании осветительной установки. Поэтому начальная освещенность должна быть несколько больше нормированной, что достигается введением коэффициента запаса K_z , значения которого также регламентированы [2]. В зависимости от типа ламп и светильников, наличия пыли и других загрязнений в помещении, способа обслуживания и длительности эксплуатации значение коэффициента K_z обычно принимается в пределах 1,4–1,7 (табл. 2.1).

Нормы освещенности для различных помещений и производственных участков приведены в табл. П1. Для большинства помещений значения освещенности даны для осветительных установок с газоразрядными лампами как наиболее экономичными источниками света, широко применяемыми в производственных зданиях. Только для некоторых помещений, где могут применяться и осветительные установки с лампами накаливания, в скобках указаны освещенности и типы осветительных приборов при использовании этих ламп.

Таблица 2.1

Значение коэффициента запаса K_z , учитывающего снижение освещенности в процессе эксплуатации осветительного прибора

Тип помещения	Коэффициент запаса K_z
Цементные заводы, обрубные отделения литейных цехов, агломерационные фабрики	1,7
Цеха кузнечные, литейные, мартеновские, сборного железобетона, цеха химических заводов по выработке кислот, щелочей, удобрений; цеха гальванических покрытий и электролиза	1,6

Окончание табл. 2.1

Тип помещения	Коэффициент запаса K_z
Цеха инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,4
Территории металлургических, химических, горнодобывающих и других промышленных предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций; территории общественных зданий	1,5
Горячие цеха предприятий общественного питания, помещения прачечных, душевые	1,6
Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные классы, читальные и торговые залы	1,4
Улицы, площади, парки, пешеходные и транспортные тоннели	1,5

Примечание. Значения коэффициентов запаса приведены для газоразрядных источников света. При использовании ламп накаливания указанные коэффициенты следует умножать на 0,85.

Для общего освещения помещений производственных и складских зданий, а также помещений общественных и жилых зданий, административных и бытовых зданий предприятий следует использовать, как правило, более экономичные разрядные лампы. Лампы накаливания (в том числе галогенные) применяют для местного освещения, а также в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗОН ПО УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Условия окружающей среды в производственных помещениях и зонах, где размещается технологическое и связанное с ним электротехническое оборудование, определяются температурой воздуха, влажностью, наличием агрессивных газов и пыли, возможностью возникновения условий взрывопожароопасности [1].

По температуре воздуха выделяют *жаркие* помещения. В этих помещениях под воздействием различных тепловых излучений

температура превышает $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ постоянно или периодически (более 1 суток). К таким относятся помещения с сушилками, сушильными и обжигательными печами, котельные и т. п. При кратковременных превышениях температуры $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ среду не следует относить к жаркой, что в некоторых случаях избавляет от необходимости усложнения и удорожания сети.

Нижний и верхний пределы температуры в помещениях определяются при конкретном проектировании путем изучения климатических факторов в районе, где предполагается строительство объекта, условий отопления и вентиляции проектируемого здания и особенностей технологического процесса. Например, для электромашинных помещений нижний предел температуры обычно устанавливается равным $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а верхний – на уровне до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако в отдельные жаркие дни из-за несовершенства вентиляции температура в этих помещениях может повышаться до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более, что не должно учитываться в расчетах.

В производственных помещениях температура воздуха поддерживается в холодное время на уровне $+15\dots+16\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в жаркие летние дни не должна превышать $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. В горячих цехах металлургических заводов температура воздуха может достигать $+50\dots+55\text{ }^{\circ}\text{C}$, что должно учитываться в расчетах внутрицеховых электрических сетей и при выборе электрооборудования.

По влажности среды помещения делятся на сухие, влажные, сырые и особо сырые. Для их характеристики используется понятие *относительная влажность воздуха* ψ , измеряемая в процентах. *Относительная влажность* – это отношение имеющегося при определенной температуре количества влаги в единице объема воздуха к тому количеству, при котором неизбежно произойдет выпадение росы (при той же температуре).

Сухими называются помещения, в которых $\psi \leq 60\%$. Такие помещения при температуре не выше $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и отсутствии технологической пыли, химически активной и органической среды называются *нормальными*.

Во *влажных* помещениях пары или конденсирующаяся влага выделяется кратковременно в небольших количествах и соблюдается условие $60\% < \psi \leq 75\%$. *Сырыми* считаются помещения, в которых длительное время $\psi > 75\%$. К *особо сырым* относятся

помещения, в которых $\psi \approx 100\%$ (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

Пыльными помещениями называются такие, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводниках, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. [1]. Различают помещения с токопроводящей и нетокопроводящей пылью.

Помещения с *химически активной или органической средой* – это помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Пожароопасными являются такие среды в помещениях или на открытом воздухе, где применяются или хранятся горючие вещества, а взрывоопасными – среды, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом, кислородом или другими окислителями, а также взрывоопасные концентрации различных веществ в виде пыли или волокон, находящихся во взвешенном состоянии. В таких помещениях сами электроустановки представляют опасность из-за возможности пожара или взрыва вследствие перегрева проводников, образования искр и т. п.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения делятся на категории А, Б, В1–В4, Г1–Г2 и Д, характеристики которых приведены в табл. 3.1.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются или находятся горючие вещества. Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы [1]:

П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше $61\text{ }^\circ\text{C}$ (склады масел, масляное хозяйство трансформаторных подстанций и т. п.);

П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 к объему воздуха (деревобрабатывающие цеха, отделение измельчения ацетилцеллюлозы и т. п.);

II-IIa – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества (склады тканей, бумаги, деревянных моделей и т. п.);

II-III – расположенные вне помещений зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества (склады масел, угля, торфа, дерева и т. п.).

Таблица 3.1

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что избыточное расчетное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 (пожароопасная)	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли или волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г1	Процессы, связанные со сжиганием в качестве топлива горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, расплавленном или нагретом состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр или пламени. Процессы, связанные со сжиганием в качестве топлива горючих жидкостей, а также твердых горючих веществ и материалов
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Взрывоопасной зоной называется помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образовываться взрывоопасные смеси. Взрывоопасная смесь – это смесь с воздухом горючих газов, паров легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), имеющих температуру вспышки не выше 61 °С, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом не более 65 г/м³ при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва.

Взрывоопасные зоны делятся на следующие классы [1]:

В-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов, хранения и переливании ЛВЖ и т. д;

В-Ia – зоны, расположенные в помещениях, в которых образование взрывоопасных смесей горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом возможно только в результате аварий или неисправностей;

В-Iб – зоны, имеющие характеристику зон **В-Ia**, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

1 – горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных установок);

2 – помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых возможно образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения (например, помещения электролиза воды, зарядные станции аккумуляторных батарей);

В-Iг – пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ (за исключением наружных аммиачных компрессорных установок, выбор электрооборудования для которых производится как и для расположенных в помещениях), надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п;

В-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы;

В-IIа – зоны в помещениях, в которых взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом могут образовываться только в результате аварий или неисправностей.

В соответствии с ГОСТ 30852.9–2002 «Электрооборудование взрывозащищенное. Ч. 10. Классификация взрывоопасных зон» взрывоопасные зоны в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывчатой газовой смеси подразделяются на три класса:

0 – зона, в которой взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или в течение длительного времени;

1 – зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной смеси в нормальных условиях эксплуатации;

2 – зона, в которой маловероятно присутствие газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко, и существует очень непродолжительное время.

Отметим, что частоту возникновения и длительность присутствия взрывоопасной смеси допускается определять по нормам (правилам) соответствующих отраслей промышленности.

Стандарт устанавливает классификацию взрывоопасных зон, отличающуюся от принятой в правилах устройства электроустановок (ПУЭ) [1]. Возможность отождествления классификаций, установленных ПУЭ и ГОСТ 30852.9–2002, затруднительна. Указанный стандарт в меньшей степени, чем ПУЭ, связывает аварии и неисправности технологического оборудования с уровнем опасности зоны и уделяет большее внимание вентиляции как фактору, влияющему на уровень взрывоопасности зоны. При применении ГОСТ 30852.9–2002 рекомендуется в максимальной степени руководствоваться изложенными в нем требованиями, принимая во внимание, что данный документ соответствует международному стандарту МЭК 60079-10-95, а глава 7.3 «Электроустановки во взрывоопасных зонах» ПУЭ в дальнейшем будет пересмотрена.

При проектировании промышленных электроустановок одно и то же помещение может относиться одновременно к нескольким классам по окружающей среде. Например, помещение с химически активной средой может быть также и сырым. В этих случаях электро-

установка должна удовлетворять условиям надежной работы в неблагоприятных средах всех классов в данном помещении.

Высота расположения открыто прокладываемых незащищенных изолированных проводов электрической сети напряжением до 1 кВ зависит от класса помещения в отношении опасности поражения людей электрическим током. В соответствии с [1] различают помещения без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасные.

Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий:

- а) сырости или токопроводящей пыли;
- б) токопроводящих полов (железобетонных, металлических, кирпичных, земляных и т. п.);
- в) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

В особо опасных помещениях имеет место одно из следующих условий:

- а) особая сырость;
- б) химически активная или органическая среда;
- в) одновременно два или более условий повышенной опасности.

Помещения без повышенной опасности не содержат признаков помещений с повышенной опасностью и особо опасных.

4. КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ, КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

При проектировании осветительных установок необходимо правильно выбирать исполнение электрооборудования и электротехнических изделий в зависимости от места размещения их в условиях эксплуатации. Промышленностью выпускаются изделия и оборудование пяти категорий по размещению. Ниже приводится характеристика этих категорий [23].

Категория 1. К этой категории относятся изделия, предназначенные для работы на открытом воздухе.

Категория 2. К ней принадлежат изделия, предназначенные для работы под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха примерно такие же, как и на открытом воздухе. Например, в палатках, кузовах, прицепах, помещениях с металлическими стенами без теплоизоляции, а также в оболочке комплектного изделия категории 1 (исключается прямое воздействие солнечного излучения и атмосферных осадков).

Категория 3. В данную категорию входят изделия, предназначенные для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, без искусственного регулирования климатических условий. В таких помещениях колебания температуры и влажности воздуха, воздействие песка и пыли значительно меньше, чем снаружи. Например, в помещениях из металла с термоизоляцией, в деревянных помещениях. В этом случае существенно снижается воздействие солнечного излучения, ветра, атмосферных осадков, росы и др.

Категория 4. Изделия этой категории предназначены для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями. Например, в отапливаемых помещениях или охлаждаемых, вентилируемых производственных и других помещениях, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях. В указанных помещениях исключается прямое воздействие солнечной радиации, а также воздействие атмосферных осадков, песка и пыли, содержащихся в наружном воздухе.

Категория 5. К данной категории относятся изделия, предназначенные для применения в помещениях с повышенной влажностью. Например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в том числе в шахтах и подвалах, в грунте, в судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке (в частности, в некоторых трюмах, цехах текстильных и гидрометаллургических производств и т. п.).

Категории по размещению указываются обычно в типах или паспортных данных электротехнических изделий.

При выборе электротехнических изделий и оборудования необходимо также учитывать режим погоды района, в котором предполагается строительство промышленного объекта. Применение электрооборудования, не соответствующего реальному климату, может привести к увеличению затрат на сооружение и эксплуатацию системы электрического

освещения и преждевременному выходу из строя отдельных ее элементов. Поэтому электротехнической промышленностью выпускаются изделия в различных климатических исполнениях. Их возможные варианты представлены в табл. 4.1 буквами русского (латинского) алфавита.

Таблица 4.1

Климатические исполнения электротехнических изделий

Климатическое исполнение	Характеристика климата
У (<i>N</i>)	Умеренный
УХЛ (<i>NF</i>)	Умеренный и холодный
ХЛ (<i>F</i>)	Холодный
ТВ (<i>TH</i>)	Тропический влажный
ТС (<i>TA</i>)	Тропический сухой
Т (<i>T</i>)	Тропический как сухой, так и влажный
О (<i>L</i>)	Любой климат на суше, кроме очень холодного
М (<i>M</i>)	Умеренно холодный морской
ТМ (<i>TM</i>)	Тропический морской
ОМ (<i>MU</i>)	Любой морской климат (как умеренно холодный, так и тропический)
В (<i>H</i>)	Любой климат (всеклиматическое исполнение)

В условиях климата Республики Беларусь следует применять оборудование исполнения У и УХЛ.

Климатические условия работы электротехнических изделий и оборудования характеризуются в основном температурой и влажностью воздуха и пределами их изменения во времени. В табл. 4.2 приведены некоторые значения этих параметров для пяти категорий исполнения по размещению электротехнических изделий в условиях умеренного климата.

Таблица 4.2

Основные характеристики умеренного климата

Категория исполнения	Температура воздуха при эксплуатации, °С					Относительная влажность воздуха	
	рабочая			предельная		Среднее-среднее значение, %	Продолжительность воздействия, мес.
	max	min	средняя	max	min		
1	40	-45	10	45	-50	80	6
2	40	-45	10	45	-50	80	6
3	40	-45	10	45	-50	80	6
4	35	1	20	40	1	65	12

Категория исполнения	Температура воздуха при эксплуатации, °С					Относительная влажность воздуха	
	рабочая			предельная		Среднемесячное значение, %	Продолжительность воздействия, мес.
	max	min	средняя	max	min		
5	35	-5	10	35	-5	90	12

Примечание. Среднемесячные значения относительной влажности воздуха даны при 20 °С в наиболее теплый и влажный период.

Климатическое исполнение и категория размещения электротехнического изделия указываются в его типе или паспортных данных. Например, светильник типа РСП05-400 УХЛ4 предназначен для работы в умеренном и холодном климате (УХЛ) при установке его в помещении с искусственно регулируемыми климатическими условиями (4).

Защита электрооборудования напряжением до 72,5 кВ от влияния окружающей среды осуществляется с помощью оболочки, которой, как правило, является корпус изделия. Степень защиты устанавливается ГОСТ 14254-96 и обозначается буквами *IP* (начальные буквы английских слов International Protection) и двумя цифрами, характеризующими степень защиты персонала от прикосновения к токоведущим и движущимся частям электрооборудования, попадания через оболочку твердых посторонних тел и пыли (первая цифра), а также от проникновения воды (вторая цифра). Если для электротехнического изделия нет необходимости в одном из видов защиты, то допускается в обозначении степени защиты проставлять знак *X* вместо соответствующей цифры.

Первая цифра в обозначении может иметь следующие значения: 0 – специальная защита отсутствует; 1 – защита от прикосновения и попадания твердых тел размером (диаметр, толщина и ширина) 50 мм и более; 2 – защита от прикосновения пальцев и попадания твердых тел размером 12,5 мм и более; 3 – защита от проникновения внутрь оболочки тел размером 2,5 мм и более; 4 – защита от проникновения внутрь оболочки тел размером 1 мм и более; 5 – защита от пыли, предотвращающая от проникновения ее внутрь оболочки в количестве, достаточном для нарушения работы изделия; 6 – проникновение пыли полностью предотвращено.

Возможные значения второй цифры в условном обозначении степени защиты: 0 – специальная защита отсутствует; 1 – защита от капель воды, падающих на оболочку вертикально; 2 – защита от вертикально падающих капель при наклоне оболочки на угол до 15° относительно нормального расположения; 3 – защита от капель дождя; 4 – защита от брызг любого направления; 5 – защита от водяных струй любого направления; 6 – защита от сильного действия струй; 7 – изделия пригодны для непродолжительного погружения в воду; 8 – изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленных изготовителем.

В табл. 4.3 приведены стандартные степени защиты электрических аппаратов общепромышленного исполнения напряжением до 1 кВ.

Как видно из табл. 4.3, для применения рекомендуются не все возможные комбинации степеней защиты от попадания твердых посторонних тел, пыли и воды.

Для светильников предусматривается также исполнение с дополнительной защитой от пыли:

2' – степень защиты 2, но попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками;

5' и 6' – степень защиты соответственно 5 и 6, но колбы ламп не защищены от воздействия пыли.

Степень защиты таких светильников обозначается следующим образом: 2', 5' или 6' и рядом цифра, обозначающая степень защиты от воды (буквы IP при этом не указываются).

Таблица 4.3

Степень защиты электрических аппаратов

Степень защиты от попадания твердых тел	Степень защиты от проникновения воды									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	IP00	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	IP10	IP11	IP12	–	–	–	–	–	–	–
2	IP20	IP21	IP22	IP23	–	–	–	–	–	–
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	–	–	–	–	–
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	–	–	–	–	–
5	IP50	IP51	–	–	IP54	IP55	IP56	–	–	–
6	IP60	–	–	–	–	IP65	IP66	IP67	IP68	–

Взрывозащищенное электрооборудование в соответствии с действующим стандартом в зависимости от области применения подразделяется на две группы: I – для подземных выработок шахт и рудников, опасных по газу или пыли; II – для внутренней и наружной установки, кроме рудничного взрывозащищенного.

Взрывозащищенность электрооборудования для внутренней и наружной установки группы II в зависимости от уровня взрывозащиты подразделяют на электрооборудование повышенной надежности против взрыва (знак уровня защиты – 2); взрывобезопасное электрооборудование (знак уровня защиты – 1); особо взрывобезопасное электрооборудование (знак уровня защиты – 0); при этом электрооборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

- ♦ взрывонепроницаемую оболочку, т. е. оболочку, выдерживающую давление продуктов взрыва внутри ее и предотвращающую распространение их из оболочки в окружающую среду (обозначается буквой *d*);

- ♦ искробезопасную электрическую цепь, т. е. электрическую цепь, выполненную так, что электрический разряд или нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду при предписанных условиях испытания (обозначается буквой *i*);

- ♦ защиту вида *e*, заключающуюся в том, что в электрооборудовании или его части отсутствуют нормально искрящие контакты и дополнительно принят ряд мер, затрудняющих опасные нагревы, электрические искры и дуги;

- ♦ масляное заполнение оболочки, т. е. электрооборудование имеет оболочку, которая заполнена маслом или жидким негорючим диэлектриком (обозначается буквой *o*);

- ♦ заполнение или продувку оболочки под избыточным давлением, т. е. электрооборудование имеет оболочку, которую продувают чистым воздухом или инертным газом (обозначается буквой *p*);

- ♦ кварцевое заполнение оболочки, т. е. электрооборудование имеет оболочку, которая заполнена кварцевым песком (обозначается буквой *q*);

- ♦ специальный вид взрывозащиты, который основан на принципах, отличных от приведенных выше, но признанных достаточными для взрывозащиты (обозначается буквой *s*).

4. Категории размещения, климатические исполнения и защита оборудования

Электрооборудование группы II, имеющее взрывонепроницаемую оболочку и (или) искробезопасную электрическую цепь, подразделяют на подгруппы IIА, IIВ, IIС. Дополнительно в зависимости от предельной температуры установлены следующие температурные классы:

Температурный класс	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Предельная температура, °С	450	300	200	135	100	80

Маркировка взрывозащиты электрооборудования группы II содержит пять элементов в такой последовательности: 1 – уровень взрывозащиты (2, 1, 0); 2 – символ Ex, указывающий, что электрооборудование соответствует стандарту по взрывозащищенности; 3 – вид взрывозащиты; 4 – цифра II для электрооборудования, которое не подразделяется на подгруппы; символы IIА, IIВ, IIС – для электрооборудования, которое подразделяется на подгруппы; 5 – температурный класс (T1 – T6).

Вместо температурного класса допускается указывать предельную температуру для конкретной смеси, например 600 °С. Если же предельная температура конкретной смеси менее 450 °С, то дополнительно в скобках допускается указывать и температурный класс электрооборудования, например 400 °С (T1).

Маркировка рудничного взрывозащищенного электрооборудования содержит в указанной последовательности:

1 – знак уровня взрывозащиты (РП – для электрооборудования повышенной надежности против взрыва; РВ – для взрывобезопасного оборудования; РО – для особо взрывобезопасного оборудования); 2 – знак вида взрывозащиты (1В, 2В, 3В, 4В – взрывонепроницаемая оболочка).

По пожаробезопасности светильники подразделяют на два класса. К первому классу относят те, которые предназначены для установки на сгораемые материалы, а ко второму – на несгораемые.

5. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Искусственным источником света называют устройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение.

По физической природе различают два вида оптического излучения: тепловое и люминесцентное. Соответственно существующие источники света принципиально различаются по способу получения оптического излучения. В одних для этой цели используется нагревание тел (лампы накаливания), а в других оптическое излучение возникает в результате электрического разряда в определенной среде и люминесценции (газоразрядные лампы).

Если нагревание твердых тел ограничивается их температурой плавления, то нагрев газов и паров может осуществляться практически до любых температур. Одним из способов нагрева газов и паров до высоких температур является разряд. Подбирая типы газов и паров и их комбинации, можно получать излучение в нужной части спектра.

Газоразрядные лампы помимо состава среды, в которой происходит разряд, типа самого разряда, различаются также по давлению внутри разрядной трубки. В газоразрядных лампах низкого давления (ГЛНД) разряд происходит при давлении от 0,1 Па до 25 кПа, высокого давления (ГЛВД) – от 25 до 1000 кПа, в лампах сверхвысокого давления (ГЛСВД) рабочее давление составляет более 1000 кПа [18].

Наиболее распространенными источниками света, применяемыми в осветительных установках, являются лампы накаливания (ЛН), люминесцентные лампы (ЛЛ) низкого давления, а также дуговые лампы высокого давления – ртутные люминесцентные (ДРЛ), ксеноновые трубчатые (ДКсТ), металлогалогенные с излучающими добавками (ДРИ) и натриевые трубчатые (ДНаТ).

Весьма перспективными представляются так называемые твердотельные источники света – светоизлучающие диоды. Они могут использоваться в сигнальных и индикаторных устройствах, светофорах, цветowych рекламных устройствах, архитектурном освещении, а также для освещения таких помещений, как коридоры, кабины лифтов и кранов и т. п.

При выборе источников света следует учитывать их срок службы, световую отдачу, цветопередачу, а также ряд других характеристик.

Рассмотрим конструкции, основные параметры источников света и их особенности при использовании в осветительных установках.

5.1. Лампы накаливания

Лампа накаливания (рис. 5.1) состоит [20] из стеклянной колбы, внутри которой на крючках закреплена вольфрамовая нить. Напряжение к нити подводится двумя электродами, один из которых соединен с центральной частью, а другой – с резьбой цоколя. При прохождении электрического тока нить раскаляется и излучает свет.

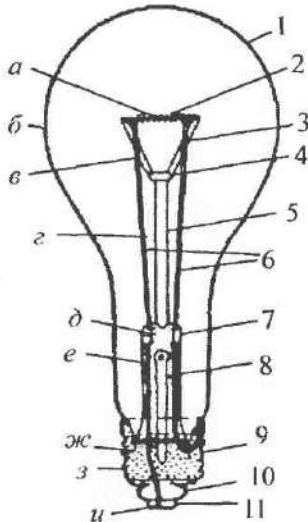


Рис. 5.1. Конструкция лампы накаливания

1 – колба; 2 – спираль; 3 – крючки; 4 – линза; 5 – штабик; 6 – электроды; 7 – лопатка; 8 – штенгель (стержень); 9 – цоколь; 10 – изолятор; 11 – нижний контакт.

Материалы: а – вольфрам; б – стекло; в – молибден; г – никель; д – медь.

сталь, никель; е – медь; жс – цокольная мастика; з – латунь или сталь;

и – свинец, олово

Для получения видимого излучения в лампах накаливания применяется нагревание тела. Однако видимое излучение возникает только при больших температурах излучаемого тела (от 1500 до 5000 К). В современных лампах накаливания в качестве материала тела накала широко используется вольфрам, который является тугоплавким металлом (его температура плавления порядка 3600 К) и обладает достаточно высокой пластичностью и низкой скоростью

испарения. Следует иметь в виду, что при увеличении температуры тела накала светотехнические характеристики источника света улучшаются, однако при этом сокращается срок службы лампы, так как под влиянием высокой температуры происходит интенсивное испарение вольфрамового тела накала. Нить накала при этом становится тоньше, испарившиеся частицы вольфрама оседают на внутренней поверхности колбы, вызывая ее потемнение, при этом снижается световой поток и в конечном итоге лампа перегорает. Поэтому температура тела накала имеет значение ниже температуры плавления металла, из которого оно изготовлено, и поддерживается в диапазоне 2400–2900 К. Для исключения окисления металла, лампы накаливания выполняются вакуумными. Для увеличения срока службы и повышения световой отдачи лампы, а также стабильности ее светового потока стремятся снизить скорость испарения материала тела накала. С этой целью колбы ламп накаливания наполняют аргон-азотной или криптон-ксеноновой смесью (газонаполненные лампы). Давление газов в наполненных колбах может достигать 0,08 МПа, но не превышает 0,1 МПа. Кроме того, для уменьшения распыления вольфрама и теплоотдачи уменьшают размеры нити, сворачивая ее в плотную винтовую спираль (моноспираль), а затем в биспираль (спираль, навитую из спирали).

Широкое распространение получили галогенные лампы накаливания (ГЛН), в колбу которых добавлен галоген (обычно йод), за счет чего в них осуществляется вольфрамо-галогенный цикл. Под таким циклом понимают комплекс физических и химических процессов, в результате которых частицы вольфрама, испарившиеся с тела накала, возвращаются с помощью галогенов из области более низких температур в область более высоких. Назначение цикла – предотвращение почернений колбы под действием испарившегося с тела накала вольфрама, т. е. сохранение ее прозрачности на протяжении всего срока горения лампы, а также регенерация вольфрамовой спирали. Однако, хотя благодаря галогенному циклу общая масса вольфрамового тела накала остается практически постоянной в процессе горения, нить лампы с течением времени в одних местах утоньшается, а в других – утолщается, т. е. процесс перегорания галогенных ламп подобен этому процессу в обычных ЛН. Колба галогенной лампы накаливания выполнена из прочного кварцевого стекла и имеет значительно меньшие габариты по сравнению с обычной

лампой накаливания. Кварцевое стекло – жаропрочный материал, а маленькие габариты гарантируют прочность, достаточную для того, чтобы создавать более высокое давление газа, что замедляет испарение вольфрама. Кроме того, ряд мировых производителей светотехнической продукции выпускает галогенные лампы с колбами из стекла, поглощающего ультрафиолетовую составляющую излучения. Галогенный цикл позволяет повысить световую отдачу до 26 лм/Вт при увеличении продолжительности горения до 2000–4000 ч.

Лампы общего назначения выпускаются мощностью до 1500 Вт на разные номинальные напряжения от 12 до 230 В. Лампы рассчитаны на напряжение в пределах диапазона, указанного в типе лампы. При напряжении сети, отличающемся от заданного, эксплуатационные характеристики лампы ухудшаются. В маркировке ламп буква В обозначает вакуумные лампы, Г – газонаполненные лампы, К – лампы с криптоновым наполнением, Б – биспиральные лампы. Лампы мощностью до 150 Вт могут изготавливаться в матированных, молочных или опалиновых колбах; лампы до 200 Вт имеют резьбовой цоколь Е 27; лампы 500 Вт и более – цоколь Е 40; лампы 300 Вт могут иметь любой из этих цоколей. Световая отдача ламп основной серии лежит в пределах 11,8–20 лм/Вт. Номинальный срок службы ламп 1000 ч. Излучение ламп по цветности более желтое по сравнению с естественным дневным светом ($T_c = 2400–2700$ К) и при их применении не обеспечивается правильная цветопередача. Технические параметры основных типов ламп накаливания общего назначения приведены в табл. 5.1 [8].

В условном обозначении типов галогенных ламп буквы и числа означают: первая буква – материал колбы (К – кварцевая), вторая – галогенную добавку (Г – галоген), третья и последующие буквы – область применения (СМ – самолетная) или конструктивную особенность (М – малогабаритная, К – с концентрированным телом накала), первое число – напряжение в вольтах, второе – мощность в ваттах и третье – порядковый номер разработки. Технические данные ГЛН различного назначения приведены в табл. 5.2 [8].

В осветительных установках в основном применяются трубчатые лампы типа КГ (кварцевые галогенные) мощностью 1–20 кВт. Лампы имеют форму трубки из кварцевого стекла с цоколями или вводными проводниками по концам. Они исключительно компактны, например, лампа мощностью 2 кВт имеет диаметр 10,5 мм и длину 335 мм. Световая отдача ламп 22 лм/Вт, срок

5. Источники света

службы 2500–3000 ч. Свет ламп типа КГ более белый, чем свет обычных ламп накаливания ($T_c = 3000 \text{ K}$), и в отношении цветопередачи признается пригодным даже для освещения экспонатов в музеях ($Ra > 90$). Однако галогенную лампу нельзя трогать руками, так как колба ее сделана из плавленого кварца, который кристаллизуется под действием жира, остающегося на поверхности лампы при прикосновении. Это приводит к разрушению колбы и перегоранию лампы.

В настоящее время ведущими мировыми производителями светотехнической продукции освоен выпуск галогенных ламп накаливания с колбами из стекла, поглощающего ультрафиолетовую составляющую. Такое кварцевое стекло колбы полностью удерживает интенсивное и вредное ультрафиолетовое излучение типа С и В, а более слабое и поэтому более безопасное излучение типа А ограничивается наполовину.

Таблица 5.1

Технические данные ламп накаливания общего назначения

Тип лампы	Напряжение, В	Номинальные значения		
		Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
Б125-135-60	130	60	810	13,5
БК125-135-60			890	14,8
Б215-225-60	220	60	730	12,2
БК215-225-60			800	13,3
Б220-230-60	225	60	730	12,2
БК220-230-60			800	13,3
Б230-240-60	235	60	710	11,8
БК230-240-60			790	13,1
Б235-245-60	240	60	710	11,8
Б215-225-75	220	75	960	12,8
БК215-225-75			1030	13,7
Б220-230-75	225	75	960	12,8
Б230-240-75	235	75	940	12,5
Б125-135-100	130	100	1540	15,4
БК125-135-100			1675	16,8
Б215-225-100	220	100	1380	13,8
БК215-225-100			1500	15,0
Б220-230-100	225	100	1380	18,8
БК220-230-100			1500	15,0
Б230-240-100	235	100	1360	13,6
БК230-240-100			1485	14,9

Окончание табл. 5.1

Тип лампы	Напряжение, В	Номинальные значения				
		Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт		
Б235-245-100	240	100	1360	13,6		
Г125-135-150	130	150	2420	16,1		
Б215-225-150	220		2220	14,8		
Г215-225-150			2090	13,9		
Г220-230-150	225		240	2065	13,8	
Г230-240-150	235			2060	13,7	
Г235-245-150	240			2180	14,5	
Б235-245-150				130	3350	16,7
Г125-135-200	130		200	3150	15,7	
Б215-225-200	220	2950		14,7		
Г215-225-200		225		2950	14,7	
Г220-230-200	235	2910		14,5		
Г230-240-200		3150		15,7		
Г125-135-300		130		300	5050	16,8
Г215-225-300		220		300	4850	16,1
Г220-230-300	225	4800			16,0	
Г230-240-300	235	500	9200		18,4	
Г125-135-500	130		8400	16,8		
Г215-225-500	220			8300	16,6	
Г220-230-500	225				750	13 100
Г230-240-500	235		1000			20 000
Г245-235-750	220			18 800		18,8
Г220-230-750	225	18 610			18,6	
Г125-135-1000	130		20 000		18,8	
Г215-225-1000	220				18 610	18,6
Г220-230-1000	225			18 610		18,6
Г230-240-1000	235	18 610				18,6

Таблица 5.2

Технические характеристики галогенных ламп накаливания

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
КГ220-1000-5	1000	22 000	22	2000
КГ220-1500	1500	33 000	22	2000
КГ220-2000-40	2000	44 000	22	2000
КГ220-5000-1	5000	110 000	22	3000

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
КГ220-10000-1	10 000	220 000	22	3000
КГ220-20000-1	20 000	440 000	22	2000

Простота схемы включения делает лампы накаливания надежными источниками света. Их невысокая стоимость, удобство и простота эксплуатации, разнообразие конструкций, напряжений и мощностей обуславливают широкое применение этого источника света. Важным достоинством ламп накаливания являются также низкие значения коэффициента пульсации светового потока (среднее значение составляет около 7 %). Лампы практически не критичны к изменениям условий внешней среды, включая температуру, но очень чувствительны к отклонениям подводимого напряжения. Отклонению напряжения от номинального на $\pm 1\%$ соответствует изменение светового потока на $\pm 3,7\%$, мощности – на $\pm 1,5\%$, световой отдачи – на $\pm 2,2\%$, срока службы – на $\mp 14\%$. Однако главным недостатком ламп накаливания является их низкая эффективность при преобразовании электрической энергии в световое излучение: их световая отдача не превышает 20 лм/Вт, что значительно ниже, чем у газоразрядных ламп. В сравнении с газоразрядными лампами срок службы ламп накаливания также существенно меньше.

5.2. Газоразрядные лампы низкого давления

Трубчатые люминесцентные лампы низкого давления (рис. 5.2), получившие широкое применение в осветительных установках, существенно отличаются от ламп накаливания по всем своим характеристикам. В основе действия люминесцентных источников света лежат различные способы превращения отдельных видов энергии в оптическое излучение. В современных источниках света используется электролюминесценция (оптическое излучение атомов, ионов, молекул жидких и твердых тел под действием ударов электронов, ионов, ускоренных в электрических полях, до энергий, достаточных для возбуждения) и фотолюминесценция (оптическое излучение, возникающее при поглощении оптического излучения другого источника).

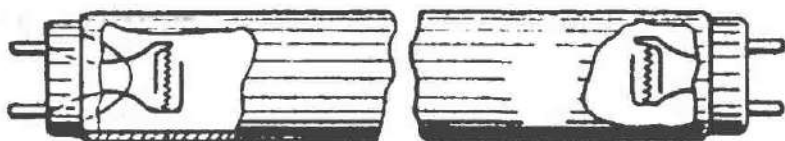


Рис. 5.2. Общий вид ртутной люминесцентной лампы низкого давления

Люминесцентная лампа представляет собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором (люминофоры – твердые или жидкие вещества, способные излучать свет под действием различного рода возбуждений). Из трубки откачан воздух, и она заполнена аргоном при давлении 400 Па с добавлением капельки ртути (60–120 мг), которая при нагревании превращается в ртутные пары.

Внутри трубки на ее концах в стеклянных ножках впаяны электроды с вольфрамовой биспиральной нитью, покрытой слоем оксидов щелочноземельных металлов (бария, кальция, стронция), способствующих более интенсивному излучению электронов. Электроды присоединены к контактным штырькам, закрепленным в цоколе.

Когда к противоположным электродам подводится напряжение определенной величины, возникает электрический разряд в газовой среде лампы, с выделением теплоты, под действием которой ртуть испаряется. Такой разряд сопровождается мощным ультрафиолетовым излучением, часть которого люминофор преобразует в видимое излучение. Выбором и качеством люминофора определяется цвет излучаемого света и эффективность работы лампы.

Люминесцентные лампы дугового разряда подразделяют на лампы общего и специального назначения. Их условное обозначение состоит из нескольких букв и чисел. Первая буква (Л) характеризует принадлежность лампы к данному виду, следующие буквы означают либо цвет излучения, либо особенности спектра излучения: Б – белая; Д – дневная; Е – естественная; ТБ – тепло-белая; ХБ – холодно-белая; Ф – фотосинтетическая; УФ – ультрафиолетовая; К, Ж, Р, З, Г – соответственно красная, желтая, розовая, зеленая, голубая; Ц – с улучшенной цветопередачей. Далее следуют буквы, обозначающие конструктивные особенности ламп: А – амальгамная; Б – быстрого пуска; К – кольцевая; Р – рефлекторная; U-образная; Ц – щелевая. Число после букв означает номинальную мощность

в ваттах, а следующее число – отличительную особенность лампы по сравнению с базовой моделью.

Люминесцентные лампы общего назначения имеют международную маркировку T12 и представляют собой трубчатые конструкции диаметром 38 мм. Лампы предназначены для общего освещения закрытых помещений, а также для наружных установок, питаемых от сети переменного тока напряжением 230 В частотой не менее 50 Гц. Технические данные ЛЛ в схемах стартерного зажигания приведены в табл. 5.3 [8].

Таблица 5.3

Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Номинальные значения			Продолжительность горения, ч	
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	средняя	минимальная
ЛД40-1	40	2600	65,00	15000	6000
ЛДЦ40-1		2200	55,00		
ЛХБ40-1		3100	77,50		
ЛБ40-1		3200	80,00		
ЛТБ40-1		3150	78,75		
ЛД65	65	4000	61,54	13000	5200
ЛДЦ65		3160	48,64		
ЛХБ65		4400	67,69		
ЛБ65-1		4800	73,85	15000	6000
ЛТБ65		4650	71,54	13000	5200
ЛД80	80	4300	53,75	12000	4800
ЛДЦ80		3800	47,50		
ЛХБ80-1		5200	65,00	13000	5200
ЛБ80-1		5400	67,50	12000	4800
ЛТБ80		5200	65,00		

Серия энергоэкономичных ЛЛ в колбе диаметром 26 мм мощностью 18, 36 и 58 Вт имеет международную маркировку T8 и предназначена для общего и местного освещения промышленных, общественных, административных (ЛБ18-1, ЛДЦ18, ЛБ36, ЛБ58) и жилых помещений (ЛЕЦ18, ЛЕЦ36, ЛЕЦ58). Их особенностью является пониженная на 10 % мощность по сравнению со стандартными лампами при сохранении тех же светотехнических характеристик. Энергоэкономичные ЛЛ эксплуатируются как в светильниках, предназначенных для стандартных ламп, так и в специально разработанных (светильники типа ЛПО33, ЛПО34,

ЛПС18). Следует иметь в виду, что у энергоэкономичных ламп повышено напряжение зажигания, поэтому их нельзя применять в бесстартерных схемах, а для надежного зажигания в стартерных схемах рекомендуется использовать унифицированный стартер, дающий более длительный и высокий импульс напряжения (900 В вместо 400 В) [18]. Технические данные энергоэкономичных ЛЛ приведены в табл. 5.4 [8].

Таблица 5.4

Технические данные энергоэкономичных люминесцентных ламп

Тип лампы	Номинальные значения			Продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ЛБ18-1	18	1250	69,4	15 000
ЛДЦ18	18	850	47,2	15 000
ЛЕЦ18	18	850	47,2	13 000
ЛБ36	36	3050	84,7	15 000
ЛДЦ36	36	2200	61	15 000
ЛЕЦ36	36	2150	59,7	13 000
ЛБ58	58	4800	82,8	15 000
ЛЕЦ58	58	3330	57,4	15 000

В настоящее время ведущими мировыми производителями светотехнической продукции освоен выпуск новых люминесцентных ламп (международная маркировка T5), имеющих диаметр разрядной трубки 16 мм и обладающих рядом преимуществ по сравнению с аналогичными лампами предыдущих поколений, в частности с более высокой световой отдачей (до 104 лм/Вт), сроком службы (до 16 тыс. ч), пониженным содержанием ртути (3 мг) и др. Основные технические характеристики таких ламп даны в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Технические данные люминесцентных ламп типа T5

Номинальные значения			Номинальные значения		
Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
14	1300	92,9	24	2000	83,3
21	2000	95,2	39	3400	87,2
28	2800	100	54	5000	92,6
35	3600	102,9	80	7000	87,5

Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) работают по такому же принципу, как и обычные люминесцентные лампы, но имеют другое конструктивное исполнение. Компактные люминесцентные лампы типа КЛС предназначены для непосредственной замены малоэффективных ламп накаливания, что позволяет экономить до 75 % потребляемой электроэнергии. Они имеют встроенный пускорегулирующий аппарат (ПРА) и снабжены стандартным резьбовым цоколем E27. Лампы типа КЛЛ работают с выносным ПРА (типа КЛ). Выпускаются компактные люминесцентные лампы мощностью от 5 до 57 Вт со световыми отдачами комплекта «лампа – ПРА» от 30 до 75 лм/Вт и сроками службы от 6 до 12 тыс. ч.

Выпускаются также эритемные и бактерицидные лампы. Первые используются в установках искусственного ультрафиолетового облучения людей и животных, а вторые – для обеззараживания воздуха в помещениях. Колбы этих ламп изготавливаются из специального стекла, пропускающего ультрафиолетовые лучи. В бактерицидных лампах люминофор отсутствует, а в эритемных применяется специальный люминофор, обеспечивающий ультрафиолетовое излучение с диапазоном длин волн, наиболее активно вызывающих загар, первоначально сопровождающийся покраснением участков кожи человека. Название лампы «эритемная» происходит от греческого слова «эритема», что означает «краснота».

Для зажигания и горения ламп необходимо включение последовательно с ними пускорегулирующих аппаратов. Существуют стартерные и бесстартерные ПРА, причем в первых начальный подогрев электродов обеспечивается кратковременным замыканием контактов стартера, включенного параллельно лампе, во вторых – подачей на электроды напряжения от специальных устройств, построенных на базе схем умножения напряжения, накальных трансформаторов и т. п. Стартерные схемы включения люминесцентных ламп (рис. 5.3) получили большее распространение, поскольку достаточно просты, имеют малые потери мощности и меньшую стоимость по сравнению с бесстартерными схемами. Однако наличие стартера иногда может приводить к «миганиям» и выходу из строя ламп. Кроме того, при пониженной температуре, если электроды лампы не успели как следует прогреться, лампа может не зажечься. Существуют различные типы стартеров. Наиболее распространенным является стартер тлеющего разряда, представляющий собой

небольшую газоразрядную лампу тлеющего разряда в стеклянной колбе, заполненной смесью инертных газов (60 % аргона, 28,8 % неона и 11,2 % гелия) [18]. Стеклянная колба помещена в пластмассовый или металлический корпус. Один из электродов стартера жесткий, неподвижный, изготовленный из никеля, а второй – подвижный, представляющий собой биметаллический элемент, состоящий из двух пластин с различными коэффициентами линейного расширения (существуют конструкции стартера с двумя подвижными контактами).

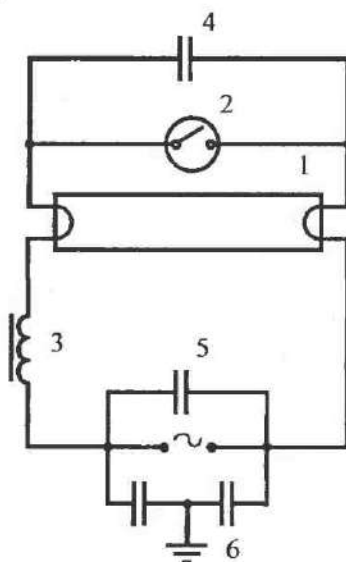


Рис. 5.3. Стартерная схема включения люминесцентной лампы

В момент включения схемы в сеть к электродам лампы 1 и стартера 2 приложено полное сетевое напряжение, так как тока в цепи нет и потеря напряжения на дросселе 3 отсутствует. Пока электроды лампы не нагрелись, напряжения сети недостаточно для зажигания лампы, однако достаточно для зажигания стартера. В стартере возникает разряд и в схеме протекает ток по цепи: сеть – первый электрод лампы – стартер – второй электрод лампы – дроссель – сеть.

Значение тока в этот момент составляет всего лишь сотые доли ампера, поэтому электроды лампы сильно разогреться не могут. Но для нагрева биметаллического электрода в стартере достаточно теплоты, выделяющейся при разряде. В результате нагрева биметаллическая

пластина изгибается и замыкает стартер накоротко. При этом ток в цепи возрастает до 0,5–0,6 А и электроды лампы быстро разогреваются. Поскольку тлеющий разряд, сопровождающийся выделением теплоты, в стартере при замыкании электродов прекращается, электроды стартера начинают остывать и размыкаются. Мгновенный разрыв цепи вызывает появление ЭДС на дросселе в виде мгновенного пика напряжения. При этом лампа, электроды которой уже раскалены, зажигается. После зажигания лампы в ее цепи устанавливается рабочий ток. Напряжение на зажимах лампы составляет около половины подведенного, остальная часть напряжения теряется на дросселе. Следовательно, в нормальном режиме работы лампы на зажимах стартера напряжение составляет примерно половину напряжения сети, что недостаточно для его повторного срабатывания.

Для устранения ряда недостатков, сопровождающих работу газоразрядных ламп, в схему вводятся конденсаторы 4–6. Параллельно электродам стартера включается конденсатор 4, назначение которого состоит в уменьшении амплитуды и увеличении длительности импульса напряжения, что способствует надежному зажиганию лампы. Кроме того, этот конденсатор снижает уровни радиопомех, возникающих при включении лампы. Параллельно лампе включается конденсатор 5. Он предназначен для повышения коэффициента мощности схемы. Также параллельно лампе подключаются конденсаторы 6, средняя точка которых соединяется с корпусом светильника. Они предназначены для подавления радиопомех, распространяющихся по сети.

При работе люминесцентных ламп с некомпенсированным ПРА коэффициент мощности комплекта «лампа – ПРА» в зависимости от мощности ламп находится в пределах 0,35–0,5; при двухламповых компенсированных ПРА – не ниже 0,92; при одноламповых компенсированных – не ниже 0,85.

Время зажигания ламп при номинальном напряжении электрической сети должно составлять не более 10 с, а время выхода ламп на предельные характеристики – не более 15 мин. Обычные типы ламп предназначены для работы при температуре окружающей среды 15–25 °С. При больших или меньших температурах световая отдача ламп снижается, а при температурах ниже 5 °С устойчивое зажигание ламп не обеспечивается. В жарких помещениях применяются специальные амальгамные лампы (типа ЛБА), имеющие нормальную световую отдачу при высоких температурах.

В настоящее время для зажигания и работы люминесцентных ламп широко применяются электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), в которых частота питающего тока повышается до 20–40 кГц. Данные устройства обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ЭмПРА):

- ◆ снижение потребления электроэнергии комплектом ЭПРА – лампа в среднем на 20 %;
- ◆ повышение световой отдачи лампы на 5–7 % при работе на повышенной частоте;
- ◆ экономия дефицитных материалов – меди и стали;
- ◆ высокое качество светового потока лампы вследствие низких значений коэффициента пульсации светового потока (5–15 %) и отсутствия стробоскопического эффекта;
- ◆ снижение массогабаритных показателей на 40–70 %;
- ◆ благоприятный («щадящий») режим зажигания лампы;
- ◆ повышение срока службы лампы на 10–50 % за счет стабильных параметров зажигания и горения;
- ◆ отсутствие мигания лампы в пусковом режиме;
- ◆ бесшумность работы ЭПРА;
- ◆ возможность регулирования светового потока светильника в диапазоне 10–100 % в ручном или автоматическом режиме;
- ◆ автоматическое отключение ламп в конце их срока службы, а также неисправных ламп.

Влияние отклонений напряжения на работу люминесцентных ламп сказывается меньше, чем на работу ламп накаливания, однако при понижении напряжения на 10 % лампа может не зажечься или же ее включение будет сопровождаться многократным миганием. Повышение напряжения, подведенного к зажимам лампы, облегчает процесс зажигания, но снижает ее световую отдачу из-за увеличения потребляемой мощности и срок службы (при повышении напряжения на 20 % срок службы ЛЛ, работающих в схемах с дросселем, уменьшается до 50 %). Срок службы ЛЛ также определяется режимом работы ее электродов. Чем меньше число включений, тем меньше износ оксидного слоя, покрывающего электроды, а следовательно, больше число часов горения лампы.

Работа ламп создает, хотя и незначительные, радиопомехи, распространяемые как по эфиру, так и по сети. Для их снижения в конструкцию

стартера входит конденсатор, являющийся в большинстве случаев достаточной мерой защиты.

5.3. Газоразрядные лампы высокого давления

Лампы типа ДРЛ. Дуговая ртутная люминесцентная лампа (рис. 5.4) состоит [18] из кварцевой трубки (горелки), расположенной в стеклянной колбе, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем люминофора, способного преобразовывать ультрафиолетовое излучение, сопровождающее дуговой разряд в трубке, в видимый свет, пригодный для освещения. В трубку, выполненную из кварцевого стекла, впаяны два основных вольфрамовых электрода, покрытых активированным слоем и подсоединенных к центральной части цоколя лампы, и два дополнительных электрода (зажигающих). В трубке имеется капелька ртути (25–165 мг). После откачки воздуха для поддержания стабильности свойств люминофора колба заполняется чистым инертным газом (аргоном).

Такая конструкция позволяет эффективно зажигать четырехэлектродную лампу от питающей сети напряжением 230 В. Приведенная на рис. 5.5 схема включения применяется для ламп, у которых напряжение зажигания U_z меньше напряжения сети U_c , а рабочее напряжение на лампе U_n таково, что $U_n / U_c \leq 0,7$. При данном соотношении напряжений обеспечивается надежное зажигание лампы. Каждый зажигающий электрод через резистор R , расположенный внутри наружного баллона, подключается к противоположному рабочему электроду. Резистор R ограничивает ток вспомогательного разряда и уменьшает ток утечки через зажигающие электроды лампы.

При подаче определенной величины напряжения к электродам лампы в трубке возникает электрический разряд, сопровождающийся ультрафиолетовым излучением ртутных паров с синеватым оттенком. Указанное излучение, воздействуя на люминофор, вызывает его свечение, имеющее красный цвет. Суммарный цвет светового излучения лампы складывается из излучений ртутного разряда и люминофора, приближаясь к белому.

Благодаря наличию внешней колбы, светотехнические характеристики лампы типа ДРЛ практически не чувствительны к температуре окружающего воздуха в отличие от люминесцентных ламп низкого давления. Они надежно работают при температуре окружа-

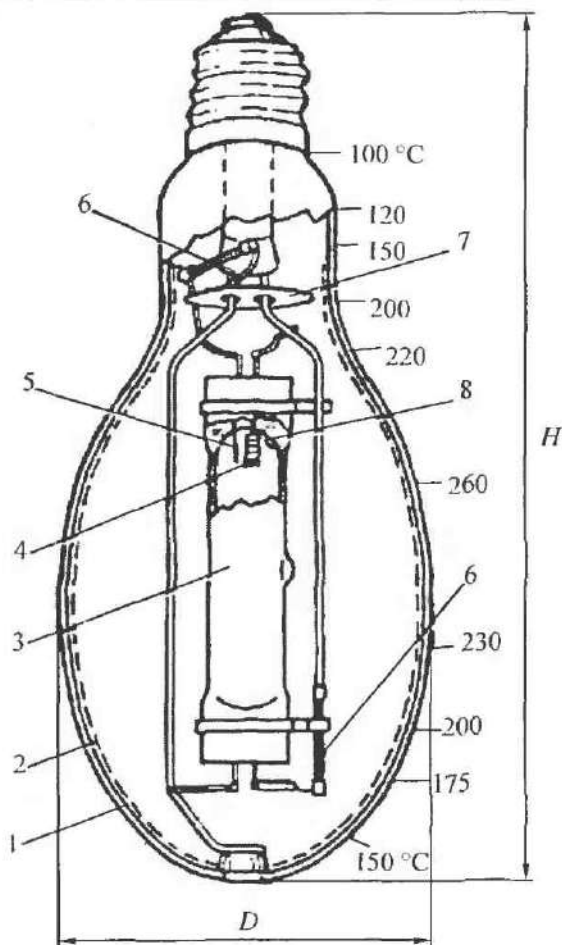


Рис. 5.4. Конструкция лампы типа ДРЛ

1 – внешняя стеклянная колба; 2 – слой люминофора; 3 – разрядная трубка из кварцевого стекла; 4 – рабочий электрод; 5 – зажигающий электрод; 6 – ограничительные резисторы в цепи зажигающего электрода; 7 – экран; 8 – ртуть. Цифры справа на колбе – температуры колбы лампы ДРЛ мощностью 400 Вт окружающего воздуха от -30 до $+40$ °С. Влияние температуры окружающего воздуха сказывается в основном на напряжении зажигания лампы и времени ее разгорания.

При эксплуатации осветительных установок допускается любое положение лампы типа ДРЛ. Однако при горизонтальном положении

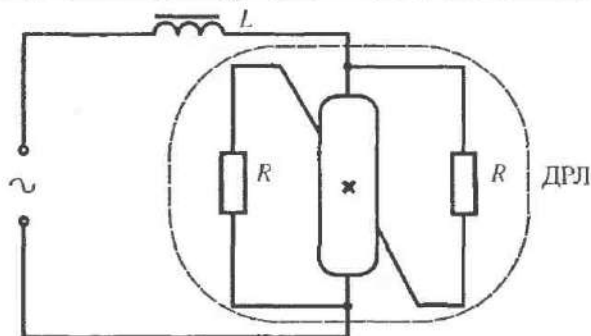


Рис. 5.5. Простейшая схема включения четырехэлектродной лампы типа ДРЛ дуга в горелке из-за конвекционных потоков газов слегка выгибается вверх. Это приводит к некоторому снижению мощности, световой отдаче и срока службы лампы [9].

Четырехэлектродные дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления с люминофорным покрытием на колбе выпускаются в пределах мощностей 80–2000 Вт и имеют световую отдачу 40–60 лм/Вт. Световая отдача возрастает с увеличением единичной мощности, но для наиболее применяемых в установках внутреннего освещения ламп мощностью 400–1000 Вт почти одинакова.

Срок службы ламп равен 12–20 тыс. ч, причем к концу этого срока световой поток снижается до 70 % от начального. Лампы включаются через индуктивные ПРА, потери мощности в которых составляют около 10 %. Коэффициент мощности комплекта «лампа – ПРА» составляет в среднем 0,5. В последнее время наметилась тенденция встраивания в ПРА конденсаторов для повышения коэффициента мощности до 0,9–0,95 [8]. Лампы в комплекте с ПРА предназначены для включения на напряжение 230 В, кроме ламп 2000 Вт, включаемых на напряжение 400 В. Лампы мощностью до 125 Вт имеют цоколь Е 27, остальные – цоколь Е 40. Преимуществом ламп ДРЛ по сравнению с люминесцентными лампами низкого давления является их компактность при высокой единичной мощности, существенным недостатком – плохая цветопередача их излучения, позволяющая применять лампы ДРЛ только при отсутствии каких-либо требований к различению цветов ($T_c = 3800 \text{ К}$, $R_a = 42$), а также значительные пульсации светового потока (коэффициент пульсации 63–74 %). Процесс разгорания ламп после включения длится 5–7 мин.

В случае хотя бы мгновенного перерыва питания лампы гаснут и начинают вновь разгораться только после остывания, когда пары ртути сконденсируются и давление в разрядной трубке упадет до первоначального значения (в течение примерно 10 мин). Как и люминесцентные лампы, они надежно работают только при напряжении не менее 90 % от номинального. Гигиенические исследования не выявили противопоказаний для применения ламп ДРЛ, но позволили сделать вывод, что при зрительных работах высокой точности применение их нежелательно.

Технические данные ртутных ламп общего назначения типа ДРЛ приведены в табл. 5.6 [8]. В маркировке типов ламп буквы и числа обозначают: ДР – дуговая ртутная, Л – люминесцентная, первое число – номинальная мощность в ваттах, в скобках указывается так называемое красное отношение, в процентах – доля излучения в красной части спектра в общем потоке излучения, через дефис – номер разработки.

Таблица 5.6

**Технические данные ртутных ламп высокого давления
общего назначения**

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, тыс. ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДРЛ250(6)-4	250	13 000	52	12
ДРЛ250(10)-4		13 500	54	
ДРЛ250(14)-4		13 500	54	
ДРЛ400(6)-4	400	23 500	58,8	15
ДРЛ400(10)-4		24 000	60	
ДРЛ400(12)-4		24 000	60	
ДРЛ700(6)-3	700	40 600	58	20
ДРЛ700(10)-3		41 000	58,6	
ДРЛ700(12)-3		41 000	58,6	
ДРЛ1000(6)-3	1000	58 000	58	18
ДРЛ1000(10)-3		59 000	59	
ДРЛ1000(12)-3		59 000	59	

Лампы типа ДРЛ с красным отношением 6 % рекомендуется использовать для освещения улиц и автострад, 10 % – для наружного и внутреннего освещения промышленных объектов с высоким уровнем зрительных работ, 12 % и более – для внутреннего освещения промышленных предприятий.

Для освещения помещений производственных и общественных зданий, в которых выполняются работы, требующие повышенного цветоразличения, могут применяться лампы типа ДРЛ мощностью 50, 80 и 125 Вт, имеющие долю красного излучения 15 % (табл. 5.7).

Таблица 5.7

Технические характеристики ртутных ламп высокого давления с увеличенным красным отношением

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, тыс. ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДРЛ50(15)	50	1900	38	10
ДРЛ80(15)	80	3600	45	12
ДРЛ125(15)	125	6300	50,4	12

Металлогалогенные лампы (МГЛ) типа ДРИ (дуговые ртутные с излучающими добавками) появились в результате развития и усовершенствования ламп ДРЛ. Устройство ламп типа ДРИ (рис. 5.6) практически такое же, как и ламп типа ДРЛ. В прозрачной колбе находится разрядная трубка, с обеих сторон которой впаяны электроды. В основании колбы установлен экран. В качестве внешней колбы применяется либо стандартная колба лампы ДРЛ без люминофорного покрытия (в типе лампы указана модификация 5), либо колба цилиндрической формы (модификация 6). Лампы модификации 5 предназначены для работы в любом положении, а модификации 6 – преимущественно в горизонтальном [8].

В лампах типа ДРИ в разрядную трубку помимо ртути и аргона (или другого инертного газа) дополнительно вводят галоидные соединения различных металлов (обычно с йодом, так как йодиды металлов практически не взаимодействуют с кварцевым стеклом). Эти соединения в горячей зоне распадаются на атомы йода и металла. Из горячей зоны они перемещаются в холодную к стенкам и воссоединяются в первоначальное состояние. Таким образом, в лампе осуществляется замкнутый цикл.

Излучаемый свет зависит от используемого металла, что позволяет отказаться от люминофора. Например, введение йодида таллия дает зеленоватый цвет, натрия – желтоватый цвет, а индия – голубоватый оттенок света. В лампах типа ДРИ в качестве галоенидов широко используются йодиды натрия.

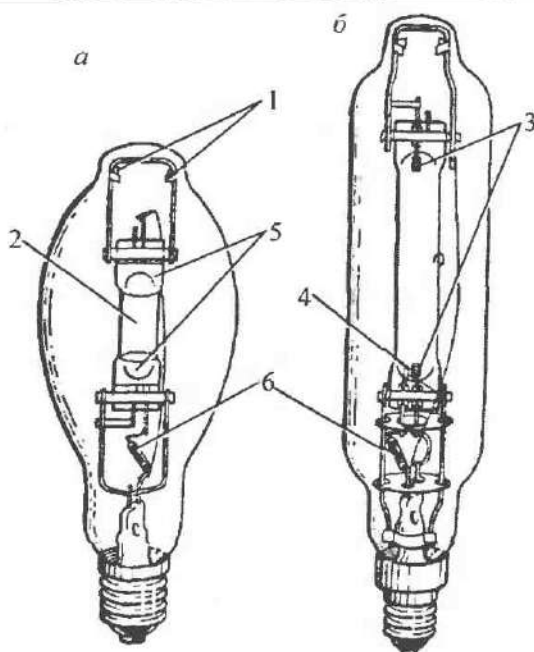


Рис. 5.6. Общий вид осветительных металлогалогенных ламп
a – лампа 400 Вт в эллипсоидальной прозрачной внешней колбе; *б* – лампа
 2000 Вт в цилиндрической прозрачной колбе;

1 – пружинящие распорки; 2 – разрядная трубка; 3 – основные электроды;
 4 – зажигающий электрод; 5 – утепляющее покрытие; 6 – ограничительное
 термостойкое сопротивление

Лампы ДРИ имеют световую отдачу до 90 лм/Вт, внешне отличаются от ламп ДРЛ только отсутствием люминофора на колбе и дают достаточно белый свет. Лампы включаются в сеть через ПРА, состоящие из дросселя и зажигающего устройства, генерирующего импульсы высокого напряжения. Коэффициент мощности при некомпенсированных ПРА равен в среднем 0,5. Пульсации светового потока значительно меньше (коэффициент пульсации 30 %), и разгораются лампы ДРИ несколько быстрее, чем лампы ДРЛ. С точки зрения применения металлогалогенные лампы разделяются на лампы для общего освещения, лампы с улучшенным качеством цветопередачи для общего и специального применения, а также лампы для специальных применений (например, для цветного телевидения).

Технические данные ламп типа ДРИ общего назначения приведены в табл. 5.8 [8].

Таблица 5.8

**Технические характеристики металлогалогенных ламп
типа ДРИ общего назначения**

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДРИ125	125	8 300	66,4	3000
ДРИ175	175	12 000	68,6	4000
ДРИ250-5	250	19 000	76	10 000
ДРИ250-6	250	17 000	68	3000
ДРИ400-5	400	35 000	87,5	10 000
ДРИ400-6	400	32 000	80	3000
ДРИ700-5	700	60 000	85,7	9000
ДРИ700-6	700	56 000	80	3000
ДРИ1000-5	1000	90 000	90	9000
ДРИ1000-6	1000	85 000	85	3000
ДРИ2000-6	2000	190 000	95	2000
ДРИ3500-6	3500	350 000	100	1500

Ксеноновые лампы. В этих лампах (рис. 5.7) дуговой разряд происходит в тяжелом инертном газе ксеноне, в результате чего испускаются лучи в близкой к ультрафиолетовой, видимой и близкой к инфракрасной областям спектра электромагнитного излучения. Излучаемый свет имеет ровный белый цвет ($T_c = 6000$ К) и хорошую цветопередачу ($Ra = 98$). Различают ксеноновые лампы с естественным и водяным охлаждением (трубчатые), а также сверхвысокого давления с естественным и принудительным воздушным или водяным охлаждением (шаровые).



Рис. 5.7. Общий вид ксеноновых трубчатых ламп типов ДКсТ10000, ДКсТ20000, ДКсТ50000

При естественном охлаждении лампа представляет собой трубку из кварцевого стекла диаметром 22–42 мм и длиной 640–2610 мм, заполненную ксеноном. По концам трубки впаяны вольфрамовые

активированные электроды. В лампах с водяным охлаждением горелка (трубка) размещается коаксиально (соосно) в стеклянном цилиндре, оснащённом устройством для подвода дистиллированной воды. Такие лампы из-за лучшего отвода теплоты при одинаковой единичной мощности имеют меньшие габариты. В сравнении с лампами с естественным охлаждением они имеют большую световую отдачу (за исключением ламп мощностью 50 кВт). Световая отдача ламп с естественным охлаждением с увеличением единичной мощности возрастает и составляет 18–45 лм/Вт, а ламп с водяным охлаждением – 27–42 лм/Вт.

Электрический дуговой разряд в ксеноновой лампе возникает при высоком напряжении зажигания (до 50 кВ). При этом время разгорания лампы составляет менее секунды, так как в отличие от ламп, в которых разряд происходит в газах с парами ртути или натрия, плотность ксенона остается практически постоянной при изменении теплового режима. Такие лампы имеют возрастающую вольт-амперную характеристику при больших плотностях тока. Это позволяет стабилизировать разряд с помощью небольших балластных сопротивлений или же вообще обойтись без них, что имеет место при использовании трубчатых ламп значительной длины.

Из довольно большой серии ксеноновых ламп в осветительных установках получили применение дуговые ксеноновые трубчатые лампы с воздушным охлаждением типа ДКсТ и лампы с водяным охлаждением типа ДКсТВ. В отличие от других газоразрядных ламп эти лампы работают без балласта в виде ПРА, а зажигаются с помощью специального пускового устройства.

Сортамент включает лампы мощностью 5, 10, 20 и 50 кВт (в большом количестве выпускаются также лампы 100 кВт). Срок службы различных типов ламп имеет пределы 300–750 ч, но при стабилизации напряжения, обеспечивающей отклонение от номинального значения $\pm 2\%$, может достигать 3000 ч. Лампы мощностью до 10 кВт включаются на напряжение 230 В более мощные – в сеть напряжением 400 В. Для ламп типа ДКсТ мощностью 10, 20 и 50 кВт положение горения должно быть горизонтальное с отклонением от него $\pm 30^\circ$, а для остальных ламп – любое. Область применения ламп ограничивается вредным для людей избытком в их спектре ультрафиолетовых излучений. Выпускаются также лампы в колбе из легированного кварца (лампы ДКсТЛ), в которых этот недостаток уст-

ранен [8]. Пульсации светового потока у ламп ДКсТ особенно велики (коэффициент пульсации 130 %). Помимо большой единичной мощности, достоинством ламп является тот факт, что их излучение по цветности наиболее близко к естественному дневному свету, хотя по сфере применения ламп это достоинство обычно не реализуется. Температура внешней среды не оказывает существенного влияния на зажигание и горение лампы.

В маркировке ламп буквы и числа означают: Д – дуговая, Кс – ксеноновая, Т – трубчатая, Ш – шаровая, В – с водяным охлаждением, М – металлическая, РБ – разборная, число – мощность в ваттах. В табл. 5.9 приведены технические данные ксеноновых трубчатых ламп типа ДКсТ [8].

Таблица 5.9

Технические данные ксеноновых трубчатых ламп

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДКсТ2000	2000	36 000	18	300
ДКсТ5000	5000	98 000	19,6	300
ДКсТ10000	10 000	250 000	25	800
ДКсТ20000	20 000	694 000	34,7	800
ДКсТ50000	50 000	2 230 000	44,6	500
ДКсТВ3000	3000	81 000	27	100
ДКсТВ5000	5000	139 000	27,8	100
ДКсТВ6000	6000	211 000	35,2	300
ДКсТВ8000	8000	232 000	29	800
ДКсТВ15000	15 000	592 000	39,5	200
ДКсТВ50000	50 000	2 088 000	41,8	200

Натриевые лампы высокого давления (НЛВД) типа ДНаТ (рис. 5.8) представляют собой горелку из светопропускающей поликристаллической керамики (окись алюминия), полость которой заполнена ксеноном с добавками натрия, придающего излучаемому свету желто-оранжевый оттенок, и ртути в виде амальгамы (амальгама – металлическая система, в состав которой в качестве одного из компонентов входит ртуть). Горелка размещена в колбе, которая имеет цилиндрическую или эллиптическую форму и оснащена резьбовым цоколем. При работе лампы дуговой разряд в горелке осуществляется в парах ртути и натрия, что способствует его стабилизации.

Для откачки воздуха и наполнения лампы инертными газами в процессе изготовления используется штенгель. Во время работы лампы он выполняет роль вакуумно-плотного токоввода и держателя электрода, а его наружная часть служит холодной зоной, которая является резервуаром амальгамы натрия. Штенгель представляет собой бесшовную трубочку из ниобия, конец которой, входящий внутрь лампы, имеет специальную форму для крепления электрода.

Натриевые лампы высокого давления малочувствительны к температуре окружающей среды и работоспособны при ее изменении в диапазоне от -60 до $+40$ °С. Колебания напряжения электрической сети существенно сказываются на световых и электрических параметрах натриевых ламп. Кроме того, эти лампы требуют соблюдения установленного положения горения: цоколем вверх или вниз с нормированным отклонением от вертикального положения [8].

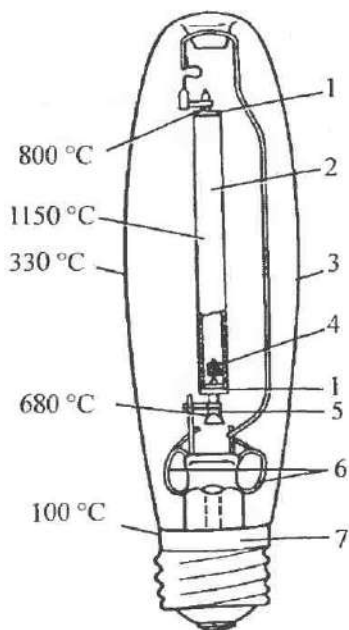


Рис. 5.8. Общий вид натриевой лампы высокого давления

- 1 – керамическая заглушка; 2 – керамическая светопропускающая трубка; 3 – внешняя колба из тугоплавкого стекла; 4 – электрод; 5 – ниобиевый штенгель; 6 – бариевый геттер (газопоглотитель); 7 – цоколь

Световая отдача ламп достигает 140 лм/Вт при сроке службы до 20 000 ч. Цветовые характеристики натриевых ламп высокого давления относительно невысокие: лампа излучает свет желто-оранжевого цвета ($T_c = 2000$ К) и обладает плохой цветопередачей ($Ra = 20-30$). Улучшение качества цветопередачи при использовании натриевых ламп может быть достигнуто за счет их совместного применения с ртутными люминесцентными лампами высокого давления.

Лампы включаются в сеть так же, как лампы ДРИ – через последовательно включенный дроссель, рассчитанный на рабочий ток и напряжение лампы. Масса дросселя примерно на 30 % больше, чем у дросселя для лампы ДРЛ той же мощности из-за большего рабочего тока. Зажигание стандартных ламп выполняется с помощью импульсного зажигающего устройства (ИЗУ), создающего импульсы высокого напряжения (2–3 кВ), которое подключается непосредственно параллельно лампе или через часть обмотки дросселя. Коэффициент мощности комплекта «лампа – ПРА» в среднем 0,5. Пульсации светового потока достигают 70 %. Технические данные ламп ДНаТ приведены в табл. 5.10 [8].

Таблица 5.10

Технические характеристики ламп типа ДНаТ

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток лампы, лм	Светоотдача, лм/Вт	
ДНаТ70	70	5800	80	6000
ДНаТ100	100	9500	95	6000
ДНаТ150	150	14 500	100	6000
ДНаТ250	250	25 000	100	10 000
ДНаТ400-1	400	47 000	125	15 000
ДНаТ210	210	18 000	86	10 000
ДНаТ360	360	35 000	97	15 000

5.4. Светодиоды

Светодиод – это полупроводниковый прибор, основанный на p - n -переходе и предназначенный для излучения света в видимом диапазоне. Как известно, p - n -переход представляет собой соединенные вместе две части из полупроводников с различными типами проводимости. Проводимостью типа p обладают полупроводники с избытком положительных зарядов (дырок), а n – с избытком отрицатель-

ных зарядов (электронов). При подключении светодиода к источнику постоянного напряжения плюсом к контакту p , а минусом – к n через светодиод потечет ток. При прохождении электронов через зону p – n -перехода (активная зона p – n -перехода прибора) электроны рекомбинируют (соединяются) с дырками, причем для производства светодиодов используются материалы, в которых рекомбинация носит не тепловой, а излучательный характер, то есть энергия, выделяемая при рекомбинации, идет не на нагревание материала полупроводника, а на излучение фотонов в оптическом спектре.

Выпускаемые промышленностью светодиоды состоят из кристалла полупроводника, заключенного в линзу из полимерного материала (например, эпоксидной смолы – рис. 5.9).

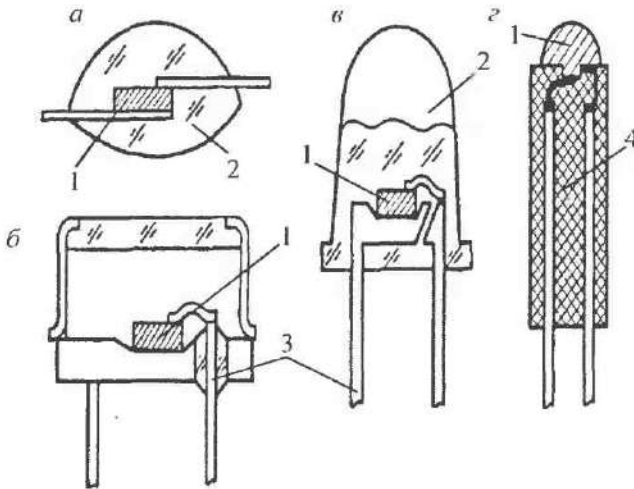


Рис. 5.9. Конструкции некоторых типов светодиодов
 а – бескорпусный; б – в металлостеклянном корпусе; в – с полимерной линзой; г – в полимерном корпусе; 1 – кристалл; 2 – полимерная защита (линза); 3 – ножка; 4 – полимерный корпус

Конструкция светодиода призвана обеспечить минимальные потери излучения при выходе во внешнюю среду и фокусирование света в заданном телесном угле. Кроме того, должен быть обеспечен эффективный отвод теплоты от кристалла. Самая распространенная конструкция светодиода – традиционный 5-миллиметровый корпус, разработанный в 1970-е годы (рис. 5.9, а). Конечно, это не

единственный вариант «упаковки» кристалла. Например, для сверхярких светодиодов, рассчитанных на большие токи, требуется массивный медный или алюминиевый теплоотвод (рис. 5.9, б).

Линза фокусирует свет кристалла и защищает кристалл от влаги и коррозии. Присоединение контакта к аноду обычно осуществляется с помощью пайки либо электропроводящего клея. Контакт к катоду выполняется с помощью тонкой золотой проволоки.

Для обычного освещения интерес представляют светодиоды, которые излучают белый свет. В настоящее время существуют следующие способы создания таких светодиодов. Первый способ предполагает смешение излучения трех или более цветов. Но для практических применений этот способ доставляет неудобства, поскольку нужно иметь несколько источников различного напряжения, много контактных вводов и устройства, смешивающие и фокусирующие свет от нескольких и более светодиодов. Наиболее простыми и экономичными способами являются: смешение голубого излучения от светодиода с излучением желто-зеленого люминофора, возбуждаемого этим голубым светом, или возбуждение синим светодиодом зеленого и красного люминофоров. Смешиваясь, эти цвета дают свет, близкий по спектру к белому. Кристалл покрывается слоем геля с порошком люминофора так, чтобы часть голубого излучения возбуждала люминофор, а часть — проходила без поглощения. Форма держателя, толщина слоя геля и форма пластикового купола рассчитываются и подбираются так, чтобы спектр имел белый цвет в нужном телесном угле (конусе света). В настоящее время существуют около десятка различных люминофоров для белых светодиодов.

Еще один способ основан на смешении излучения трех люминофоров (красного, зеленого и голубого), размещенных слоями. Люминофоры возбуждаются ультрафиолетовым светодиодом. При таком способе используются люминофоры, разработанные в течение многих лет для люминесцентных ламп, в которых излучение света происходит по тому же принципу. Требуется только два контактных ввода на один излучатель. Однако такой способ связан с существенными потерями энергии при преобразовании света в люминофорах. Эффективность данного способа снижается из-за того, что каждый из люминофоров имеет свой определенный спектр возбуждения люминесценции, не точно соответствующий спектру излучения кристалла ультрафиолетового светодиода.

Принято следующее деление светодиодов на группы [21]:

- ◆ светодиоды с током питания менее 30 мА, силой света 500–1000 мкд, которые применяются для сигнализации в системах отображения информации;
- ◆ светодиоды с током питания 30–100 мА, силой света 1–3 кд, используемые как для сигнализации в системах отображения информации, так и для освещения;
- ◆ светодиоды с током питания более 100 мА, световой поток которых составляет более 10 лм, предназначенные для освещения;
- ◆ светодиоды со специальными устройствами для оптимизации рабочих режимов.

Основными показателями светодиодов, определяющими их эффективность, являются квантовый выход, коэффициент полезного действия, долговечность и световая отдача.

Под квантовым выходом понимается количество излученных квантов света на одну рекомбинировавшую электронно-дырочную пару, выраженное в процентах. Различают внутренний и внешний квантовый выход. Внутренний – это характеристика самого $p-n$ -перехода, его конструкции и материала, внешний квантовый выход определяет характеристику прибора в целом. Разница между внутренним и внешним квантовым выходом обусловлена потерями в материале светодиода. Внутренний квантовый выход для кристаллов с хорошим теплоотводом достигает почти 100 %. Максимальное значение внешнего квантового выхода для красных светодиодов составляет 55 %, а для синих – 35 %. Внешний квантовый выход – одна из основных характеристик эффективности светодиода.

Коэффициент полезного действия (КПД) также является показателем эффективности использования светодиодом электрической энергии. КПД сильно зависит от формы спектра и может быть приближенно определен через значение энергии кванта света в спектральном максимуме.

К основным достоинствам светодиодов относят их высокую надежность и долговечность. Срок службы светодиодов достигает 100 тыс. ч.

По достигнутым значениям световой отдачи светодиоды давно обогнали лампы накаливания и вплотную приблизились к люминесцентным лампам. Так, созданы светодиоды белого цвета со светотдачей 25–30 лм/Вт, цветовой температурой $T_c = 6000\text{--}8500\text{ K}$

и общим индексом цветопередачи $Ra = 80$, а цветные (красные) – со световой отдачей 50 лм/Вт.

Светодиод должен питаться от источника стабилизированного тока. Для питания светодиода от батарейки необходим токоограничивающий резистор R (рис. 5.10).

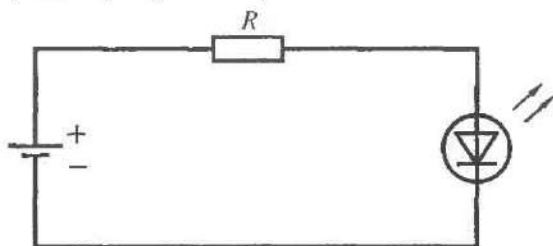


Рис. 5.10. Схема подключения светодиода к источнику постоянного тока

Светодиод можно питать и от источника переменного тока. При этом последовательно со светодиодом должен быть включен выпрямительный диод. Схема подключения светодиодов к источнику переменного тока представлена на рис. 5.11.

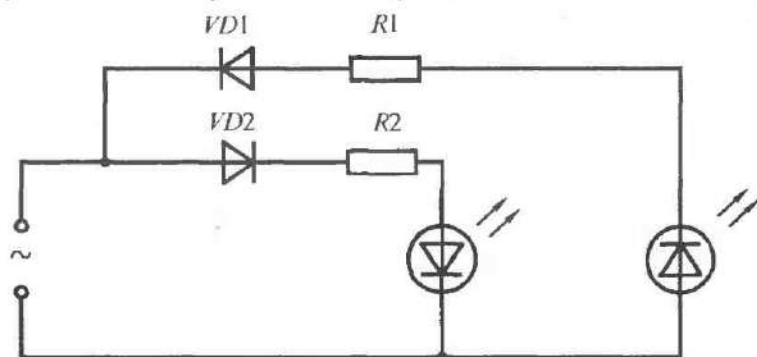


Рис. 5.11. Схема подключения светодиода к источнику переменного тока

Светодиоды также допускается питать в импульсном режиме. В этом случае импульсный ток, протекающий через прибор, может быть выше, чем значения постоянного тока (до 150 мА при длительности импульсов 100 мкс и частоте импульсов 1 кГц). Для управления яркостью светодиодов (и цветом, в случае смешения цветов) используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ) – метод, очень распространенный в современной электронике. Это позволяет создавать специальные управляющие устройства – контроллеры

с функцией плавного изменения яркости (диммеры) и цвета (колорчейнджеры), что можно эффективно использовать в системах декоративного освещения.

5.5. Достоинства и недостатки различных источников света

К основным достоинствам ламп накаливания следует отнести невысокую стоимость, удобство и простоту эксплуатации, наличие разнообразных конструкций на разные напряжения и мощности, возможность работы как на переменном, так и на постоянном токе, а также отсутствие пульсации светового потока.

Недостатками этого вида источников света являются низкие значения световой отдачи и средней продолжительности горения, невысокий уровень цветопередачи (кроме галогенных), недостаточная механическая прочность и чувствительность к колебаниям напряжения.

Газоразрядные лампы имеют высокую световую отдачу, достаточно большой срок службы, а также хорошие уровни цветопередачи (особенно у люминесцентных ламп низкого давления и ламп типа ДРИ), что является их несомненным достоинством.

Однако газоразрядные лампы как высокого, так и низкого давления обладают рядом существенных недостатков, обусловленных принципом действия данных источников света и устраняемых применением соответствующих рабочих схем или с помощью некоторых технических приемов. Отметим основные недостатки, сопровождающие работу большинства газоразрядных ламп.

Для зажигания и горения ламп необходимы специальные схемы включения, предусматривающие использование последовательно включенных пускорегулирующих аппаратов. Газоразрядные лампы имеют небольшой набор номинальных мощностей по сравнению с лампами накаливания и относительно большие габариты, что особенно характерно для люминесцентных ламп низкого давления. Лампы, работающие на переменном токе, не могут работать на постоянном токе с той же схемой включения. Эту особенность необходимо учитывать при проектировании системы аварийного освещения в случае, когда питание светильников аварийного освещения, работающих и в нормальном режиме, предполагается переключать на источник постоянного тока.

Все газоразрядные лампы при питании переменным током дают световой поток, пульсирующий с удвоенной частотой тока, что вызывает повышенную утомляемость глаз и может приводить к возникновению стробоскопического эффекта, который заключается в следующем. Если включить одну лампу в сеть переменного тока и наблюдать за каким-либо вращающимся или движущимся предметом, то при определенной частоте его вращения может создаться иллюзия, что предмет вращается в противоположном направлении или находится в неподвижном состоянии. При перемещении объекта с постоянной скоростью создается неверное представление, что он движется как бы скачкообразно.

Стробоскопические явления вредны для зрения и особенно опасны в производственных условиях, так как могут быть причиной травматизма. Для устранения явлений стробоскопии могут применяться многоламповые светильники с пускорегулирующими аппаратами, создающими искусственный сдвиг фазы напряжения переменного тока, электронные пускорегулирующие аппараты, специальные схемы включения газоразрядных ламп, а также подключение соседних светильников к разным фазам трехфазной сети [17].

Газоразрядные лампы являются источниками высших гармоник тока, что неблагоприятно сказывается на режимах электрической сети. Кроме того, работа ламп создает радиопомехи, распространяемые как по эфиру, так и по сети. Схемы с газоразрядными лампами потребляют помимо активной также и реактивную мощность, поэтому коэффициент мощности в сети с газоразрядными лампами высокого давления и люминесцентными лампами низкого давления с некомпенсированными ПРА находится в пределах 0,35–0,5. Однако для ламп низкого давления требуется выполнение индивидуальной компенсации потребляемой реактивной мощности до значения $\cos \varphi$ не ниже 0,9 [1].

Влияние отклонения напряжения на работу газоразрядных ламп меньше, чем для ламп накаливания, но при напряжении ниже 90 % номинального устойчивое зажигание ламп не обеспечивается.

Поскольку многие виды газоразрядных ламп содержат ртуть, их необходимо утилизировать централизованно.

Следует обратить внимание на различную степень зависимости рабочих характеристик ламп высокого и низкого давления от температуры окружающей среды. Режим работы большинства люми-

несцентных ламп низкого давления (особенно со стартерной схемой зажигания) сильно зависит от температуры воздуха, так как ее понижение или повышение относительно оптимального значения нарушает тепловой баланс лампы, что снижает ее эффективность. Для газоразрядных ламп высокого давления такая зависимость рабочих характеристик от температуры окружающей среды практически отсутствует, так как их разрядная трубка помещена в защитную стеклянную колбу. Такая особенность делает возможным эффективное применение газоразрядных ламп высокого давления для наружного освещения.

Нужно иметь в виду, что лампы высокого давления обычно имеют продолжительное время зажигания как из горячего, так и из холодного состояния. Оно обусловлено скоростью установления теплового режима колбы и составляет в среднем 2–10 мин.

К основным достоинствам светодиодов относится их длительный срок службы, поэтому они не нуждаются в частой замене. Кроме того, они очень компактны, при низком напряжении и очень небольших токах создают высокий уровень освещенности, имеют большую ударную прочность, не дают ни инфракрасного, ни ультрафиолетового излучения.

5.6. Выбор источников света

Выбор типа источника света определяется следующими основными факторами [17]:

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

С учетом указанных факторов в осветительных установках там, где это возможно, в первую очередь следует применять газоразрядные лампы высокого и низкого давления.

Выбор источников света определяется их характеристиками и требованиями к освещению. Применение газоразрядных ламп исключается, если питание установки осуществляется от сети постоянного тока или если возможно понижение напряжения более чем на 10 % от номинального. Необходимость быстрого включения ламп после кратковременного исчезновения напряжения не позволяет применять лампы ДРЛ и ДРИ. При температуре окружающей среды ниже +5 °С освещение с помощью люминесцентных ламп может оказаться неэффективным. Для местного освещения на напряжении 12–42 В применяют лампы накаливания.

Важное значение в выборе источников света имеют их цветопередача и экономичность. В некоторых отраслях промышленности, таких, как машиностроение, металлургия и др., для большинства помещений, как правило, не предъявляются жесткие требования к цветопередаче. Основное требование в данном случае сводится к различению окружающих предметов и лиц людей, работающих в помещении, а не к правильной цветопередаче. Поэтому в данном случае при выборе ламп для освещения решающую роль играют их технико-экономические характеристики.

Когда к цветопередаче предъявляются повышенные требования, и необходимо, чтобы цвета воспринимались, как при дневном свете (цеха швейных и меховых фабрик, магазины тканей и верхней одежды, музеи и выставки), применение ламп накаливания не обеспечивает желаемого результата. В таких случаях можно использовать люминесцентные лампы (кроме ЛТБ), которые значительно лучше осуществляют цветопередачу, чем лампы накаливания. Люминесцентные лампы по цветопередаче можно расположить в следующей очередности от лучших к худшим: ЛЕ, ЛДЦ, ЛД, ЛХБ, ЛБ [8].

Галогенные лампы накаливания типа КГ обеспечивают неплохую цветопередачу и могут по этому показателю конкурировать с люминесцентными лампами типа ЛХБ. Экономические показатели газоразрядного освещения в последние годы улучшаются, чему способствует сближение норм освещенности для газоразрядных ламп и ламп накаливания. Расход электроэнергии при газоразрядных лампах значительно меньше, чем при лампах накаливания, а их повышенная стоимость компенсируется более продолжительным сроком службы.

Основным источником света для общего освещения производственных помещений являются газоразрядные лампы. Нормы тре-

буют применения их, как правило, для общего освещения помещений с работами разрядов I–V и VII, помещений без достаточного естественного света с постоянным пребыванием работающих и для общего освещения в системе комбинированного освещения. Так как производственные помещения промышленных объектов имеют, как правило, значительную высоту, то для их освещения обычно применяются газоразрядные лампы высокого давления. В общественных зданиях и служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий чаще всего применяются люминесцентные лампы низкого давления.

Лампы накаливания сохраняют свое значение в основном только для помещений, где производятся грубые работы или осуществляется общий надзор за работой оборудования, особенно если эти помещения не предназначены для постоянного пребывания людей: подвалы, туннели, проходы между фундаментами машин, склады, вентиляционные установки и т. д. Эти лампы применяются также в тех случаях, когда использование газоразрядных ламп технически невозможно, например когда для данных условий среды выпускаются только светильники с лампами накаливания. Для прямой замены ламп накаливания выпускаются компактные люминесцентные лампы типа КЛС мощностью 9, 13, 18 и 25 Вт. Лампа КЛС выполняется в пластмассовом корпусе, оснащенный резьбовым цоколем и состыкованным с ним светорассеивающим колпаком. Внутри корпуса находится источник люминесцентного излучения, ПРА и стартер с конденсатором. Применение ламп типа КЛС вместо ламп накаливания позволяет сэкономить до 70 % электроэнергии.

Определяющее значение при выборе типа источников света имеют высота помещения и требования к цветопередаче. При использовании люминесцентных ламп число светильников всегда значительно больше, чем при использовании ламп типа ДРЛ, и повышенная трудоемкость их обслуживания особенно сказывается в высоких помещениях, заставляя уже по одной этой причине отдавать предпочтение лампам типа ДРЛ или ДРИ. С другой стороны, лампы типа ДРЛ имеют высокий коэффициент пульсации светового потока, а при малых высотах его снижение трудно осуществимо.

Применение люминесцентных ламп низкого давления может быть обосновано в помещениях высотой не более 6–8 м при повышенных требованиях к цветопередаче и при выполнении работ

высокой точности, при которых лампы типа ДРЛ противопоказаны. В основном применяются лампы типа ЛБ как наиболее экономичные, и только при специальных требованиях к цветопередаче – другие типы ламп, кроме ЛТБ.

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

Газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ и ДРИ используются для освещения помещений высотой 6–20 м, а также для наружного освещения.

Натриевые лампы типа ДНаТ вследствие высокой пульсации их светового потока и специфического спектра оптического излучения, имеющего выраженную желто-оранжевую составляющую, для внутреннего освещения на промышленных предприятиях применяются ограниченно, в основном в сочетании с лампами типа ДРЛ и ДРИ. Основная область использования натриевых ламп – освещение территорий промышленных объектов, автострад, улиц, площадей и т. п.

Ксеноновые лампы предназначены для освещения больших открытых пространств (карьеров, мостов, погрузочно-разгрузочных площадок), архитектурных сооружений и т. д.

Выбор источников света по цветовым характеристикам следует производить с учетом данных, приведенных в табл. 5.11.

Таблица 5.11

Цветовые характеристики излучения электрических ламп

Тип лампы	Цветовая температура, К	Индекс цветопередачи	Красное отношение, %
ЛН	2700		29,4
ГЛН	3200	100	–
Газоразрядные источники света низкого давления цветности:			
– ЛД	6400	70	–
– ЛДЦ, ЛДЦУФ	6200	90	–
– ЛБ	3450	57	–
– ЛТБ	2950	65	–
– ЛТБЦ	2800	83	–

Окончание табл. 5.11

Тип лампы	Цветовая температура, К	Индекс цветопередачи	Красное отношение, %
– ЛХБ	4200	62	–
– ЛЕЦ	3900	85	–
– ЛХЕ, ЛХЕЦ	5200	93	–
Газоразрядные источники света высокого давления:			
– ДРЛ	3800	42	6–15
– ДРИ	4200	60	–
– ДНаТ	2100	25	–
– ДКсТ	6200	97	–

Общее (независимо от принятой системы освещения) искусственное освещение производственных помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей, должно обеспечиваться разрядными источниками света [2]. Применение ламп накаливания допускается в отдельных случаях, когда по условиям технологии, среды или требований оформления интерьера, использование разрядных источников света невозможно или нецелесообразно. Для местного освещения кроме разрядных источников света рекомендуется использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Выбор типа источников света для освещения производственных помещений по цветовым характеристикам рекомендуется производить в соответствии с табл. 5.12–5.13.

Следует иметь в виду, что в таблицах все зрительные работы по требованию к цветоразличению разбиты на четыре основные группы:

I – контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати и т. п.);

II – сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (ткачество, швейное производство, цветная печать и т. п.);

III – различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов и т. п.);

IV – требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин, инструментов и т. п.).

**Источники света для производственных помещений
при системе общего освещения**

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, R_a	Диапазон цветовой температуры источников света, T_c	Примерные типы источников света (в скобках указаны менее эффективные источники света)
I	300 и более	90	5000–6000	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ)
II	300 и более	85	3500–6000	ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ
III	500 и более	50	3500–6000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ
	300, 400	50	3500–5500	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+МГЛ
	150, 200	45	3000–4500	ЛБ, (ЛХБ), НЛВД+МГЛ (ЛН)
	Менее 150	40	2700–3500	ЛБ, ДРЛ, НЛВД+МГЛ (ЛН)
IV	500 и более	50	3500–6000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ
	300, 400	40	3500–5000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ
	150, 200	29	2600–4500	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ, НЛВД+ДРЛ
	Менее 150	25	2400–3500	ЛБ, (ДРЛ), НЛВД (ЛН)

Общее освещение общественных зданий, помещений для занятий в учебных заведениях и детских учреждениях, в палатах больниц следует выполнять преимущественно люминесцентными (в том числе компактными) лампами с электронными ПРА [6].

Лампы накаливания целесообразно применять для освещения моечных, душевых, парильных в банях, охлаждаемых помещений

Таблица 5.13
Источники света для производственных помещений при системе комбинированного освещения

Характеристики зрительной работы по требованиям к цветоразличию	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, R_a		Диапазон цветовой температуры источников света, T_c		Примерные типы источников света (в скобках указаны менее эффективные источники света)	местного
		общего	местного	общего	местного		
I	150 и более	85	90	5000–6000	5000–6000	ЛБЦГ, (ЛДЦ)	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХБ)
	150 и более	50	85	3500–5000	3500–6000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ	ЛБЦГ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ, ЛБ, (ЛХБ)
II	500	50	50	3500–5500	3500–5500	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+МГЛ	ЛБ, (ЛХБ)
	300, 400	40	50	3200–5000	3500–5000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ, (ЛХБ)
IV	150, 200, 500	35	50	3000–4500	3500–5000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ, (ЛХБ)
		50	50	3500–6000	2800–5500	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+МГЛ	ЛБ, (ЛХБ)
	300, 400	35	50	3200–5000	2800–5000	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ, (ЛХБ)
	150, 200	25	50	2400–4500	2800–4500	ЛБ, (ЛХБ), МГЛ, (ДРЛ), НЛВД	ЛБ, (ЛХБ)

и холодильных камер, постановочного освещения эстрад и сцен, редко посещаемых технических помещений (кладовые, машинные отделения лифтов, электрощитовые, техподполья) и т. п.

В учебно-производственных помещениях и спортзалах, предназначенных для работы и занятий детей и подростков, применение ламп типа ДРИ *не допускается*, за исключением случаев, когда для освещения спортзалов используется система отраженного света.

Для освещения помещений общественных зданий при отсутствии специальных требований к цветопередаче следует применять преимущественно лампы типа ЛБ. При повышенных требованиях к цветоразличению применяются лампы типа ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛХБ, ЛЕЦ.

Освещение помещений лечебно-профилактических учреждений, предназначенных для осмотра больных, необходимо, как правило, выполнять лампами типа ЛХЕ, ЛДЦ или ЛЕЦ, остальных помещений – типа ЛБ.

Освещение залов заседаний и актовых залов производится лампами типа ЛБЦТ, ЛТБЦЦ, ЛБ.

В жилых зданиях освещение коридоров, лестничных клеток, лифтовых холлов, вестибюлей, общих гардеробов, помещений культурно-массовых мероприятий, комнат отдыха, помещений коменданта и воспитателя, служебных помещений обслуживающего персонала, помещений для глажения и постирочных следует, как правило, выполнять люминесцентными лампами. В местах общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, колясочные и т. п.) рекомендуется применять светильники с энергоэкономичными компактными люминесцентными лампами и усиленными защитными стеклами.

Освещение технических этажей и подполий, подвалов, чердаков, кладовых, насосных, тепловых пунктов, электрощитовых, вентиляционных и мусоросборных камер, сушильных и т. п. рекомендуется выполнять лампами накаливания.

В общем случае при выборе источников света для общественных зданий при системе общего освещения можно руководствоваться табл. 5.14. Рекомендуемые источники света и нормируемые значения освещенностей рабочих поверхностей для некоторых помещений общественных зданий приведены в табл. П2.1 приложения 2 [2, 6].

Таблица 5.14

Источники света для общественных зданий при системе общего освещения

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличию	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи, Ra	Диапазон цветовой температуры, Tc	Примерные типы источников света (в скобках указаны менее эффективные источники света)
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличию (кабинеты врачей, мастерские изобразительного искусства, помещения для выведения пятен в химчистке и т. п.)	300 и более	90	5000—6500	ЛХЕ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличию (выставочные помещения, примерочные кабинеты, цехи раскройки, пошива и ремонта одежды, меховых и трикотажных изделий в ателье, торговые залы магазинов по продаже готового платья, тканей, мехов, мяса, фруктов, кондитерских изделий и т. п.)	300 и более	85	4000—6500	ЛХЕ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
Различение цветных объектов без контроля и сопоставления (помещения проектных организаций, салоны приема и выдачи заказов, цехи предприятий общественного питания и т. п.)	300 и более От 150 до 300 Менее 150	55 55 55	3500—6000 3000—4500 2700—3500	ЛБ, (ЛХБ, ЛХЕ) ЛБ, (ЛХБ, ЛХЕ) ЛБ, (ЛН)
Работа с акроматическими объектами (помещения административных зданий, цехи стирки и приготовления растворов в прачечных, актовые залы, булочные, магазины по продаже хозяйственных товаров и т. п.)	От 300 до 500 От 150 до 300 Менее 150	55 55 50	3500—6500 3500—6000 3000—4500	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ, ЛХЕ) ЛБ, ДРИ, (ЛХБ, ЛХЕ) ЛБ, (ЛХБ, ЛХЕ)
Общее восприятие интерьера (фойе, вестибюли, залы театров и кинотеатров, коридоры, помещения бань, студии звукозаписи, технические помещения без постоянного пребывания людей и т. п.)	150 и более	45 55	2700—3500 2700—4000	ЛБ, (ЛТБЦ, ЛН) ЛБ, (ЛТБЦ, ЛХЕ, ЛН)

6. СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ

6.1. Основные характеристики световых приборов

В соответствии с ГОСТ 16703–79 световым прибором (СП) называют устройство, содержащее одну или несколько электрических ламп и светотехническую арматуру, перераспределяющее свет электрических ламп или преобразующее структуру света и предназначенное для освещения или сигнализации.

Различают следующие типы световых приборов:

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

Для систем внутреннего и наружного освещения промышленных предприятий в качестве световых приборов, как правило, применяются светильники.

Важнейшей светотехнической характеристикой светильника является светораспределение, т. е. распределение его светового потока в пространстве. В зависимости от отношения светового потока, направляемого в нижнюю полусферу, к полному световому потоку светильники подразделяются на пять классов (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классификация светильников по светораспределению

Класс светильника по светораспределению		Доля светового потока, направленного в нижнюю полусферу, во всем световом потоке светильника, %
Обозначение	Наименование	
П	Прямого света	Свыше 80
П	Преимущественно прямого света	От 60 до 80
Р	Рассеянного света	От 40 до 60
В	Преимущественно отраженного света	От 20 до 40
О	Отраженного света	До 20

Распределение в пространстве силы света светильника характеризуется его фотометрическим телом – частью пространства, ограниченного поверхностью, проведенной через концы радиус-векторов силы света. Сечением фотометрического тела плоскостью, про-

ходящей через ось симметрии источника света, определяется его кривая силы света (КСС). Симметричные светильники в зависимости от формы КСС подразделяются на семь типов в соответствии с табл. 6.2. Для описания всего многообразия световых приборов недостаточно только типовых КСС, поэтому их уточняют по зоне направлений максимальной силы света и коэффициенту формы КСС, под которым понимается отношение максимальной силы света к среднеарифметической в данной плоскости. На рис. 6.1 приведены типовые КСС, построенные для условной лампы со световым потоком в 1000 лм. Для того чтобы иметь возможность определить силу света данного светильника при оснащении его лампами различной мощности, необходимо умножить значение силы света, найденную из КСС, на фактический световой поток лампы (в килолюменах), которая установлена в светильнике.

Таблица 6.2

Классификация светильников по типу кривой силы света

Тип кривой силы света		Зона направлений максимальной силы света, град.	Коэффициент формы кривой силы света
Обозначение	Наименование		
К	Концентрированная	0–15	Не менее 3
Г	Глубокая	0–30; 180–150	От 2 до 3
Д	Косинусная	0–35; 180–145	От 1,3 до 2
Л	Полуширокая	35–55; 180–145	Не менее 1,3
Ш	Широкая	55–85; 125–95	Не менее 1,3,
М	Равномерная	0–180	при этом $I_{\min} > 0,7 I_{\max}$
С	Синусная	70–90; 110–90	Более 1,3, при этом $I_0 < 0,7 I_{\max}$

Примечание. I_0 – сила света в направлении оптической оси светильника (0°); I_{\min} , I_{\max} – минимальное и максимальное значения силы света.

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

Защитный угол светильника (γ , γ_1 на рис. 6.2, а, б) характеризует зону, в пределах которой глаз наблюдателя защищен от прямого действия лампы. Он заключен между горизонталью и линией, касательной к светящемуся телу лампы и к краю отражателя или непрозрачного

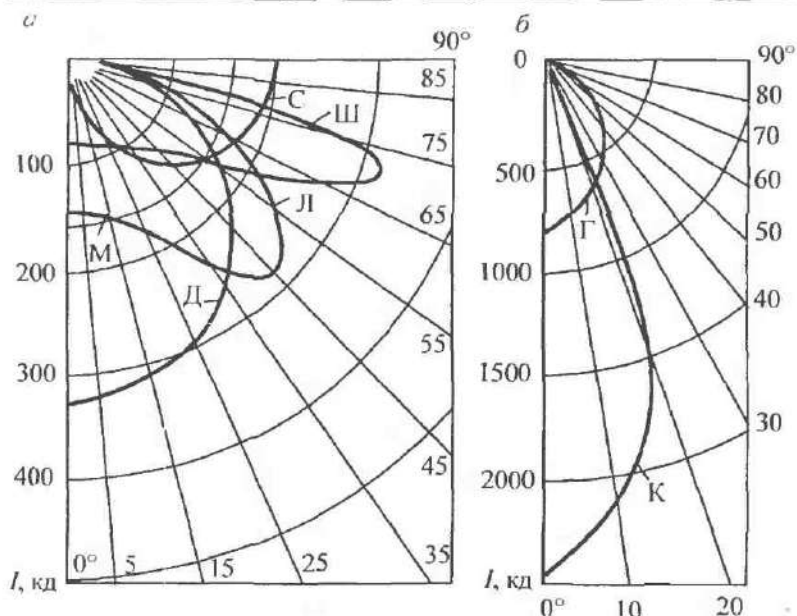


Рис. 6.1. Типы кривых силы света для условной лампы со световым потоком 1000 лм

экрана. Для светильников с рассеивателями или светопропускающими экранами введено понятие условного защитного угла (γ_y и γ_{1y} на рис. 6.2, в, з), под которым понимают угол, в пределах которого яркость светящегося тела лампы уменьшена с помощью рассеивателя или экрана, выполненных из светопропускающих материалов. Он определяется углом, заключенным между горизонталью и линией, касательной к светящемуся телу лампы и к краю рассеивателя или его светопропускающего экрана.

При проектировании осветительных установок необходимо учитывать способ и вид крепления светильников, а также степень защиты их от воздействия окружающей среды.

Конструкция светильника должна соответствовать условиям среды. Степень защиты оболочек светильников должна быть не ниже *IP20* для внутреннего и *IP53* – для наружного освещения.

Светильники, предназначенные для внутренней и наружной установки в местах, где могут возникать смеси горючих газов, паров или пыли с воздухом, способные взрываться при наличии ис-

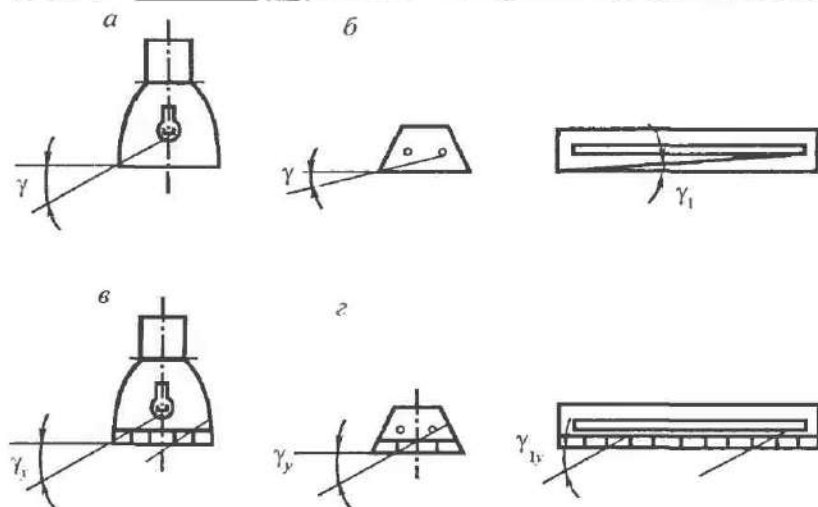


Рис. 6.2. Защитный угол светильников

точника зажигания, а также для подземных выработок шахт, в том числе опасных по газу или пыли, должны иметь взрывозащищенное исполнение.

Минимально допустимую степень защиты светильников для освещения помещений с разными условиями среды (за исключением пожаро- и взрывоопасных зон) следует принимать в соответствии с табл. 6.3 [6].

Таблица 6.3

Минимально допустимая степень защиты светильников

Минимально допустимая степень защиты светильников	Тип источника света	Условия среды						
		нормальные	влажные	сырые	особо сырые	химически активные	пыльные	жаркие
IP20	ЛЛ	+	*	-	-	-	*	+
IP20	ЛН, ГЛВД	+	*	*	-	-	*	+
IP23	ЛЛ, ЛН, ГЛВД	(-)	+	*	*	*	*	*
2'0	ЛЛ	+	+	(-)	-	-	-	*
2'0	ЛН, ГЛВД	+	*	(-)	-	-	-	*
5'0	ЛН, ГЛВД	(-)	(-)	*	-	*	+	+
5'3	ЛН, ГЛВД	(-)	(-)	*	*	*	+	*

Минимально допустимая степень защиты светильников	Тип источника света	Условия среды						
		нормальные	влажные	сырые	особо сырые	химически активные	пыльные	жаркие
IP51	ЛН	(-)	(-)	+	+	*	+	*
54	ЛЛ	(-)	(-)	+	+	+	+	+
IP53	ЛН, ГЛВД	(-)	(-)	+	+	+	+	*
IP54	ЛЛ	(-)	(-)	+	+	+	+	*
IP54	ЛН	(-)	(-)	+	+	+	+	*
IP54	ГЛВД	(-)	(-)	+	+	+	+	*

Примечания. Знаки в таблице означают, что применение светильников с соответствующими источниками света: + — рекомендуются; * — допускаются; — запрещаются; (-) — возможно, но нецелесообразно.

Стационарные светильники подразделяют на подвесные, которые крепят к опорной поверхности снизу при помощи элементов подвеса высотой более 0,1 м; потолочные, которые крепят к потолку непосредственно или с помощью элементов крепления высотой не более 0,1 м; встраиваемые, которые крепят в отверстие в потолке, стене или встраивают в оборудование; пристраиваемые, которые жестко прикрепляют непосредственно к поверхности мебели или оборудования; настенные, которые устанавливают на вертикальную поверхность; опорные, которые устанавливают на горизонтальную поверхность или крепят к ней с помощью стойки или опоры; венчающие, устанавливаемые на вертикальной опоре; консольные, световой центр которых смещен относительно вертикали, проходящей через точку крепления опоры; торцевые, т. е. консольные светильники, устанавливаемые на опоре без промежуточного кронштейна.

Различают следующие виды крепления светильников: к скобе для подвески на потолочный крюк; к стержню для подвески на потолочный крюк; к резьбовой муфте; к гладкой муфте со стопором для осевого или торцевого крепления; к монтажному профилю; к несущему тросу; к горизонтальной или вертикальной поверхности при помощи монтажных отверстий. Кроме того, на практике широко используют крепление к коробам, шинпроводам, а также установку на трубах и индивидуально на штангах.

В соответствии с ГОСТ 13828–74 светильникам присваивают условное обозначение следующей структуры:

$$[1] [2] [3] [4] - [5] \times [6] - [7] - [8]$$

Здесь: 1 – буква, обозначающая источники света: Н – лампы накаливания общего назначения; С – лампа-светильник (зеркальные и диффузные); И – кварцевые ГЛН; Л – прямые трубчатые ЛЛ; Ф – фигурные ЛЛ; Р – ртутные лампы типа ДРЛ; Г – ртутные лампы типа ДРИ; Ж – натриевые лампы типа ДНаТ; Б – бактерицидные лампы; К – ксеноновые трубчатые лампы;

2 – буква, обозначающая способ установки светильника: С – подвесной; П – потолочный; В – встраиваемый; Д – пристраиваемый; Б – настенный; Н – настольный, опорный; Т – напольный, венчающий; К – консольный, торцевой; Р – ручной; Г – головной;

3 – буква, обозначающая основное назначение светильника: П – для промышленных и производственных зданий; О – для общественных зданий; Б – для жилых (бытовых) помещений; У – для наружного освещения; Р – для рудников и шахт; Т – для кинематографических и телевизионных студий;

4 – число, обозначающее номер серии (от 01 до 99);

5 – обозначение числа ламп в светильнике, при этом для одноламповых это число не указывается и знак «х» не ставится, а мощность лампы указывается непосредственно после черточки;

6 – число, обозначающее мощность ламп в ваттах;

7 – число, обозначающее номер модификации светильника (от 001 до 999);

8 – буквы и числа, обозначающие климатическое исполнение и категорию размещения (например: УЗ – умеренный климат и эксплуатация в закрытых неотапливаемых помещениях; УХЛ15 – умеренный и холодный климат и эксплуатация в особо сырых помещениях).

Светильники серии ПВЛМ (табл. 6.4), предназначенные для общего освещения сырых и пыльных производственных помещений, имеют несколько иную структуру условного обозначения: ПВ – пылевлагозащищенный; Л – люминесцентный; М – модернизированный; ДО – особенности отражателя (Д – диффузный, О – с отверстиями в отражателе); 2 – число ламп; 40 – мощность одной лампы и последние две цифры – модификация светового прибора по способу установки (01 – на штанге; 02 – на потолке).

6.2. Светильники для помещений производственных и общественных зданий

Технические характеристики основных светильников с лампами накаливания, люминесцентными лампами низкого давления, с лампами типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ для производственных помещений с нормальными и тяжелыми условиями среды даны в табл. 6.4–6.8.

Таблица 6.4

Технические данные светильников для производственных помещений с лампами накаливания

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	
НПП03-100-001М	Б220-230-100	П	Д	75	IP64	
НПП05-100-001	Б215-225-100			75		
НПП05-100-002			М	72	IP55	
НСП02-100	Б215-225-60	Р		70		IP51
НСП03-60-01			75			
НСП03-60-02			65	IP54		
НСП11-100-231	Б215-225-100	П	Д		65	IP62
НСП11-100-331						
НСП11-100-431						
НСП11-200-231						
НСП11-200-331						
НСП11-200-431						
НСП11-100-214	Б215-225-100	Р	М	77	IP52	
НСП11-100-234						
НСП11-100-314						
НСП11-100-334						
НСП11-100-414						
НСП11-100-434						
НСП11-100-614						
НСП11-100-714						
НСП11-200-214						
НСП11-200-234						
НСП11-200-314						
НСП11-200-334						
НСП11-200-414						
НСП11-200-434						
НСП11-200-614						
НСП11-200-714						
НСП11-500	Г220-230-500					

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты		
НСП17-200-003-(103)	Г220-230-200	П	Л	80	IP20, 5°0		
НСП17-500-003-(103)	Г220-230-500		Г				
НСП17-500-004-(104)			К				
НСП17-1000-004-(104)	Г220-230-1000		П	Косо-свет	77	IP20	
НСП17-1000-005-(105)				Косо-свет			
НСП19-500-145	Г220-230-500		П	Д	67	IP54	
НСП19-1000-145	Г220-230-1000			Г			
НСП20-500-101				Д			
НСП20-500-102	Г220-230-500			П	Г	77	IP23
НСП20-500-191					Д		
НСП20-500-192	Г220-230-500	Г					
НСП20-1000-191	Г220-230-1000	П		Д			
НСП20-1000-192				Г			
НСП21-100-001	Б215-225-100	Н		Д	80	5°3	
НСП21-100-002				Косо-свет			
НСП21-200-003	Б215-225-200		П	Д	82	5°3	
НСП21-200-004				Косо-свет	80	5°0	
НСП21-200-005				Г	65	5°3	
НСП22-500-111				Г215-225-500	Н	К	65
НСП22-500-121	К		70			5°0	
НСР01-100	Б220-230-100		Р	М	80	IP54	
НСР01-200	Б220-230-200			М	77		
ИСП04-1000	КГ220-1000-5		П	К	55		

Светильники с лампами накаливания, в том числе и с галогенными, рассчитаны на работу в сети переменного тока с номинальным напряжением 230 В и частотой 50 Гц. Для общего освещения они могут применяться в следующих случаях:

♦ для освещения помещений с тяжелыми условиями окружающей среды и взрывоопасных зон, если отсутствуют средства освещения с газоразрядными лампами;

♦ в помещениях, где выполняются работы VI и VIII разрядов при технико-экономической целесообразности;

♦ в помещениях (независимо от выполняемых в них работ), где необходимо исключение радиопомех;

♦ для эвакуационного и аварийного освещения, когда рабочее освещение выполнено газоразрядными лампами высокого давления. При этом если единичная мощность лампы составляет 1000 Вт и более, рекомендуется использовать светильники с галогенными лампами накаливания типа КГ;

♦ для освещения тоннелей, галерей, площадок, помещений с временным пребыванием людей, если осветительные установки с лампами накаливания технико-экономически обоснованы.

Можно дать следующие рекомендации по применению светильников с лампами накаливания для общего освещения производственных помещений в зависимости от характера окружающей среды.

Светильники типов НПП03 и НПП05 используются для освещения низких вспомогательных производственных помещений с тяжелыми условиями среды, причем светильник типа НПП03 – для освещения низких сырых производственных помещений, а светильник типа НПП05, кроме того, для эксплуатации под навесом, а также для освещения сельскохозяйственных помещений без химически активной среды.

Для производственных помещений с повышенным содержанием пыли могут применяться светильники типа НСП02 и НСП03, а светильник типа НСП03, кроме того, и для помещений с повышенной относительной влажностью.

При необходимости освещения пыльных и влажных производственных помещений (запыленность до 10 мг/м^3), а также взрывоопасных помещений классов В-Ia и В-Iб и пожароопасных помещений целесообразно предусматривать светильники типа НСП11 [8].

Светильники типа НСП17 применяются для освещения различных по высоте производственных помещений с нормальными и тяжелыми условиями окружающей среды. Конструкция светильников предусматривает установку их на крюк, трубу и монтажный профиль.

При наличии в помещениях нетокопроводящей и негорючей пыли (запыленность до 10 мг/м³) для их освещения могут быть рекомендованы светильники типа НСП21 и НСП22.

Пыле- и брызгозащищенный светильник типа НСР01 используется для освещения подземных выработок и угольных шахт, не опасных по газу и пыли, а светильник типа ИСП04 с галогенными лампами – для освещения реакторных отделений атомных электростанций.

Таблица 6.5

Технические данные светильников для производственных и общественных помещений с люминесцентными лампами

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм
ЛВП04-4 × 65-001	ЛБ65	П	Д	51	IP54	1630 × 545 × 405
ЛВП05-4 × 65-001				52		
ЛВП05-4 × 65-002				55	IP20	1630 × 545 × 435
ЛВП05-4 × 65-003				60		
ЛВП06-5 × 65-001				52		
ЛВП06-5 × 65-002				46	1560 × 545 × 425	
ЛВП06-5 × 65-003				51	1560 × 545 × 403	
ЛСП01-2 × 36	ЛБ36	Н	М, Д	75; 60	IP64	1400 × 260 × 210
ЛСП01-2 × 40	ЛБ40	П	М, Д	82; 60	5°0	1400 × 260 × 210
ЛСП01-2 × 58	ЛБ58	Н	М, Д	75; 60	IP64	1700 × 260 × 210
ЛСП01-2 × 65	ЛБ65	П	М, Д	82; 60	5°0	1700 × 260 × 210
ЛСП02-2 × 40-01-03	ЛБ40	Н	Д	75	IP20	1234 × 280 × 159
ЛСП02-2 × 40-04-06		П		70		
ЛСП02-2 × 40-07-09		Н		70		

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм		
ЛСП02-2 × 40-10-12	ЛБ40	П	Д	60	IP20	1234 × 280 × 159		
ЛСП02-2 × 40-13-15		Н		65				
ЛСП02-2 × 40-16-18		П		60				
ЛСП02-2 × 40-19-21		Н		70				
ЛСП02-2 × 65-01-03	ЛБ65	Н		75		1534 × 280 × 159		
ЛСП02-2 × 65-04-06		Ц		70				
ЛСП02-2 × 65-07-09		Н		70				
ЛСП02-2 × 65-10-12		П		60				
ЛСП02-2 × 65-13-15		Н		65				
ЛСП02-2 × 65-16-18		П		60				
ЛСП02-2 × 65-19-21		Н		65			1534 × 200 × 159	
ЛСП10-36	ЛБ36	-		Д		84	IP65	1248 × 124 × 170
ЛСП10-58	ЛБ58		1548 × 124 × 170					
ЛСП10-2 × 36	ЛБ36		1248 × 170 × 170					
ЛСП10-2 × 58	ЛБ58		1548 × 170 × 170					
ЛСП12-2 × 40	ЛБ40(36)		IP66		1270 × 124 × 132			
ЛСП/ЛПП12-2 × 20	ЛБ20(18)		64		IP54	686 × 186 × 160/127		
ЛСП/ЛПП12-2 × 420	ЛБ40(36)				IP54	12986 × 186 × 160/127		
ЛСП/ЛПП12-2 × 40	ЛБ40(36)				IP65	12986 × 186 × 160/127		
ЛСП13-2 × 65-001	ЛБ65		П		Л	75	IP20	1546 × 480 × 154
ЛСП13-2 × 40-001	ЛБ40							1246 × 480 × 154

Продолжение табл. 6.5

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм	
ЛСП13-2 × 65-002	ЛБ65	П	Л	70	IP20	1546 × 480 × 154	
ЛСП13-2 × 40-002	ЛБ40					1246 × 480 × 154	
ЛСП13-2 × 65-003	ЛБ65		Г	70		1546 × 480 × 156	
ЛСП13-2 × 40-003	ЛБ40					1246 × 480 × 156	
ЛСП13-2 × 65-004	ЛБ65		75	75		1546 × 480 × 156	
ЛСП13-2 × 40-004	ЛБ40					1246 × 480 × 156	
ЛСП13-2 × 65-005	ЛБ65		Специальная	70		70	1546 × 480 × 150
ЛСП13-2 × 40-005	ЛБ40						1046 × 480 × 150
ЛСП13-2 × 65-006	ЛБ65			65		65	1546 × 480 × 150
ЛСП13-2 × 40-006	ЛБ40						1546 × 480 × 150
ЛСП18-40	ЛБР40	Н		88	88	1330 × 65 × 165	
ЛСП18-65	ЛБР65					1330 × 65 × 165	
ЛСП18-2 × 40	ЛБР40		85	85	1310 × 160 × 170		
ЛСП18-2 × 65	ЛБР65				1610 × 160 × 173		
ЛСП18-18	ЛБ18		М	75	75	750 × 75 × 180	
ЛСП18-36	ЛБ36					1630 × 75 × 180	
ЛСП18-58	ЛБ58				1630 × 75 × 180		
ЛСП18-18	ЛБ18	П	Д	70	5°4	720 × 152 × 204	
ЛСП18-36	ЛБ36					1330 × 152 × 204	
ЛСП18-58	ЛБ58					1630 × 152 × 204	
ЛСП18-2 × 18	ЛБ18					720 × 270 × 204	
ЛСП18-2 × 36	ЛБ36					1330 × 270 × 204	
ЛСП18-2 × 58	ЛБ58					1630 × 270 × 204	
ЛСП18-2 × 18	ЛБ18	Р	Специальная	70	IP65	710 × 240 × 126	
ЛСП18-2 × 36	ЛБ36					1320 × 240 × 126	
ЛСП18-2 × 58	ЛБ58					1620 × 240 × 126	

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм	
ЛСП18-2 × 18	ЛБ18	Р	Специальная	70	IP65	710 × 240 × 126	
ЛСП18-2 × 36	ЛБ36					1320 × 240 × 126	
ЛСП18-2 × 58	ЛБ58					1620 × 240 × 126	
ЛСП122-2 × 65-001	ЛБР65	Н		85	5°0	1625 × 148 × 170	
ЛСП122-2 × 65-002							
ЛСП122-2 × 65-101	ЛБ65	П	Д	70	5°3	1625 × 280 × 215	
ЛСП122-2 × 65-102							
ЛСП122-2 × 65-201		Н		75	5°0		
ЛСП122-2 × 65-202							
ЛСП122-2 × 65-111		П		65	5°3		
ЛСП122-2 × 65-112							
ЛСП122-2 × 65-211		Н		70	5°0		
ЛСП122-2 × 65-212							
ЛПП104-2 × 40(36)		ЛБ40(36)		П	Д		60
ЛПП107-1 × 18	ЛБ18	660 × 100 × 100					
ЛПП107-1 × 36	ЛБ36	1270 × 100 × 100					
ЛПП107-1 × 58	ЛБ58	1570 × 100 × 100					
ЛПП107-2 × 18	ЛБ18	660 × 160 × 100					
ЛПП107-2 × 36	ЛБ36	1270 × 160 × 100					
ЛПП107-2 × 58	ЛБ58	1570 × 160 × 100					
ЛПП112-18	ЛБ18	75	790 × 78 × 125				
ЛПП112-2 × 18	ЛБ18	75	790 × 170 × 125				
ЛПП112-36	ЛБ36	75	1396 × 78 × 125				
ЛПП112-2 × 36	ЛБ36	75	1396 × 170 × 125				
ЛПП112-58	ЛБ58	75	1660 × 78 × 125				
ЛПП112-2 × 58	ЛБ58	75	1660 × 170 × 125				

Продолжение табл. 6.5

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм				
ЛПП12-2 × 40	ЛБ40(36)	—	Д	84	IP66	1270 × 124 × 180				
ЛПП120-18	ЛБ18			75		680 × 103 × 114				
ЛПП1202-2 × 18	ЛБ18			75		680 × 1175 × 114				
ЛПП120-36	ЛБ36			75		1235 × 103 × 114				
ЛПП120-2 × 36	ЛБ36			75		1235 × 175 × 114				
ЛПП120-58	ЛБ58			75		1585 × 103 × 114				
ЛПП120-2 × 58	ЛБ58			75		1585 × 175 × 114				
ЛПБ01-2 × 11	КЛЛ11			П		Д	65	IP54	305 × 105 × 85	
ЛПП05-2 × 11	КЛЛ11						60		410 × 158 × 100	
ЛПП06	ЛБ18						—		410 × 158 × 100	
ЛББ07	КЛЛ11						50		300 × 80 × 90	
ЛПО06-1 × 20	ЛБ20			П		—	70	—	650 × 60 × 115	
ЛПО06-1 × 40	ЛБ40	1250 × 60 × 115								
ЛПО06-2 × 20	ЛБ20	650 × 180 × 90								
ЛПО06-2 × 40	ЛБ40	1250 × 180 × 90								
ЛПО06-2 × 65	ЛБ65	1550 × 180 × 80								
ЛПО06-2 × 80	ЛБ80	1550 × 180 × 150								
ЛПО06-4 × 20	ЛБ20	650 × 350 × 90								
ЛПО06-4 × 40	ЛБ40	П	70	—	1250 × 350 × 90					
ЛПО02-2 × 20	ЛБ20	П	Г/Д	50	—	650 × 100 × 220				
ЛПО02-2 × 40	ЛБ40					1260 × 100 × 220				
ЛПО02-4 × 20	ЛБ20					645 × 100 × 420				
ЛПО11-2 × 18	ЛБ18	—	Г	70	IP20	650 × 340 × 94				
ЛПО11-36	ЛБ36					1255 × 170 × 94				
ЛПО11-2 × 36	ЛБ36					1255 × 340 × 94				
ЛПО11-4 × 18	ЛБ18					650 × 650 × 94				
ЛПО12-2 × 18(20)	ЛБ18(20)					645 × 165 × 91				
ЛПО12-2 × 40(36)	ЛБ40(36)		Д	75	—	1250 × 165 × 91				
ЛПО12-2 × 58	ЛБ58(65)					1555 × 165 × 91				
ЛСО12-58	ЛБ58		—	—	—	—	1538 × 127 × 120			
ЛСО20-36	ЛБ36						М	70	—	1265 × 90 × 120
ЛСО20-2 × 36	ЛБ36									2530 × 90 × 120
ЛСО20-58	ЛБ58	Д		—	—	—	1565 × 90 × 120			
ЛСО20-2 × 58	ЛБ58						3130 × 90 × 120			
ЛБО12-18	ЛБ18	—		—	—	—	694 × 520 × 300			

Тип светильника	Тип лампы	Класс светораспределения	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Габаритные размеры, мм
ПВЛМ-2 × 40-01	ЛБР40	II	Д	85	5°0	1325 × 148 × 160
ПВЛМ-2 × 40-02						
ПВЛМ-ДО-2 × 40-01	ЛБ40			75		1325 × 276 × 215
ПВЛМ-ДО-2 × 40-01						

Светильники с люминесцентными лампами рассчитаны на работу в сети переменного тока с номинальным напряжением 230 В, частотой 50 Гц с применением соответствующей пускорегулирующей аппаратуры.

Для указания путей эвакуации людей предназначены светильники с пиктограммой «Выход» типа ЛБО22-6, имеющие степень защиты IP54 с люминесцентной лампой мощностью 6 Вт, и типа ЛБО 01-11 (13, 18, 26) со степенью защиты IP20 и компактной люминесцентной лампой мощностью соответственно 11, 13, 18, 26 Вт. Кроме того, эти светильники укомплектованы автономным источником питания (аккумуляторной батареей) для работы в аварийных режимах. Светильники типа ЛБО (без пиктограмм) могут применяться также для освещения лестничных площадок, коридоров и т. п. Для этой же цели используются светильники типа ЛПБ31-11 со степенью защиты IP40 и компактной люминесцентной лампой КЛ-11 мощностью 11 Вт и светильники ЛББ31-11 с такой же лампой и степенью защиты IP54.

Светильники типов ЛПО, ЛСО предназначены для общего освещения учебных классов школ и дошкольных учреждений, аудиторий вузов и других общественных помещений. Школьные доски учебных заведений, стенды выставочных залов могут быть освещены специально предназначенными для этих целей светильниками типа ЛБО12.

Светильники типа ЛСО20, ЛПП12, ЛПП20 могут работать как с энергоэкономичными люминесцентными лампами Т8, так и с лампами последнего поколения Т5.

Встраиваемые светильники типа ЛВП04, ЛВП05, ЛВП06 могут применяться для общего освещения производственных помещений,

имеющих технический этаж, с которого и производится обслуживание светильников. При этом светильники типа ЛВП04 предназначены для помещений как с нормальной, так и с повышенной запыленностью и влажностью.

Светильники типа ЛВП05, ЛВП06 предназначены для общего освещения производственных помещений с нормальными условиями среды, а также помещений с технологическим микроклиматом. При этом рассеиватель светильника типа ЛВП06 может быть изготовлен из светотехнического органического стекла (модификации 001 и 002) или выполнен в виде светорассеивающей решетки из полистирола (модификации 003). Конструкция светильников предусматривает использование энергоэкономичных люминесцентных ламп мощностью 58 Вт.

В производственных помещениях с нормальными условиями среды используются светильники типа ЛСП02 и ЛСП13, которые могут устанавливаться либо по отдельности, либо стыковаться в непрерывную линию. При этом светильники ЛСП13 с КСС типа Л применяют для освещения относительно низких помещений (высотой до 4,5 м), в которых требуется создать высокие отношения вертикальной освещенности к горизонтальной, а также для локализованного освещения конвейеров с двухсторонним расположением рабочих мест. Светильники с КСС типа Г служат для освещения помещений высотой до 12 м и создания высоких уровней освещенности при хорошем качестве освещения (механообработка, сборка и т. п.).

Светильники типа ЛСП18 предназначены для общего освещения помещений с тяжелыми условиями среды, в том числе пожароопасных всех классов (степень защиты 5'4), а со степенью защиты IP65 – еще и взрывоопасных помещений классов В-Іб и В-Іа.

Для освещения сырых и пыльных производственных помещений применяются светильники типа ЛСП22. В обозначении модификации этого типа светильника первая цифра означает наличие или вид отражателя (0 – без отражателя, 1 – отражатель без отверстий, 2 – отражатель с отверстиями); вторая цифра – наличие экранирующей решетки (0 – без экранирующей решетки, 1 – с экранирующей решеткой); третья цифра – способ установки светильников (1 – на штангах, 2 – на потолке) [8].

Технические данные светильников для производственных помещений с лампами типа ДРЛ

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
РПП01-50	ДРЛ150	Д	65	IP54
РПП01-80	ДРЛ80		60	
РПП01-125	ДРЛ125		80	
РСП02-80-111	ДРЛ80	М	80	
РСП02-125-111	ДРЛ125			
РСП04-250	ДРЛ250	Д	60	IP54
РСП04-250		Г	60	IP54
РСП04-250		Д	65	IP23
РСП04-250		Г	60	
РСП04-400	ДРЛ400	Д	60	IP54
РСП04-400		Д	60	IP23
РСП04-400		Д	65	
РСП04-400		Г	70	
РСП05-250	ДРЛ250	Д	70	IP20
РСП05-400	ДРЛ400	Д	70	IP20
РСП05-700	ДРЛ700			
РСП05-1000	ДРЛ1000			
РСП07-175	ДРЛ175	К	60	IP54
РСП07-250	ДРЛ250	Г		
РСП07-250		Д		
РСП07-250		Г	70	IP23
РСП07-250		Д	70	IP23
РСП08-250Д		Д	75	IP20
РСП08-250Г		Г	80	5'3
РСП08-250Л		Л	80	IP20, 5'0, IP60
РСП08-700	ДРЛ700	Г	60	IP54
РСП08-700		Д	60	IP54
РСП08-700		Г	65	IP23
РСП08-700		Д	65	
РСП10-1000	ДРЛ1000	Г	70	IP52
РСП10-1000		Г	60	
РСП11-400-002	ДРЛ400	М	72	IP52

Продолжение табл. 6.6

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
РСП13-700-001	ДРЛ700	Д	71	5'4
РСП13-700-002		Г	76	
РСП13-700-003		К	76	
РСП13-1000-001	ДРЛ1000	Д	71	
РСП13-1000-002		Г	76	
РСП13-1000-003		К	76	
РСП14-2 × 700-001	ДРЛ700	Д	60	IP60
РСП14-2 × 700-012			70	5'0
РСП14-2 × 700-021		Г	70	IP60
РСП14-2 × 700-022			75	5'0
РСП16-400-101	ДРЛ400	Д	62	IP54
РСП16-400-103		Г		
РСП17-250	ДРЛ250	Г	70	IP54
РСП17-400	ДРЛ400	Г	70	IP54
РСП18-250-001	ДРЛ250	Д	70	IP20
РСП18-250-002		Г	75	
РСП18-250-003		К	75	
РСП18-400-001	ДРЛ400	Д	70	
РСП18-400-002		Г	75	
РСП18-400-003		К	75	
РСП18-700-001	ДРЛ700	Д	70	
РСП18-700-002		Г	75	
РСП18-700-003		К	75	
РСП18-1000-001	ДРЛ1000	Д	70	
РСП18-1000-002		Г	75	
РСП18-1000-003		К	75	
РСП19-250-145	ДРЛ250	Кососвет	77	
РСП19-400-145	ДРЛ400	Кососвет	77	
РСП20-250-101	ДРЛ250	Д	62	
РСП20-250-102		Г	62	IP54
РСП20-250-191		Д	72	IP23
РСП20-250-192		Г		
РСП20-400-191	ДРЛ400	Д		
РСП20-400-192		Г		
РСП20-700-191	ДРЛ700	Д	65	

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
РСП20-700-192	ДРЛ700	Г	70	IP23
РСП21-125(80)X11	ДРЛ125 (ДРЛ80)	Д	60	IP53
РСП21-125(80)X21			65	5'3
РСП21-125(80)X31				5'0
РСП21-125(80)X41				IP25
РСП21-125(80)X32		Специ- альная	5'0	
РСП21-125(80)X52			IP20	
РСП25-80		ДРЛ80	Д	60
РСП25-125	ДРЛ125	Специ- альная	80	
РСП25-250	ДРЛ250			
РСП26-125-001	ДРЛ125	Д	70	5'1

Примечание. Все светильники имеют класс светораспределения типа П (прямого света)

Таблица 6.7

Технические данные светильников для производственных помещений с лампами типа ДРИ

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Кэф-фици-ент мощ-ности
ГПП01-125	ДРИ125	Д	60	IP54	0,50
ГСП04-250	ДРИ250	К, Г	60-65	IP23, IP54	0,45- 0,85
ГСП04-400	ДРИ400	Г, Д	60-65	IP23, IP54	0,45- 0,85
ГСП05-175	ДРИ175	М	70	IP54	0,85
ГСП07-175		К, Г	70-60	IP23, IP54	
ГСП09-700	ДРИ700	Г	70	IP23	
ГСП09-700			60	IP54	
ГСП09-1000			60	IP23	
ГСП09-1000			70	IP54	
ГСП15-400-101			ДРИ400	Г	75
ГСП15-400-102	70	IP20, 5'0			
ГСП17-700-014			ДРИ700-5	Г	IP20, 5'0
ГСП17-700-114					

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты	Коэффициент мощности
ГСП17-700-024	ДРИ700, ДРИ2000	Г	70	IP20, 5°0	0,32
ГСП17-700-124					
ГСП17-700-015		К			
ГСП17-700-115					
ГСП17-700-025					
ГСП17-700-125					
ГСП17-2000-014	ДРИ2000-6	Г	75	IP20	0,53
ГСП17-2000-024					
ГСП17-2000-015					
ГСП17-2000-025	ДРИ250-5	Д			
ГСП18-250-004					
ГСП18-250-005	ДРИ250-5	Г			75
ГСП18-250-006		К	75		
ГСП18-400-004	ДРИ400-5	Д	70		
ГСП18-400-005		Г	75		
ГСП18-400-006	ДРИ400-5	К	75		
ГСП18-700-004		Д	70		
ГСП18-700-005	ДРИ700-5	Г	75		
ГСП18-700-006		Г	75		
ГСП19-700	ДРИ700-5	Г	60-70	IP23, IP54	0,85
ГСП19-1000	ДРИ1000-5	Г	60-70	IP23, IP54	
ГСП20-2000	ДРИ2000	К	60-70	IP23, IP54	

Примечание. Все светильники имеют класс светораспределения типа П1 (прямого света)

Таблица 6.8

Технические данные светильников для производственных помещений с лампами типа ДНаТ

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
ЖПП01-70	ДНаТ70	Д	60	IP54
ЖПП01-100	ДНаТ100			
ЖПП02-250	ДНаТ250	Г/Л	60-70	IP23, IP54

Тип светильника	Тип лампы	Тип КСС	КПД, %	Степень защиты
ЖПП02-400	ДНаТ400	Г/Л	60–70	IP23, IP54
ЖВП03/04-70	ДНаТ70	Д	Д	IP65
ЖВП03/04-100	ДНаТ100	Д	Д	IP65
ЖСП01-400-001	ДНаТ400-4	К	73	IP23
ЖСП01-400-002				IP53
ЖСП01-400-041				IP23
ЖСП01-400-042		Г		—
ЖСП01-400-011				—
ЖСП01-400-012				—
ЖСП01-400-051				—
ЖСП01-400-052	—			
ЖСП02-70-113	ДНаТ70	Специальная	80	IP54
ЖСП02-250-121	ДНаТ250	Д	72	5'0
ЖСП04-250	ДНаТ250	Г, Д	60–65	IP23, IP54
ЖСП04-400	ДНаТ400	К, Г	60–65	IP23, IP54
ЖСП05-150	ДНаТ150	М	70	IP54
ЖСП07-150		К, Г	70–60	IP23, IP54
ЖСП09-1000	ДНаТ1000	Г	70	IP23
ЖСП09-1000		Г	60	IP54
ЖСП12-250	ДНаТ250	Д	70	IP54
ЖСП12-400	ДНаТ400	Д	70	IP54
ЖСП17-250	ДНаТ250	Г	65	IP54
ЖСП19-1000	ДНаТ1000	Г	60–70	IP23, IP54

Примечание. Класс светораспределения светильников – П, коэффициент мощности – 0,5.

Светильники с газоразрядными лампами высокого давления для производственных помещений выпускаются унифицированными сериями на основе единого корпуса и отражателей различного про-

филя. Как правило, их выполняют подвесными. При этом используются три светотехнических варианта, определяемые положением лампы и наличием отражателя или рассеивателя. Первый вариант характеризуется вертикальным расположением лампы и круглосимметричным или асимметричным отражателем диффузного (рассеивающего) или зеркального типа. Второй вариант характеризуется горизонтальным расположением лампы и цилиндрическим отражателем, а третий – вертикальным расположением лампы и рассеивателем. Первый и второй варианты, благодаря отражателям различного профиля, позволяют получать разнообразные типы КСС.

Во всех светильниках используются керамические патроны с резьбовой гильзой Е40 или Е27 и нагревостойкие провода марки ПРКА, имеющие предельную температуру нагрева изоляции до 180–200 °С.

Выбор светильников с газоразрядными лампами высокого давления зависит от нормируемой освещенности и строительных параметров освещаемого помещения. Для осветительных установок с нормируемыми освещенностями от 150 до 500 лк можно воспользоваться следующими обобщенными рекомендациями [5]:

◆ светильники с лампами типа ДРЛ мощностью от 250 до 2000 Вт, имеющие КСС типа Д, целесообразно применять в помещениях высотой до 6–7 м при строительном модуле 6 × 6 м и высотой до 9–12 м при строительных модулях 6 × 12, 6 × 18 и 6 × 24 м;

◆ светильники с лампами ДРЛ мощностью от 250 до 2000 Вт, имеющие КСС типа Г, целесообразно использовать в более высоких помещениях: при строительном модуле 6 × 6 м – до высот 10–11 м, при модуле 6 × 12 м – до 12–13 м, при модулях 6 × 18, 12 × 18 и 6 × 24 м – до 18–20 м;

◆ при необходимости освещения еще более высоких помещений надо использовать светильники с КСС типа К;

◆ светильники с лампами ДРИ (мощностью от 250 до 2000 Вт), имеющие КСС типа Д, целесообразно применять в помещениях высотой 6–7 м при строительных модулях 6 × 6, 6 × 12, 6 × 18, 6 × 24 м и высотой до 9 м при строительном модуле 12 × 18 м;

◆ светильники с лампами ДРИ (мощностью от 250 до 2000 Вт), имеющие КСС типа Г, целесообразно использовать в соответственно более высоких помещениях: при строительном модуле 6 × 6 м – до высоты 11 м, при строительном модуле 6 × 12 м – до высоты 14,5 м, при модулях 6 × 18, 12 × 18 и 6 × 24 м – до высот 16–20 м;

♦ при необходимости освещения более высоких помещений следует использовать светильники с лампами типа ДРИ, имеющие КСС типа К.

Рассмотрим основные области применения светильников с газоразрядными лампами высокого давления для общего освещения помещений с различными условиями среды.

Светильники типа РПП01 предназначены для освещения низких производственных помещений с тяжелыми условиями среды: пыльных, влажных, сырых, с химически агрессивными парами, а также для взрывоопасных помещений классов В-1б и В-1а.

При нормальных условиях окружающей среды используются светильники типа РСР05, РСР08, РСР13.

Для освещения пыльных и влажных производственных помещений предназначены светильники типа РСР12 и РСР14, причем светильники типа РСР12 обеспечивают освещение помещений пожароопасных классов П-1 и П-2, а светильники типа РСР14 со степенью защиты *IP60* – помещений взрывоопасных классов В-1б и В-1а и пожароопасных классов П-1 и П-2.

Светильники типа РСР21 могут применяться в помещениях с нормальными и тяжелыми условиями среды, в пожароопасных помещениях класса П-1а, а в случае исполнения светильников со степенью защиты *IP53* – в помещениях всех классов пожароопасности.

Для освещения помещений сельскохозяйственного назначения промышленностью выпускаются светильники типа РСР26-125.

Светильники типа ГПП01 предназначены для освещения низких производственных помещений с тяжелыми условиями среды: пыльных, влажных, сырых, с химически агрессивными парами, а также взрывоопасных помещений классов В-1б и В-1а.

В пыльных и влажных помещениях применяются светильники типа ГСП15, если они имеют степень защиты $5^{\circ}0$. Эти же светильники со степенью защиты *IP60* могут использоваться во взрывоопасных зонах классов В-1б и В-1а и пожароопасных зонах классов П-1 и П-2а.

Светильники типа ГСП17 предназначены для общего освещения высоких производственных помещений (выше 12 м) с нормальными условиями среды, когда применяются лампы типа ДРИ700-5 и степень защиты – *IP20*. Если светильники имеют степень защиты $5^{\circ}0$, то они могут использоваться для освещения пыльных, влажных и пожароопасных помещений класса П-1а. Эти же светильники

ки с лампами типа ДРИ2000-6 предназначены для общего освещения высоких помещений (выше 20 м) с нормальными условиями среды, т. е. механических, механосборочных и сборочных цехов.

При высоте производственных помещений 6 м и более с нормальными условиями среды рекомендуются к установке светильники типа ГСП18.

Для освещения низких помещений с тяжелыми условиями среды: пыльных, влажных, сырых, с парами агрессивных химических веществ, а также взрывоопасных помещений классов В-1б и В-1а – предназначены светильники типа ЖСП01. Конструкция светильников предусматривает доступ в оболочку только с помощью специального инструмента.

Светильники типа ЖСП01 используются для общего освещения производственных помещений. При этом светильники со степенью защиты IP23 следует применять для освещения складов с нормальными условиями среды, шихтовых дворов, плавильнозаготовительных отделений литейного производства и тому подобных объектов. Светильники со степенью защиты IP53 – для смесеприготовительных цехов абразивных заводов, а также кузнечно-прессовых, штамповочных и сварочных цехов машиностроительных заводов. Рекомендуемая высота установки светильников – 10 м и более.

При необходимости освещения производственных помещений средней высоты с тяжелыми условиями среды: пыльных, влажных, с химически агрессивной средой, жарких, а также пожароопасных помещений классов П-11 и П-1а – можно применять светильники типа ЖСП20-250. В этих светильниках часть светового потока через специальные прорезы в корпусе направляется в верхнюю полусферу для обеспечения зрительного комфорта в помещении.

Для уменьшения слепящего действия выбираются светильники с защитным углом или со светорассеивающими стеклами, а при необходимости освещения высокорасположенных поверхностей применяются светильники, имеющие достаточную силу света в направлениях, примыкающих к горизонтали, а иногда и выше последней. Большое значение имеет яркость потолков и стен помещения. При высоких коэффициентах отражения стен и потолков целесообразно применение светильников прямого или рассеянного света. В случае необходимости повышения вертикальной освещенности в любой точке помещения следует использовать светильники с КСС типа Д или М.

Конструктивное исполнение светильников должно обеспечивать их пожарную безопасность и электробезопасность при работе и обслуживании, надежность, долговечность и стабильность характеристик в данных условиях среды, а также удобство эксплуатации [7].

В особо сырых помещениях и в наружных установках следует применять светильники со степенью защиты, как правило, не ниже *IP53*, а в помещениях с химически активной средой – не ниже *IP54*. При этом рекомендуется использовать светильники с корпусом, противостоящим возможным воздействиям окружающей среды.

В жарких помещениях могут использоваться светильники любых степеней защиты, но по возможности следует избегать применения светильников с замкнутыми стеклянными колпаками. В светильниках с люминесцентными лампами необходимо применять амальгамные лампы.

Для пыльных помещений степень защиты световых приборов должна выбираться в зависимости от количества и характера пыли. Предпочтительным является применение СП со степенью защиты *IP6X* или *IP5X*. В случае необходимости упрощения обслуживания осветительных установок допускается применение светильников со степенью защиты *6°X* и *5°X*, а при непроводящей ток пыли – *IP2X* (в виде исключения).

В пожароопасных зонах классов П-I и П-II светильники, как правило, должны иметь степень защиты не ниже *IP5X* (*5°X* – с люминесцентными лампами), класса П-IIа – не ниже *IP2X*.

Во взрывоопасных зонах следует применять СП взрывозащищенного исполнения. В зонах классов В-Iб и В-IIа допускается установка светильников со степенью защиты не ниже *IP5X*.

При выборе светильников по условиям окружающей среды можно руководствоваться табл. 6.9, обратив особое внимание на правильный выбор светильников для пожароопасных зон.

Таблица 6.9

Области применения светильников в зависимости от условий окружающей среды

Характеристика помещений по условиям окружающей среды	Тип светильника
Нормальные	ЛВП04, ЛВП05, ЛВП06, ЛСП02, ЛСП13, РСП05, РСП08, РСП18, ГСП17, ГСП18, ЖСП01

Характеристика помещений по условиям окружающей среды	Тип светильника
Влажные	РСП12, РСП14, РСП18, ГСП 15, ГСП17
Сырые	ЛСП18, ЛСП22, ПВЛМ, РСП21
Низкие сырые	НПП03, НПП05, РПП01, ГПП01, ЖПП01
Низкие сырые с химически активной средой	РПП01, ГПП01, ЖПП01
С повышенным содержанием пыли	НСП02, НСП11, НСП17, НСП22, ЛВП04, ЛСП18, ЛСП22, ПВЛМ, РСП08, РСП12, РСП14, РСП18, РСП21, ГСП15, ЖСП01
Пожароопасные: класса П-I	ЛСП18, ЛПП07, РСП12, РСП14, РСП17, РСП21, ГСП15
класса П-II	ЛСП18, ЛПП07, РСП12, РСП14, РСП18, РСП21
класса П-III	ЛСП18, ЛПП07, РСП18, РСП21, ГСП15

Технические характеристики светильников для взрывоопасных помещений с лампами накаливания, люминесцентными лампами, а также с лампами типов ДРЛ, ДРИ и ДНаТ приведены в табл. 6.10–6.14.

Предприятия-изготовители поставляют светильники с лампами накаливания в следующих комплектах: с отражателем и сеткой, с отражателем без сетки, без отражателя с сеткой, без сетки и без отражателя. Отверстия в предохранительных сетках, предотвращающие выпадение осколков разбитого стекла, выполняют диаметром не более 100 мм. Так как наиболее уязвимым элементом взрывозащищенных светильников является защитный светопропускающий колпак, то светильники без защитных сеток следует применять во взрывоопасных зонах, где исключено механическое повреждение защитного колпака. Светильники комплектуются патронами с искрогасительной взрывонепроницаемой камерой.

Таблица 6.10

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений с лампами накаливания

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
НСП18Ex-111 НСП18Ex-221 НСП18Ex-421 НСП18Ex-511	60, 75, 100, 150, 200	Д	70	IExdeII

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
НСП18Ех-621	60, 75, 100, 150, 200	Д	55	1ExdeII
НСП21Ех-111 НСП21Ех-231 НСП21Ех-631 НСП21Ех-711	150, 200, 300	Д	50	1ExdeII
НСП23	200	Д	60	2ExdeII
		Косо-свет	70	
В4А-60	60	Д	50	2ExdII
ВЗГ-100 ВГЗ/В4А-200МС	100 200		45 45/75	2ExdII
Н4Б-300МА	300		Г/М	50/80

Таблица 6.11

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений с люминесцентными лампами типа ЛБ

Тип светильника	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты	Габаритные размеры, мм
Н4Т4Л-1 × 65-11	Д	60	2ExiII4	1695 × 205 × 390
Н4Т4Л-1 × 65-12	М	70		
Н4Т5Л-1 × 65-11	Д	60	2ExiII5	
Н4Т5Л-1 × 65-12	М	70		
Н4Т5Л-2 × 65-11	Д	55		
Н4Т5Л-2 × 65-12	М	65		1695 × 310 × 405
ЛСП-01-1 × 40	М	70	РВ IBA	1648 × 265 × 205
ЛЛП105Ех-1 × 18 (2 × 18)	Д	70	1ExqdeII	800 × 190 × 150
ЛЛП105Ех-1 × 36 (2 × 36)				1400 × 190 × 150
ЛЛП105Ех-1 × 58 (2 × 58)				1700 × 190 × 150
ЛСП103Ех-1 × 65 (1 × 80)	М	72	2ExqdeII	1695 × 113 × 390
ЛСП03Ех-2 × 65 (2 × 80)				1695 × 230 × 405

Таблица 6.12

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений с лампами типа ДРЛ

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
РСП1Ех	125	М	70	1ExdeII
РСП18Ех-111/112	80,125			
РСП18Ех-221/222				
РСП18Ех-311/312				
РСП18Ех-431/432		55		
РСП18Ех-511/512				
РСП18Ех-631/632	Д	50		
РСП21Ех-111/231	М			
РСП21Ех-631/711	125	Д	55	
РВП(РПП)14 2Ех	250	Л		2ExdeII
РО17 2Ех		115/125	60	

Таблица 6.13

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений с лампами типа ДРИ

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
ГСП1Ех	250	М	70	1ExdeII
ГВП(ГПП)14 2Ех		Л	55	2ExdeII

Таблица 6.14

Технические данные светильников для взрывоопасных помещений с лампами типа ДНаТ

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
ЖСП1Ех	100, 150	М	70	1ExdeII
ЖСП18Ех-111/112	70			
ЖСП18Ех-221/222				
ЖСП18Ех-311/322				
ЖСП18Ех-431/432			55	
ЖСП18Ех-511/512				
ЖСП18Ех-631/632	100	Д	50	
ЖСП21Ех-111/231				
ЖСП21Ех-631/711				

Тип светильника	Номинальная мощность лампы, Вт	Тип КСС	КПД, %	Вид взрывозащиты
ЖВП(ЖПП)14 2Ex	100,150	Л	55	2ExdeII
ЖО17 2Ex	150	120/120	60	

В наиболее ответственных случаях выбор целесообразного типа светильника обосновывается полным технико-экономическим сопоставлением вариантов [8]. Однако в большинстве случаев ограничиваются сопоставлением мощности, необходимой для обеспечения требуемой освещенности, при различных типах светильников. Иногда наиболее экономичный тип светильника является очевидным.

Данные, приведенные в табл. П1.1 приложения 1, дают представление о возможных применяемых типах светильников в различных производственных помещениях и установках промышленных объектов.

Номенклатура светильников для общественных зданий подвержена значительным изменениям и непрерывно обновляется, так как функциональное назначение общественных зданий и различие их интерьеров требует большого разнообразия световых приборов. Поэтому светильники для общественных зданий выпускают унифицированными сериями, имеющими значительное число модификаций, отличающихся конструктивным исполнением и светотехническими характеристиками. При этом в основном используются световые приборы с люминесцентными лампами низкого давления. В общественных зданиях достаточно широко применяются светильники, предназначенные для внутреннего освещения производственных помещений промышленных предприятий. Перспективными являются потолочные и встраиваемые световые приборы с разрядными лампами высокого давления.

Конструктивное исполнение световых приборов разного назначения для нормальных и тяжелых условий среды, а также для взрывоопасных зон представлены в приложении 6.

7. РАЗМЕЩЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ

Существуют два способа размещения светильников общего освещения: равномерное и локализованное. При локализованном способе вопрос о выборе места расположения светильника должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае в зависимости от характера производственного процесса.

При общем равномерном освещении, а по возможности и при локализованном освещении светильники с лампами накаливания, лампами ДРЛ, ДРИ и натриевыми лампами рекомендуется располагать по вершинам квадратных, прямоугольных (с отношением большей стороны прямоугольника к меньшей не более 1,5) или ромбических (с острым углом ромба, близким к 60°) полей.

Для размещения светильников должны быть известны следующие размеры (рис. 7.1):

H – высота помещения, м;

h_p – высота расчетной поверхности над полом, м (если неизвестна, принимается высота условной рабочей поверхности 0,8 м);

h_c – расстояние от светильника до перекрытия (свес), м (принимается в диапазоне 0–1,5 м);

L – расстояние между соседними светильниками в ряду или рядами светильников, м;

H_p – расчетная высота от условной рабочей поверхности до светильника, м;

$$H_p = H - h_c - h_p; \quad (7.1)$$

I – расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стены, м (принимается $(0,3-0,5)L$ в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест);

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

Распределение освещенности по освещаемой поверхности определяется типом КСС и отношением расстояния между соседними светильниками или рядами к высоте их установки (L/H_p). Для каждой КСС существует наиболее выгодное значение L/H_p , обеспечивающее наибольшую равномерность распределения освещенности и максимальную энергетическую эффективность (табл. 7.1).

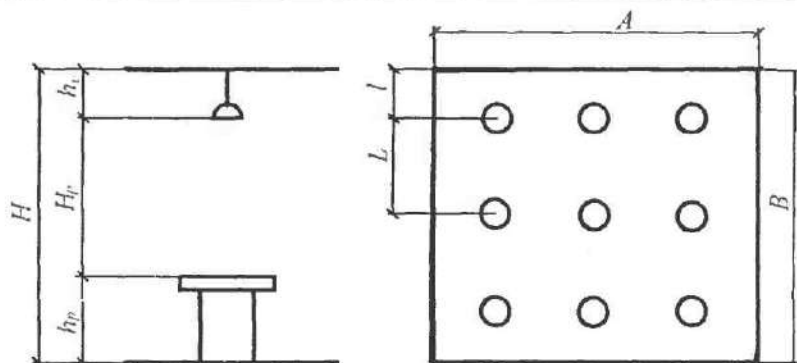


Рис. 7.1. Размещение светильников

Таблица 7.1

Рекомендуемые значения отношений L/H_p

L/H_p	Тип КСС				
	К	Г	Д	М	Л
	0,4–0,7	0,8–1,1	1,4–1,6	1,8–2,6	1,6–1,8

Допускается увеличение указанных в табл. 7.1 значений отношений L/H_p не более чем на 30 %, кроме КСС типа К [7].

Определив H_p и задавшись значением L/H_p , вычисляют расстояние L .

Число рядов светильников определяется по выражению

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (7.2)$$

а число светильников в ряду из соотношения

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1. \quad (7.3)$$

Полученные результаты округляются до ближайшего целого числа, после чего пересчитываются реальные расстояния:

◆ между рядами светильников

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1}; \quad (7.4)$$

♦ между центрами светильников в ряду

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1}. \quad (7.5)$$

Для прямоугольных помещений проверяется условие

$$1 \leq L_A/L_B \leq 1,5.$$

Если $L_A/L_B < 1$, то необходимо уменьшить число светильников в ряду на один или увеличить число рядов на один.

Если $L_A/L_B > 1,5$, то необходимо увеличить число светильников в ряду на один или уменьшить число рядов на один.

Общее число светильников определяем по формуле

$$N_{\text{св}} = R \cdot N_R. \quad (7.6)$$

Светильники с люминесцентными лампами могут располагаться вплотную друг к другу либо с разрывами (не более $0,5 H_p$). При их использовании сначала из светотехнического расчета определяется световой поток ряда люминесцентных светильников Φ_{Rp} , а затем рассчитывается число светильников в одном ряду:

$$N_R = \Phi_{Rp} / (n_{\text{св}} \cdot \Phi_{\text{л}}), \quad (7.7)$$

где $n_{\text{св}}$ – число ламп в одном светильнике;

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

При этом расстояние между соседними светильниками в ряду

$$L_A = \frac{A - 2l - N_R \cdot l_c}{N_R - 1}, \quad (7.8)$$

где l_c – длина одного светильника.

В процессе расчетов необходимо следить, чтобы суммарная длина светильников с люминесцентными лампами в одном ряду не превышала длины помещения.

8. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

При проектировании осветительных установок целью расчета является определение числа и мощности ламп светильников, необходимых для обеспечения заданной освещенности.

Если для освещения предусматриваются лампы накаливания или газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и др., то число и месторасположение светильников намечают до расчета освещения, а в процессе расчета определяют необходимую мощность источника света.

При использовании люминесцентных ламп сначала намечают число и расположение рядов светильников, а затем определяют число и мощность ламп, установленных в каждом ряду.

В результате светотехнического расчета освещения определяется значение светового потока принятого источника света $\Phi_{\text{лр}}$, на основании которого по справочной литературе выбирается стандартная лампа определенной мощности и светового потока, значение которого не должно отличаться от $\Phi_{\text{лр}}$ более чем на $-10 \dots +20 \%$. Если такой источник подобрать не удастся, то принимается лампа со значением светового потока, ближайшим к $\Phi_{\text{лр}}$, а далее корректируется число светильников в помещении и осуществляется повторный расчет освещения.

Для расчета освещения применяются два основных метода: коэффициента использования светового потока и точечный.

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения при отсутствии крупных затеняющих предметов.

Точечный метод предназначен для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Применяется при расчете общего равномерного освещения (при наличии существенных затенений), местного, общего локализованного, аварийного, а также освещения наклонных поверхностей.

8.1. Метод коэффициента использования светового потока

Расчетное значение светового потока одной лампы в каждом светильнике определяется по формуле

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_{\text{з}} \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta_{\text{ОУ}}}, \quad (8.1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемое значение освещенности, лк;

K_3 – коэффициент запаса (принимается по табл. 2.1);

F – освещаемая площадь, м²;

$\eta_{\text{оу}}$ – коэффициент использования светового потока осветительной установки, о. е.;

z – отношение средней освещенности к минимальной.

Коэффициент z характеризует неравномерность освещенности и в значительной степени зависит от соотношения L/H_p . Если это соотношение находится в диапазоне рекомендуемых значений (табл. 7.1), то можно принять:

$z = 1,15$ – для ламп накаливания и газоразрядных ламп типов ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и т. п.;

$z = 1,10$ – для люминесцентных ламп, расположенных в виде светящихся линий.

Под коэффициентом использования светового потока понимают отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к световому потоку источника света. Его значение принимается по табл. 8.1 в зависимости от коэффициентов отражения поверхностей помещения: потолка – ρ_n , стен – ρ_c (табл. 8.2), расчетной поверхности – ρ_p (обычно принимается 0,1) и от индекса помещения

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}. \quad (8.2)$$

По найденному значению $\Phi_{\text{лр}}$ выбирается лампа ближайшей стандартной мощности, значение светового потока которой отличается от $\Phi_{\text{лр}}$ не более чем на $-10 \dots +20$ %.

При расчете люминесцентного освещения первоначально намечается число рядов R , которое подставляется в формулу (8.1) вместо N . Тогда под $\Phi_{\text{лр}}$ следует подразумевать световой поток лампы одного ряда Φ_{R_p} :

$$\Phi_{R_p} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{R \cdot \eta_{\text{оу}}}. \quad (8.3)$$

Далее по (7.7) определяется количество светильников в одном ряду. При этом расстояние между соседними светильниками в ряду не должно превышать $0,5H_p$ [7].

Таблица 8.1.а

**Коэффициент использования светового потока светильников
с типовыми КСС**

Тип КСС	Значение $\eta_{0,0}$, %											
	при $\rho_n = 0,7$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,3$ и i_n равном:						при $\rho_n = 0,7$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,1$ и i_n равном:					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	35	50	61	73	83	95	34	47	56	66	75	86
Д-1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79
Д-2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	75	84	92
Г-1	49	60	75	90	101	106	48	57	71	82	89	94
Г-2	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96
Г-3	64	74	85	95	100	105	62	70	79	80	90	93
Г-4	70	77	84	90	94	99	65	71	78	83	86	87
К-1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92
К-2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	95	97	100
К-3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	94	99	102
Л	32	49	59	71	83	91	31	46	55	65	74	83

Таблица 8.1.б

**Коэффициент использования светового потока светильников
с типовыми КСС**

Тип КСС	Значение $\eta_{0,0}$, %											
	при $\rho_n = 0,7$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$ и i_n равном:						при $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,3$ и i_n равном:					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	26	36	46	56	67	80	32	45	55	67	74	84
Д-1	28	40	49	59	68	74	36	48	57	66	76	85
Д-2	33	43	56	74	80	76	42	51	65	71	90	85
Г-1	42	52	69	78	73	76	45	56	65	78	76	84
Г-2	48	60	73	84	90	94	55	66	80	92	96	403
Г-3	57	66	76	84	84	91	63	72	83	91	96	100
Г-4	62	69	76	81	84	85	68	73	81	87	91	94
К-1	65	73	81	86	89	90	70	78	86	92	96	100
К-2	67	75	84	93	97	100	72	80	91	99	103	108
К-3	68	77	86	95	98	101	74	83	93	101	106	170
Л	24	40	50	62	71	77	32	47	57	69	79	90

Таблица 8.1.в

**Коэффициент использования светового потока светильников
с типовыми КСС**

Тип КСС	Значение $\eta_{0,0}$, %											
	при $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,1$ и i_n равном:						при $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$ и i_n равном:					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75

Окончание табл. 8.1.в

Тип КСС	Значение $\eta_{\text{оу}}$, %											
	при $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,5$; $\rho_p = 0,1$ и i_m равном:						при $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$ и i_m равном:					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99
Л	30	45	55	65	70	78	24	40	49	60	70	76

Таблица 8.1.г

**Коэффициент использования светового потока светильников
с типовыми КСС**

Тип КСС	Значение $\eta_{\text{оу}}$, %											
	при $\rho_n = 0,3$; $\rho_c = \rho_p = 0,1$ и i_m равном:						при $\rho_n = \rho_p = \rho_c = 0,1$ и i_m равном:					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	17	29	38	46	58	67	16	28	38	45	55	65
Д-1	27	35	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66
Д-2	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78
Г-1	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74
Г-2	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86
Г-3	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85
Г-4	61	66	72	78	81	83	59	65	71	78	80	81
К-1	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86
К-2	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95
К-3	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94
Л	20	35	44	48	65	69	17	33	42	53	63	70
Л-Ш	—	—	—	—	—	—	12	26	35	47	58	68
Ш	—	—	—	—	—	—	9	17	25	36	49	62

Таблица 8.2

Коэффициенты отражения стен и потолка

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Плоскость с белой поверхностью (побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами)	70

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Плоскость со светлой поверхностью (побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок)	50
Плоскость с серой поверхностью (бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями)	30
Плоскость с темной поверхностью (стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный нештукатуренный кирпич; стены с темными обоями)	10

Пример 8.1. В помещении площадью 180 м^2 требуется обеспечить нормируемую освещенность $E_n = 30$ лк светильниками типа НППО5-100, приняв индекс помещения $i_n = 1,25$ и коэффициент запаса $K_3 = 1,5$. Определить необходимое для этой цели количество светильников при условии, что коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности соответственно равны $\rho_n = 50 \%$, $\rho_c = 30 \%$, $\rho_p = 10 \%$, а коэффициент неравномерности освещенности для ламп накаливания $z = 1,15$.

Решение. По табл. 6.4 данный тип светильника имеет КСС типа М. По табл. 8.1 для $i_n = 1,25$ и КСС типа М определяется коэффициент $\eta_{\text{ов}} = 45 \% = 0,45$. В светильнике применена лампа типа БК215-225-100 с $\Phi_n = 1500$ лм (см. табл. 5.1). Из формулы (8.1) находим необходимое число светильников:

$$N = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{\Phi_n \cdot \eta_{\text{ов}}};$$

$$N = \frac{30 \cdot 1,5 \cdot 180 \cdot 1,15}{1500 \cdot 0,45} \approx 14 \text{ шт.}$$

Пример 8.2. В помещении длиной $A = 18$ м и шириной $B = 12$ м на высоте $H_p = 4$ м устанавливаются три продольных ряда светильников типа ЛСП02 (КСС типа Д-2) с люминесцентными лампами типа ЛБ. Коэффициенты $\rho_n = 50 \%$, $\rho_c = 30 \%$, $\rho_p = 10 \%$. Требуется обеспечить освещенность $E_n = 300$ лк с коэффициентом запаса $K_3 = 1,5$.

Решение. Определяем площадь и индекс помещения:

$$F = A \cdot B;$$

$$F = 12 \cdot 18 = 216 \text{ м}^2;$$

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)};$$

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

Для КСС Д-2 и $i_n = 1,8$ при заданных коэффициентах отражения находим из табл. 8.1 методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока:

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

Определяем требуемый световой поток ламп одного ряда:

$$\Phi_{\text{Rp}} = \frac{E_n \cdot K_z \cdot F \cdot z}{R \cdot \eta_{\text{oy}}};$$

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

Если применить светильники с лампами 2×40 Вт (с общим потоком 6300 лм, длиной $l_c = 1234$ мм), то в ряду необходимо установить $N_p = 55255,8 / 6300 \approx 9$ светильников. Расстояние между соседними светильниками в ряду согласно (7.8)

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

где $l = 0,5$ м – расстояние от крайних светильников до стены.

При использовании светильников с лампами 2×65 Вт (с общим потоком 9600 лм, длиной $l_c = 1534$ мм) в ряду следует установить $N_p = 55255,8 / 9600 \approx 6$ светильников. Расстояние между соседними светильниками в ряду

$$L_A = \frac{18 - 2 \cdot 0,5 - 6 \cdot 1,534}{6 - 1} = 1,56 \text{ м}.$$

Таким образом, оба варианта технически допустимы: светильники встраиваются в ряд, и расстояние между соседними светильниками не превышает $0,5H_p = 2$ м.

8.1.1. Расчет освещенности по удельной мощности

Метод расчета освещенности по удельной мощности является одним из упрощенных вариантов расчета освещенности с применением коэффициента использования.

Удельная мощность осветительной установки определяется по формуле:

$$P_y = \frac{P_n \cdot N}{F}, \text{ Вт/м}^2, \quad (8.4)$$

где P_n – мощность одной лампы, Вт; N – число ламп; F – площадь освещаемого помещения, м².

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

$$P_{\text{пл}} = \frac{P_y \cdot F}{N}, \text{ Вт}, \quad (8.5)$$

по которому выбирается лампа ближайшей стандартной мощности.

В табл. 8.3–8.10 приводятся данные об удельной мощности для светильников прямого света с типовыми КСС [2].

Расчет по методу удельной мощности допускается производить только для общего равномерного освещения при отсутствии крупных затенений и в пределах тех данных, для которых составлены таблицы. При пользовании ими следует учитывать следующие особенности:

- ♦ если значение освещенности и коэффициента запаса, принятых для расчета, отличаются от указанных в таблице, следует произвести пропорциональный перерасчет значения удельной мощности;

- ♦ если значения коэффициентов отражения поверхностей помещения отличаются от принятых в таблице (помещения более темные или более светлые), допускается соответственно увеличить или уменьшить удельную мощность на 10 %;

- ♦ значения удельной мощности для ламп накаливания указаны для напряжения 220 В;

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

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

Перерасчет удельных мощностей с учетом фактических исходных данных можно производить по выражению (12.5).

Табл. 8.3–8.10 рассчитывались для светильников прямого света при отношении расстояний между ними или между их рядами к высоте подвеса $L/H_p = 0,4$ для КСС типов Г-3, К-1, К-2; $L/H_p = 1,0$ для КСС типов Д-3, Г-1, Г-2; $L/H_p = 1,5$ для КСС типов Д-1, Д-2, а также при полном совпадении данных, для которых составлены эти таблицы [23].

Таблица 8.3

Удельная мощность общего равномерного освещения светильников с лампами накаливания мощностью 100–200 Вт

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
2–3	10–15	28,8	25,4	24,3	20,1	17,5	16,9
	15–25	23,2	20,5	20,5	17,5	15,2	14,8
	25–50	20,5	18,4	17,5	15,2	13,7	13,3
	50–150	16,9	15,2	13,9	12,7	12,0	11,7
	150–300	14,8	13,2	12,9	11,7	11,2	11,2
	Свыше 300	13,0	12,1	11,5	11,1	10,8	10,8
3–4	10–15	50,8	41,1	33,4	26,7	22,2	21,3
	15–25	38,1	32,3	28,1	22,7	19,1	18,7
	20–30	28,8	25,4	24,3	20,1	17,2	16,9
	30–50	23,2	20,5	20,5	17,5	15,2	14,9
	50–120	19,8	17,8	16,7	14,6	13,2	13,0
	120–300	16,9	15,0	13,9	12,6	11,9	11,9
	Свыше 300	13,5	12,7	12,1	11,4	11,0	11,0
4–6	10–17	97,1	62,8	53,4	36,8	28,1	28,8
	17–25	59,3	46,4	38,1	28,8	23,7	23,7
	25–35	42,7	38,1	30,5	24,3	20,5	20,9
	35–50	33,3	28,8	26,0	21,3	18,4	18,1
	50–80	24,3	22,2	22,2	18,7	16,2	15,7
	80–150	21,8	19,4	18,7	16,2	14,4	14,0
	150–400	18,4	16,4	15,2	13,7	12,6	12,3
	Свыше 400	14,4	13,3	12,7	11,7	11,4	11,1

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_s = 1,3$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

Таблица 8.4

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с лампами накаливания мощностью 300 Вт**

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
3-4	10-15	46,5	37,6	30,5	21,4	20,3	19,5
	15-20	34,9	29,6	25,7	20,8	17,4	17,1
	20-30	26,4	23,3	22,2	18,4	15,8	15,5
	30-50	21,2	18,8	18,8	16,0	13,9	13,7
	50-120	18,1	16,3	15,3	13,4	12,1	11,9
	120-300	15,5	13,8	12,7	11,5	10,8	10,8
	Свыше 300	12,4	11,6	11,1	10,4	10,1	10,1
4-6	10-17	88,8	57,5	48,8	33,7	25,7	26,4
	17-25	54,3	42,5	34,9	26,4	21,7	21,7
	25-35	39,1	34,9	27,9	22,2	18,8	19,2
	35-50	30,5	25,4	23,8	19,5	16,8	16,6
	50-80	22,2	20,4	20,4	17,1	14,8	14,4
	80-150	19,9	17,8	17,1	14,8	13,2	12,8
	150-400	16,8	15,0	14,0	12,5	11,5	11,2
	Свыше 400	13,2	12,2	11,6	10,7	10,4	10,2
6-8	25-35	75,2	54,3	42,5	30,5	24,4	23,8
	35-50	51,4	42,5	34,9	25,7	21,2	20,8
	50-65	40,7	34,9	27,9	22,7	18,8	18,4
	65-90	32,6	27,9	24,4	20,3	17,1	16,8
	90-135	24,4	21,7	21,2	17,8	15,3	15,0
	135-250	20,3	18,1	18,1	15,5	13,6	13,2
	250-500	17,8	16,0	15,0	13,2	11,9	11,8
	Свыше 500	13,2	12,2	11,6	10,7	10,4	10,2

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_s = 1,3$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

Таблица 8.5

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с лампами накаливания мощностью 500 Вт**

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
4-6	10-17	82,4	53,3	45,3	31,2	23,8	24,5
	17-25	50,3	39,4	32,4	24,5	20,1	20,1
	25-35	36,2	32,3	25,9	20,6	17,4	17,8
	35-50	28,3	24,5	22,1	18,1	15,6	15,3
	50-80	20,6	18,9	18,9	15,9	13,7	13,3
	80-150	18,5	16,5	15,9	13,7	12,2	11,9
	150-400	15,6	13,9	12,9	11,6	10,6	10,4

Окончание табл. 8.5

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС					
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3
4-6	Свыше 400	12,2	11,3	10,8	9,9	9,6	9,4
6-8	25-35	69,7	50,3	39,4	28,3	22,6	22,1
	35-50	47,7	39,4	32,4	23,8	19,7	19,3
	50-65	37,8	32,3	25,9	21,1	17,4	17,1
	65-90	30,2	25,9	22,6	18,9	15,9	15,6
	90-135	22,6	20,1	19,7	16,5	14,2	13,9
	135-250	18,9	16,8	16,8	14,4	12,6	12,2
	250-500	16,5	14,8	13,9	12,2	11,0	10,9
	Свыше 500	12,2	11,3	10,8	10,0	9,6	9,4
8-12	50-70	78,8	50,3	43,1	29,2	23,8	22,6
	70-100	50,3	39,4	32,3	24,5	20,1	19,7
	100-130	39,4	32,4	26,6	21,1	17,8	17,1
	130-200	28,3	24,5	22,1	18,1	15,6	15,4
	200-300	21,6	18,9	18,9	15,9	13,9	13,5
	300-600	18,5	16,5	16,2	13,9	12,2	11,9
	600-1500	15,6	14,2	13,1	11,8	10,8	10,6
	Свыше 1500	12,2	11,3	10,8	10,0	9,6	9,4

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_v = 1,3$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

Таблица 8.6

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с лампами накаливания мощностью 1000 Вт**

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
4-6	10-17	75,5	49,0	41,6	28,7	21,9	22,4	18,9	16,6
	17-25	46,1	36,1	29,7	22,5	18,5	18,5	16,3	14,3
	25-35	33,3	29,7	23,7	18,9	16,0	16,3	14,3	13,0
	35-50	26,0	22,5	20,3	16,6	14,3	14,1	13,0	11,9
	50-80	18,9	17,3	17,3	14,6	12,6	12,2	11,7	10,9
	80-150	17,0	15,1	14,6	12,6	11,2	10,9	10,8	9,9
	150-400	14,3	12,8	11,9	10,7	9,8	9,6	9,6	9,1
	Свыше 400	11,2	10,4	9,9	9,1	8,9	8,6	8,8	8,5
6-8	25-35	64,0	46,2	36,2	26,0	20,8	20,3	18,5	16,0
	35-50	43,8	36,2	29,6	21,9	18,1	17,7	16,0	14,3
	50-65	34,7	29,7	23,7	19,4	16,0	15,7	14,3	13,0
	65-90	27,8	23,7	20,8	17,3	14,6	14,3	13,2	12,0
	90-135	20,8	18,5	18,1	15,1	13,0	12,8	12,2	11,2
	135-250	17,4	15,4	15,4	13,2	11,5	11,2	10,9	10,1
	250-500	15,1	13,6	12,8	11,2	10,1	10,0	10,0	9,3

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
6-8	Свыше 500	11,2	10,4	9,9	9,1	8,9	8,6	8,8	8,5
8-12	50-70	72,3	46,2	39,6	26,8	21,9	20,8	18,9	16,3
	70-100	46,2	36,1	29,7	22,4	18,5	18,1	16,3	14,3
	100-130	36,1	29,7	24,4	19,3	16,3	15,7	14,3	13,2
	130-200	26,0	22,4	20,2	16,6	14,3	14,1	13,0	11,7
	200-300	19,8	17,3	17,3	14,6	12,8	12,4	11,9	10,9
	300-600	16,9	15,1	14,8	12,8	11,2	10,9	10,8	10,0
	600-1500	14,3	13,0	12,0	10,8	9,9	9,8	9,7	9,1
	Свыше 1500	11,2	10,4	9,9	9,1	8,8	8,6	8,7	8,5

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_s = 1,3$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

Таблица 8.7

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с люминесцентными лампами типа ЛБ40**

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС			
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1
2-3	10-15	6,1	5,2	5,0	4,1
	15-25	4,8	4,2	4,2	3,6
	25-50	4,2	3,8	3,6	3,1
	50-150	3,5	3,1	2,9	2,6
	150-300	3,0	2,8	2,6	2,5
	Свыше 300	2,7	2,5	2,5	2,3
3-4	10-15	10,5	8,5	4,9	5,5
	15-20	5,4	4,9	4,2	4,7
	20-30	5,9	5,2	5,0	4,2
	30-50	3,7	3,7	4,2	3,6
	50-120	4,1	3,7	3,4	3,0
	120-300	3,5	3,1	2,9	2,6
	Свыше 300	2,8	2,6	2,3	2,3
4-6	10-17	20,0	12,9	11,0	7,6
	17-25	12,2	9,6	7,8	5,9
	25-35	8,8	7,8	6,3	5,0
	35-50	6,9	5,9	5,4	4,4
	50-80	5,0	4,6	4,6	3,8
	80-150	4,5	4,0	3,8	3,3
	150-400	3,5	3,4	3,1	2,8
	Свыше 400	3,0	2,8	2,6	2,4

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_s = 1,5$; $z = 1,1$; условный КПД = 100 %.

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с лампами типа ДРЛ**

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	14,9	12,0	9,8	7,8	6,5	-	-	-
	15-20	11,2	9,5	8,3	6,7	5,6	-	-	-
	20-30	8,5	7,4	7,1	5,9	5,0	-	-	-
	30-50	6,8	6,0	6,0	5,1	4,5	-	-	-
	50-120	5,8	5,2	4,9	4,3	3,9	-	-	-
	120-300	4,9	4,4	4,1	3,7	3,5	-	-	-
	Свыше 300	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	-	-	-
4-6	10-17	28,5	18,4	15,7	10,8	8,2	8,5	-	-
	17-25	17,4	13,6	11,2	8,5	7,0	7,0	-	-
	25-35	12,5	11,2	8,9	7,1	6,0	6,1	-	-
	35-50	9,8	8,5	7,6	6,2	5,4	5,3	-	-
	50-80	7,1	6,5	6,5	5,5	4,7	4,6	-	-
	80-150	6,4	5,7	5,5	4,7	4,2	4,1	-	-
	150-400	5,4	4,8	4,5	4,0	3,7	3,6	-	-
	Свыше 400	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	-	-
6-8	50-65	13,0	11,2	9,0	7,3	6,0	5,9	5,4	-
	65-90	10,4	8,9	7,8	6,5	5,5	5,4	5,0	-
	90-135	7,8	6,9	6,8	5,7	4,9	4,8	4,6	-
	135-250	6,5	5,8	5,8	5,0	4,3	4,2	4,1	-
	250-500	5,7	5,1	4,8	4,2	3,8	3,8	3,8	-
	Свыше 500	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,8	3,3	-
8-12	70-100	17,4	13,6	11,2	8,5	7,0	6,8	6,1	-
	100-130	13,6	11,2	9,2	7,3	6,1	5,9	5,4	-
	130-200	9,8	8,5	7,6	6,3	5,4	5,3	4,9	-
	200-300	7,5	6,5	6,5	5,5	4,8	4,7	4,4	-
	300-600	6,4	5,7	5,6	4,8	4,2	4,1	4,1	-
	600-1500	5,4	4,9	4,5	4,1	3,7	3,7	3,6	-
	Свыше 1500	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	-
12-16	130-200	-	13,6	11,2	8,4	7,0	6,8	6,3	5,4
	200-350	-	9,5	8,0	6,8	5,7	5,5	5,1	4,6
	350-600	-	6,6	6,7	5,6	4,8	4,7	4,5	4,2
	600-1300	-	5,6	5,4	4,7	4,2	4,1	4,0	3,7
	1300-4000	-	4,6	4,3	3,8	3,6	3,5	3,5	3,3
	Свыше 4000	-	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $\kappa_s = 1,5$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с лампами типа ДРИ**

$H_{рн}$ м	$F, м^2$	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	9,7	7,8	6,3	5,1	4,2	4,0	—	—
	15-20	7,2	6,1	5,3	4,3	3,6	3,6	—	—
	20-30	5,5	4,8	4,6	3,8	3,3	3,2	—	—
	30-50	4,4	3,9	3,9	3,3	2,9	2,8	—	—
	50-120	3,7	3,4	3,2	2,8	2,5	2,5	—	—
	120-300	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,2	—	—
	Свыше 300	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	—	—
4-6	10-17	18,4	11,9	10,1	7,0	5,3	5,5	—	—
	17-25	11,3	8,8	7,2	5,5	4,5	4,5	—	—
	25-35	8,1	7,2	5,8	4,6	3,9	4,0	—	—
	35-50	6,3	5,5	4,9	4,1	3,5	3,4	—	—
	50-80	4,6	4,2	4,2	3,6	3,1	3,0	—	—
	80-150	4,1	3,7	3,6	3,1	2,7	2,7	—	—
	150-400	3,5	3,1	2,9	2,6	2,4	2,3	—	—
	Свыше 400	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	—	—
6-8	50-65	8,4	7,2	5,8	4,7	3,9	3,8	3,5	—
	65-90	6,8	5,8	5,1	4,2	3,6	3,5	3,2	—
	90-135	5,1	4,5	4,4	3,7	3,2	3,1	3,0	—
	135-250	4,2	3,8	3,8	3,2	2,8	2,7	2,7	—
	250-500	3,7	3,3	3,1	2,7	2,5	2,4	2,4	—
	Свыше 500	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	2,1	—
8-12	70-100	11,8	8,8	7,2	5,5	4,5	4,4	4,0	—
	100-130	8,2	7,2	6,0	4,7	4,0	3,8	3,5	—
	130-200	6,3	5,5	4,9	4,0	3,5	3,4	3,2	—
	200-300	4,8	4,2	4,2	3,6	3,1	3,0	2,9	—
	300-600	4,1	3,7	3,8	3,4	2,7	2,7	2,6	—
	600-1500	3,5	3,2	2,9	2,6	2,4	2,4	2,3	—
	Свыше 1500	2,7	2,4	2,4	2,2	2,1	2,1	2,1	3,5
12-16	150-200	—	8,8	7,2	5,5	4,5	4,4	4,1	3,0
	200-350	—	6,1	5,2	4,4	3,7	3,6	3,3	2,7
	350-600	—	4,3	4,8	3,6	3,4	3,0	2,9	2,4
	600-1300	—	3,6	3,5	3,0	2,7	2,8	2,6	2,2
	1300-4000	—	3,0	2,5	2,5	2,3	2,3	2,3	2,1
	Свыше 4000	—	2,5	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	—

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_s = 1,5$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

Таблица 8.10

**Удельная мощность общего равномерного освещения
светильников с лампами типа ДНаТ**

H_p , м	F , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , светильников с КСС							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	9,1	7,4	6,0	4,8	3,8	3,8	-	-
	15-20	6,8	5,8	5,0	4,1	3,4	3,4	-	-
	20-30	5,2	4,6	4,4	3,6	3,1	3,0	-	-
	30-50	4,2	4,0	3,7	3,1	2,7	2,7	-	-
	50-120	3,5	3,2	3,0	2,6	2,4	2,3	-	-
	120-300	3,0	2,7	2,5	2,3	2,1	2,1	-	-
	Свыше 300	2,4	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	-	-
4-6	10-17	17,4	11,3	9,6	6,6	5,0	5,2	-	-
	17-25	10,6	8,3	6,8	5,2	4,3	4,3	-	-
	25-35	7,7	6,8	5,5	4,4	3,7	3,8	-	-
	35-50	6,0	5,2	4,7	3,8	3,3	3,2	-	-
	50-80	4,3	4,0	4,0	3,4	2,9	2,8	-	-
	80-150	3,9	3,5	3,4	2,9	2,6	2,5	-	-
	150-400	3,3	2,9	2,7	2,5	2,3	2,2	-	-
	Свыше 400	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	-	-
6-8	50-65	8,0	6,8	5,5	4,5	3,7	3,6	3,3	-
	65-90	6,4	5,5	4,8	4,0	3,4	3,3	3,0	-
	90-135	4,8	4,3	4,2	3,5	3,0	2,9	2,8	-
	135-250	4,0	3,5	3,5	3,0	2,7	2,6	2,5	-
	250-500	3,5	3,1	2,9	2,6	2,3	2,3	2,3	-
	Свыше 500	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	-
	8-12	70-100	10,6	8,3	6,8	5,2	4,3	4,2	3,8
100-130		8,3	6,8	5,6	4,5	3,8	3,6	3,3	-
130-200		6,0	5,2	4,7	3,8	3,3	3,2	3,0	-
200-300		4,6	4,0	4,0	3,4	2,9	2,9	2,7	-
300-600		3,9	3,5	3,4	2,9	2,6	2,5	2,5	-
600-1500		3,3	3,0	2,8	2,5	2,3	2,2	2,2	-
Свыше 1500		2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	-
12-16		130-200	-	8,3	6,8	5,2	4,3	4,2	3,8
	200-350	-	5,8	4,9	4,2	3,5	3,4	3,1	2,8
	350-600	-	4,1	4,1	3,4	2,9	2,9	2,8	2,6
	600-1300	-	3,3	3,3	2,9	2,6	2,5	2,5	2,3
	1300-4000	-	2,6	2,6	2,4	2,3	2,1	2,2	2,0
	Свыше 4000	-	2,3	2,3	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0

Примечание. Освещенность 100 лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_1 = 1,5$; $z = 1,15$; условный КПД = 100 %.

Расчет освещенности по методу удельной мощности осуществляется в следующем порядке: для освещаемого помещения определяются значения расчетной высоты H_p , тип и число светильников, нормируемой освещенности. По соответствующей таблице находится значение удельной мощности, далее по формуле (8.5) принимается расчетное значение мощности одной лампы и подбирается лампа ближайшей стандартной мощности. Если расчетная мощность лампы оказывается большей, чем допускается в принятых светильниках, следует увеличить число светильников.

Пример 8.3. Для освещения помещения площадью $F = A \cdot B = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2$ с $\rho_n = 0,5$, $\rho_c = 0,3$, $\rho_p = 0,1$ предполагается использовать светильники прямого света типа ЛСП18-2 \times 36 (КСС типа Д-2, КПД 70 %, длина 1330 мм), установленные на расчетной высоте $H_p = 3,5 \text{ м}$, с люминесцентными лампами типа ЛБ. Определить число светильников, необходимое для создания освещенности $E = 300 \text{ лк}$ при коэффициенте запаса $K_z = 1,8$ и коэффициенте неравномерности $z = 1,1$.

Решение. По табл. 8.7 определяется табличное значение удельной мощности освещения $p_{y \text{ табл}} = 3,1 \text{ Вт/м}^2$. Но так как в таблице это значение соответствует $E = 100 \text{ лк}$, $K_z = 1,5$ и КПД = 100 %, пропорциональным пересчетом определяется значение

$$p_y = \frac{3,1 \cdot 1,8 \cdot 300}{1,5 \cdot 0,7 \cdot 100} = 15,9 \text{ Вт/м}^2.$$

$$\text{Число светильников } N = \frac{p_y \cdot F}{P_{\text{л}}} = \frac{15,9 \cdot 216}{2 \cdot 36} = 47,7 \approx 48 \text{ шт.}$$

Для освещения помещения можно принять 6 рядов по 8 светильников в каждом. Проверим, поместятся ли светильники по длине помещения. Общая длина ряда светильников составляет $8 \times 1330 \text{ мм} = 10640 \text{ мм} = 10,64 \text{ м}$, что меньше длины помещения. Следовательно, принимаем для освещения помещения 6 рядов светильников по 8 штук в каждом.

8.2. Точечный метод расчета освещенности

При расчетах, проводимых точечным методом, светильник представляется точечным, т. е. его размеры считаются малыми по сравнению с расстоянием до освещаемой им точки пространства

(его размеры не превышают 0,2 расстояния до освещаемой точки). К точечным источникам относятся, например, прожекторы, светильники с лампами накаливания и газоразрядными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и др.

Расчету освещенности должен предшествовать выбор типа световых приборов, расположения и высоты подвеса их в помещении, нормируемого значения освещенности (E_v).

Расчетная точка освещается практически всеми светильниками, находящимися в помещении, однако учитывают обычно только действие ближайших СП.

В качестве контрольных выбираются точки с наименьшей освещенностью, но не следует их принимать у стен или в углах помещения. Если в подобных точках есть рабочие места, то создание требуемой освещенности у них обеспечивается установкой дополнительных светильников или ламп большей мощности. При расположении светильников рядами контрольная точка выбирается между рядами на расстоянии от торцевой стены, примерно равном расчетной высоте.

8.2.1. Расчет освещенности на горизонтальной поверхности

Освещенность элемента поверхности определяется в соответствии с формулой (1.2). В случае расчета освещенности на горизонтальной поверхности расстояние от источника света до контрольной точки А (рис. 8.1) определяется, как гипотенуза прямоугольного треугольника по выражению:

$$l = \frac{H_p}{\cos \alpha}, \quad (8.6)$$

При этом в соответствии с рис. 1.2 угол β равен углу α . Таким образом, освещенность элемента поверхности на горизонтальной плоскости можно рассчитать по формуле:

$$E = \frac{I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{H_p^2 \cdot K_3}, \quad (8.7)$$

где K_3 – коэффициент запаса, определяемый по табл. 2.1;
 μ – коэффициент дополнительной освещенности, учитывающий освещенность, создаваемую от неучтенных светильников, стен и потолка (принимается равным 1,1–1,2).

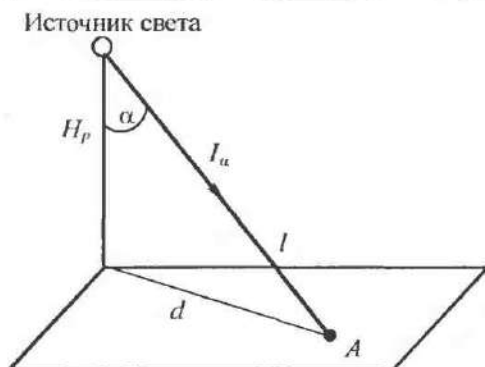


Рис. 8.1. Освещенность элемента поверхности горизонтальной плоскости в точке A : I_α – сила света светильника по направлению к точке A , кд; α – угол между направлением силы света и осью симметрии светильника, град; l – расстояние от светильника до расчетной точки A , м; d – расстояние от расчетной точки A до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку, м

Расчет освещенности на горизонтальной плоскости с использованием формулы (8.7) осуществляется в следующем порядке:

♦ определяется тангенс угла падения светового луча в расчетную точку

$$\operatorname{tg} \alpha = d / H_p, \quad (8.8)$$

где d – расстояние от расчетной точки до проекции оси симметрии светильника на плоскость, ей перпендикулярную и проходящую через расчетную точку, м (рис. 8.1);

♦ по найденному значению $\operatorname{tg} \alpha$ определяется угол α и $\cos^3 \alpha$;

♦ по КСС принятого светильника с условной лампой со световым потоком 1000 лм для найденного угла α определяется сила света $I_{\alpha(1000)}$ по табл. 8.11 и рассчитывается значение освещенности, создаваемой этим светильником:

$$E_{(1000)} = (I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha) / H_p^2; \quad (8.9)$$

♦ искомая освещенность от светильника со световым потоком Φ_s :

$$E = (E_{(1000)} \cdot \Phi_s \cdot \mu) / (K_3 \cdot 1000), \text{ лк.} \quad (8.10)$$

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

$$\sum_{i=1}^n E = E_1 + E_2 + \dots + E_n. \quad (8.11)$$

Если задана нормируемая освещенность E_n и требуется определить мощность лампы, необходимую для обеспечения этой освещенности на горизонтальной поверхности, расчетное значение светового потока лампы выражают из формулы (8.10):

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000}{\sum E_{(1000)} \cdot \mu}, \text{ лм.} \quad (8.12)$$

Подставляя в эту формулу значение освещенности $E_{(1000)}$, создаваемой условной лампой со световым потоком 1000 лм, получим:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000 \cdot H_p^2}{I_{\alpha(1000)} \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}, \text{ лм.} \quad (8.13)$$

По найденному значению светового потока выбирается лампа стандартной мощности и светового потока, значение которого отличается от $\Phi_{\text{лр}}$ не более чем на $-10 \dots +20 \%$.

При наличии большого количества светильников, освещающих расчетную точку, можно использовать приближенный точечный метод расчета освещенности по пространственным изолюксам.

В данном случае расчет производится в следующей последовательности. Первоначально принимается, что поток лампы (при многоламповом светильнике – суммарный поток ламп) в каждом светильнике равен 1000 лм. Создаваемая в этом случае освещенность e называется условной. Ее величина зависит от светораспределения светильника и расстояний d и H_p (рис. 8.1).

Определение e для каждой точки производится с помощью пространственных изолюксов условной горизонтальной освещенности (рис. ПЗ.1–ПЗ.17 приложения 3 [14]). Если заданные значения d и H_p выходят за пределы шкал, то можно эти координаты увеличить (уменьшить) в a раз так, чтобы точка оказалась в пределах графика, и определенное по графику значение e увеличить (уменьшить)

в a^2 раз. При наличии n светильников

$$e = \sum_{i=1}^n e_i.$$

Для получения в расчетной точке заданной освещенности E_n лампы в каждом светильнике должны иметь поток:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot 1000}{\mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}, \quad (8.14)$$

Формула (8.14) может быть использована также для определения освещенности в расчетной точке при известном значении Φ_n :

$$E = \frac{\Phi_n \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}{K_3 \cdot 1000}. \quad (8.15)$$

Пример 8.4. В помещении, план которого показан на рис. 8.2, требуется обеспечить $E_n = 50$ лк. Светильники НСП-17 с лампами накаливания имеют кривую силы света типа Г-1 и расположены на расчетной высоте $H_p = 5,5$ м. Расстояние между рядами светильников 8 м, между светильниками в ряду – 6 м. Коэффициент запаса принять равным $K_3 = 1,4$.

Решение. Расстояние d определяется обмером по плану помещения. Например, расстояние от проекции светильника 1 на горизонтальную плоскость до точки А: $d_{A-1} = \frac{1}{2} \sqrt{8^2 + 6^2} = 5,0$ м.

Определив расстояние d_{A-1} и зная расчетную высоту H_p , по формуле (8.8) вычисляем $\text{tg } \alpha$ для данного светильника, по которому находим значение угла α равное $42,3^\circ$. Зная угол α и кривую силы света светильника (Г-1), по табл. 8.11, интерполируя значения силы света для углов 40° и 45° , находим значение силы света $I_\alpha = 283,9$ кд. По формуле (8.9) определяем освещенность E'_{1000} в точке А от светильника 1 с условной лампой в 1000 лм:

$$E'_{(1000)} = \frac{283,9 \cdot \cos^3 \alpha}{5,5^2} = \frac{283,9 \cdot 0,739^3}{5,5^2} = 3,79 \text{ лк.}$$

Таблица 8.11
 Значения типовых КСС круглосимметричного светового прибора (Фсп = 1000 лм)

α, град	Типовые кривые силы света круглосимметричного светового прибора												
	М	Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2	К-3	Ш-1	Ш-2	Ш-3
0	159,2	233,4	295,0	377,3	503,0	670,7	894,2	1192	1583	2120	154,8	119,6	78,3
5	159,2	232,9	294,0	375,5	499,8	664,8	883,8	1173	1549	2062	155,5	119,0	78,6
10	159,2	229,2	290,5	370,3	490,2	647,5	852,5	1118	1449	1893	158,2	118,6	79,4
15	159,2	228,5	286,5	361,6	474,4	618,5	801,1	1026	1288	1595	164,5	120,2	81,4
20	159,2	224,7	277,2	349,8	452,7	579,5	731,2	902	1052	1261	175,5	126,0	81,7
25	159,2	220,0	269,6	334,3	425,1	530,2	643,8	750	810	832	190,7	134,0	83,3
30	159,2	214,1	255,5	316,0	392,1	471,4	541,3	574	515	249	210,8	145,0	87,2
35	159,2	207,1	246,0	294,7	354,1	404,7	439,9	380	196	0	235,1	159,6	94,8
40	159,2	199,3	226,0	270,7	311,7	330,9	301,0	174	0	-	261,8	180,4	105,4
45	159,2	190,6	215,5	244,2	265,2	251,4	168,8	0	-	-	281,6	209,7	121,3
50	159,2	180,0	189,6	215,4	215,5	167,3	32,6	-	-	-	282,1	243,3	137,1
55	159,2	170,5	179,0	184,6	162,9	81,8	0	-	-	-	257,2	269,7	162,0
60	159,2	159,2	147,5	152,0	108,3	0	-	-	-	-	212,9	275,0	199,0
65	159,2	147,1	137,6	118,2	52,6	-	-	-	-	-	161,7	247,6	230,0
70	159,2	134,3	100,9	83,1	0	-	-	-	-	-	113,65	194,0	252,0
72	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95,9	167,0	243,2
74	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79,4	139,0	225,0
75	159,2	121,0	92,3	47,4	-	-	-	-	-	-	71,5	125,2	212,3
76	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63,8	111,1	199,0
78	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,1	84,5	165,5
80	159,2	106,9	51,2	11,1	-	-	-	-	-	-	35,8	60,4	127,7
82	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,8	39,5	89,1
84	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,8	22,5	53,6
85	159,2	92,5	44,4	0	-	-	-	-	-	-	10,0	16,2	39,0
86	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	10,1	25,0
88	159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	2,5	6,4
90	159,2	77,7	19,9	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0

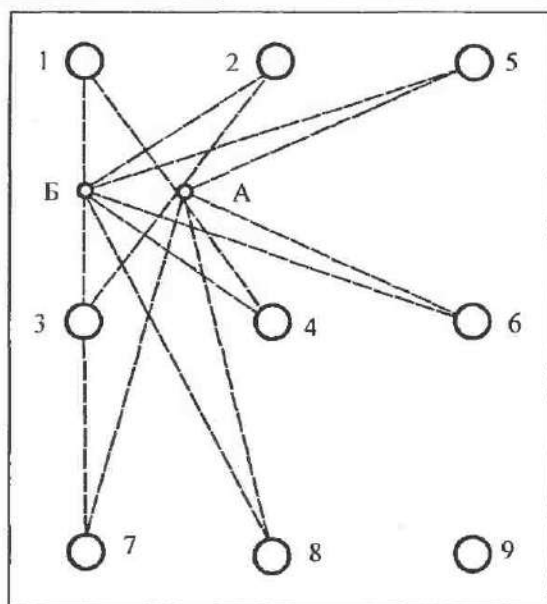


Рис. 8.2. План помещения (к примеру 8.4) с расположением светильников и контрольных точек А и Б

Светильники 2, 3 и 4 находятся на таком же расстоянии от точки А, как и светильник 1, поэтому они будут создавать в точке А такую же освещенность, как и светильник 1, и полная освещенность в точке А от светильников 1, 2, 3 и 4 будет равна их сумме, т. е. 15, 16 лк. Аналогично рассчитывается освещенность в точке А от светильников 5, 6, 7 и 8 и в точке Б от этих же светильников. Полученные результаты сводим в табл. 8.12 и определяем суммарную освещенность в точках А и Б от всех светильников с условной лампой в 1000 лм. Наихудшей по освещенности оказывается точка Б, для которой суммарная освещенность $\Sigma E_{1000} = 15,11$ лк.

Таблица 8.12

Результаты расчета освещенности к примеру 8.4

Контрольная точка	№ светильника	$d, \text{ м}$	$\alpha, \text{ град}$	$I_{\text{ср}} \text{ кд}$	Освещенность E_{1000} в точках А и Б от светильника с условной лампой в 1000 лм, лк	
					от одного светильника	от всех светильников
А	1, 2, 3, 4	5,0	42,3	283,9	3,79	15,16

Окончание табл. 8.12

Контрольная точка	№ светильника	d , м	α , град	I_{α} кд	Освещенность E_{1000} в точках А и Б от светильника с условной лампой в 1000 лм, лк	
					от одного светильника	от всех светильников
А	5, 6	9,8	61,0	98,7	0,37	0,74
	7, 8	12,4	66,0	42,1	0,09	0,18
	$\Sigma E_{1000} = 16,08$					
Б	1, 3	4,0	36,0	345,6	6,05	12,1
	2, 4	7,2	53,0	183,9	1,33	2,66
	5, 6	12,6	66,5	36,8	0,075	0,15
	7	12,0	65,4	48,4	0,12	0,12
	8	13,4	67,7	44,25	0,08	0,08
	$\Sigma E_{1000} = 15,11$					

По формуле (8.12) определяем необходимый поток лампы, принимая коэффициент $\mu = 1,1$:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 1000}{1,1 \cdot 15,11} = 4211 \text{ лм.}$$

По табл. 5.1 по данному $\Phi_{\text{лр}}$ выбирается лампа мощностью 300 Вт типа Г220-230-300 ($\Phi_{\text{л}} = 4850$ лм), которая подходит для данного светильника по максимально допустимой мощности (табл. 6.4) и световой поток которой больше $\Phi_{\text{лр}}$ на 15,1 %, что укладывается в требуемый диапазон $-10 \% \dots +20 \%$.

Пример 8.5. Для помещения примера 8.4 и для тех же исходных условий требуется определить световой поток ламп и выбрать их мощность, используя метод пространственных изолюкс.

Решение. Расстояние d определяется обмером по плану помещения. Например, расстояние от проекции светильника l на горизонтальную плоскость до точки А: $d_{\Lambda-1} = \frac{1}{2} \sqrt{8^2 + 6^2} = 5,0$ м. Определив расстояние $d_{\Lambda-1}$ и зная расчетную высоту H_p по графикам пространственных изолюкс условной горизонтальной освещенности для светильников с КСС типа Г-1 (рис. П.3) определяем величину условной горизонтальной освещенности e в точке А от светильника l , как изолюксу, проходящую через точку с координатами $d_{\Lambda-1}$ и H_p . Полученная точка на рис. П.3 попадает между изолюксами условной освещенности $e = 3$ лк и $e = 4$ лк. Интерполируя их, получаем результирующую освещенность в точке А от светильника l , равной 3,6 лк. Светильники 2, 3 и 4 находятся на таком же расстоянии от точки А, как и светильник l , поэтому они будут иметь такие же координаты d и H_p и, соответственно, создавать в точке А такую же

освещенность, как и светильник 1, а полная условная освещенность в точке А от светильников 1, 2, 3 и 4 будет равна их сумме, т. е. 14,4 лк. Аналогично рассчитывается освещенность в точке А от светильников 5, 6, 7, 8 и в точке Б от этих же светильников. Полученные результаты сводим в табл. 8.13 и определяем суммарную освещенность в точках А и Б от всех светильников.

Таблица 8.13

Результаты расчета освещенности к примеру 8.5

Точка	№ светильника	d, м	Условная освещенность, e	
			от одного светильника	от всех светильников
А	1, 2, 3, 4	5	3,6	14,4
	5, 6	9,8	0,40	0,80
	7, 8	12,4	0,20	0,40
			$\Sigma e = 15,6$	
Б	1, 3	4	5,7	11,4
	2, 4	7	1,5	3,0
	5, 6	12,6	0,22	0,44
	7	12,0	0,26	0,26
	8	13,4	—	—
			$\Sigma e = 15,10$	

Наихудшей по освещенности оказывается точка Б, для которой по формуле (8.14) определяем необходимый поток лампы, принимая $\mu = 1,1$:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 1000}{1,1 \cdot 15,1} = 4214 \text{ лм.}$$

По табл. 5.1 по данному $\Phi_{\text{лр}}$ выбирается лампа мощностью 300 Вт типа Г220-230-300 ($\Phi_{\text{л}} = 4850$ лм), которая подходит для данного светильника по максимально допустимой мощности (табл. 6.4) и световой поток которой больше $\Phi_{\text{лр}}$ на 15,1 %, что укладывается в требуемый диапазон $-10 \% \dots +20 \%$.

8.2.2. Расчет освещенности от светящей линии

Светящей считается линия, длина которой превышает половину расчетной высоты H_p . Для расчета светящей линии чаще всего пользуются графиками линейных изолукс (рис. П18–П22 приложения), которые дают относительную горизонтальную освещенность e при $H_p = 1$ м и $\Phi' = 1000$ лм/м, где Φ' – плотность

светового потока в ряду, т. е. отношение суммарного потока ламп к длине светящей полосы.

Линейные изолюксы строятся для случая, когда расчетная точка совпадает с проекцией конца светящего элемента на расчетную плоскость.

Расчет светящей линии с помощью линейных изолюкс осуществляется в следующем порядке:

1) производится расчет высоты H_p , принимается тип светильников и люминесцентных ламп в них, осуществляется размещение светильников в линии и линий в помещении;

2) определяются геометрические размеры (рис. 8.3): l – длина светящей линии, m ; d – расстояние от проекции светящей линии на плоскость, проходящую через расчетную точку, до расчетной точки, м. После этого рассчитываются их относительные значения:

$$l' = \frac{l}{H_p}; \quad d' = \frac{d}{H_p}; \quad (8.16)$$

3) если расчетная точка лежит против конца ряда светильников (точка A_1), то по графикам линейных изолюкс для точки с координатами l' и d' определяется условная освещенность ϵ ;

4) вычисляется $\Sigma \epsilon$ от ближайших рядов или их частей;

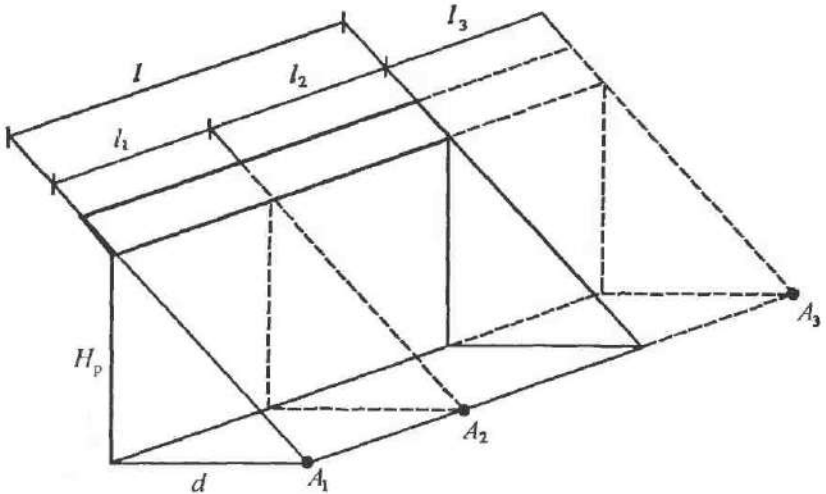


Рис. 8.3. К расчету светящей линии

5) если расчетная точка не лежит против конца ряда светильников, то этот ряд разбивается на две части (точка A_2) или дополняется условным отрезком (точка A_3). При этом условная освещенность в точке A_2 :

$$\varepsilon(A_2) = \varepsilon(l_1) + \varepsilon(l_2); \quad (8.17)$$

а в точке A_3 :

$$\varepsilon(A_3) = \varepsilon(l) - \varepsilon(l_3), \quad (8.18)$$

где $\varepsilon(l_1)$, $\varepsilon(l_2)$, $\varepsilon(l_3)$ – условные освещенности от участков светящего элемента длиной соответственно l_1 , l_2 , l_3 , определяемые по графикам линейных изолюкс;

6) рассчитывается необходимая линейная плотность светового потока в линии:

$$\Phi' = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot H_p \cdot 1000}{\mu \cdot \sum \varepsilon}; \quad (8.19)$$

7) суммарный расчетный световой поток ламп в светильнике определяется следующим образом:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{\Phi' \cdot (l + \lambda)}{N_R}, \quad (8.20)$$

где l – длина светящей линии, м;

λ – суммарная длина равномерно распределенных разрывов ($\lambda \leq 0,5 H_p$), м;

N_R – число светильников в ряду.

При $\lambda > 0,5 H_p$ рекомендуется вести расчеты отдельно для каждого сплошного участка;

8) при заданном потоке Φ_n можно определить фактическую освещенность:

$$E = \frac{\Phi_n \cdot \mu \cdot \sum \varepsilon}{K_3 \cdot H_p \cdot 1000}. \quad (8.21)$$

Пример 8.6. Необходимо рассчитать осветительную установку, показанную на рис. 8.4, для создания освещенность $E_n = 300$ лк при $K_3 = 1,5$. В установке применяются светильники типа ЛСП02 с КСС типа Д-1 (рис. ПЗ.20) с лампами ЛБ; $H_p = 4$ м. Точка А расположена на одинаковом расстоянии от обоих рядов.

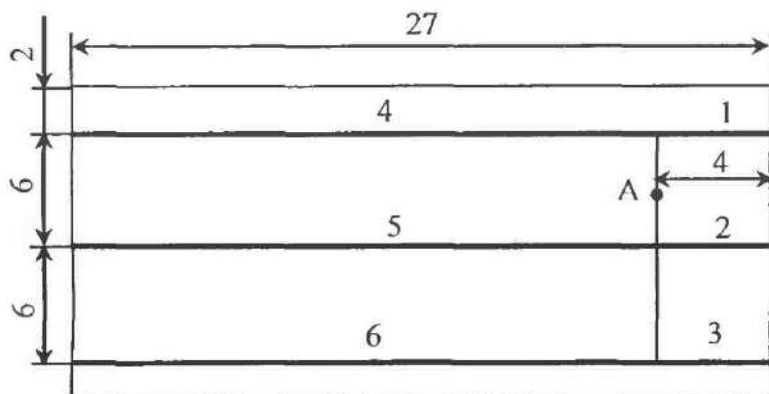


Рис. 8.4. Схема осветительной установки (к примеру 8.6); размеры – в метрах

Решение. Светящие линии разбиваются на полуряды 1–6, как показано на рис. 8.4. Геометрические размеры d и l для каждого полуряда, определенные на основании схемы осветительной установки, расчетные значения d' и l' , вычисленные по (8.16), а также значения ϵ условных освещенностей, создаваемых этими полурядами в точке А, найденные по линейным изолюксам на основании этих размеров, представлены в табл. 8.14.

Таблица 8.14

Результаты расчета освещенности к примеру 8.6

Полуряд	d , м	l , м	d'	l'	ϵ , лк
1 и 2	3	4	0,75	1	2×67
3	9	4	2,25	1	5,2
4 и 5	3	23	0,75	2,56	2×90
6	9	23	2,25	2,56	9,5
					$\Sigma \epsilon = 206,7$

Принимая $\mu = 1,1$, находим плотность светового потока:

$$\Phi' = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 1000}{1,1 \cdot 206,7} = 7917 \text{ лм/м.}$$

Необходимое количество светильников в ряду (из 8.20) (в каждом светильнике по две лампы ЛБ мощностью 80 Вт с $\Phi_n = 5400$ лм каждая (см. табл. 5.3)):

$$N_R = \frac{\Phi' \cdot l}{2 \cdot \Phi_n} = \frac{7917 \cdot 27}{2 \cdot 5400} = 19,8.$$

Принимаем 20 светильников ЛСП02-2 × 80 (длина 1234 мм по табл. 6.4).

Определяем длину светящей линии:

$$l = 20 \cdot 1,234 = 24,68 \text{ м.}$$

Определяем суммарную длину разрывов:

$$\lambda = 27 - 24,68 = 2,32 \text{ м.}$$

Рассчитываем длину одного разрыва:

$$L_A = 2,32 : 19 = 0,122 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем в ряду 20 светильников ЛСП02 с лампами ЛБ 2 × 80 каждый, размещенных равномерно с расстоянием между светильниками $L_A = 0,122 \text{ м}$.

9. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Для обеспечения электроэнергией осветительных приборов необходимы электрические сети, которые условно делятся на питающие, распределительные и групповые. К питающей сети относятся линии, проложенные от шин напряжением до 1 кВ распределительных устройств (РУ) трансформаторных подстанций (ТП) до вводно-распределительных устройств (ВРУ), вводных устройств (ВУ) или главных распределительных щитов (ГРЩ), к распределительной – от ВРУ, ВУ или ГРЩ до групповых щитков, а к групповой – линии от групповых щитков до светильников или розеток.

Выбор осветительных установок производится с учетом всех условий электроснабжения проектируемого объекта. При этом для обеспечения требуемого качества освещения большое значение имеет выбор источника питания (ИП). На большинстве промышленных предприятий электроснабжение осветительных установок осуществляется от общих для силовых и осветительных нагрузок трансформаторов с вторичным напряжением 0,4/0,23 кВ. Недостатком такого технического решения является то, что при одно- и двухсменном режиме работы из-за незначительной осветительной нагрузки в ночное время приходится оставлять включенными достаточно мощные цеховые трансформаторы. Это приводит не только к нерациональному расходу электроэнергии, обусловленному увеличени-

ем доли потерь в общем электропотреблении, но и к ускоренному перегоранию ламп вследствие повышения вторичного напряжения при снижении нагрузки трансформатора. Отметим также, что повышение напряжения, подводимого к электрическим лампам, вызывает увеличение затрат электроэнергии на искусственное освещение. Наличие перемычек между распределительными устройствами напряжением до 1 кВ соседних ТП позволяет избавиться от указанного недостатка, так как в этом случае имеется возможность отключать часть трансформаторов в период спада электрической нагрузки потребителя электроэнергии. Не рекомендуется подключать сеть электрического освещения к трансформаторам, к которым присоединены электроприемники, способные ухудшать показатели качества напряжения. В обоснованных случаях осветительные установки могут получать электроэнергию от отдельных трансформаторов. Самостоятельные осветительные трансформаторы могут оказаться необходимыми и экономически оправданными при несопадении номинальных напряжений силовых и осветительных сетей, при высокой плотности осветительной нагрузки, а также при резко переменном, ударном характере силовой нагрузки. Совмещенные трансформаторы, используемые для питания осветительных установок, должны иметь относительно спокойную силовую нагрузку.

Если в здании имеется несколько ТП, то для освещения может быть выделена их часть с учетом характера силовой нагрузки и целесообразного радиуса действия каждой подстанции. При этом необходимо принимать во внимание, что с увеличением числа используемых для электрического освещения ТП облегчается режим работы питающей сети, однако возрастает стоимость распределительных устройств и усложняется управление освещением. Приближенным критерием для оценки целесообразности использования для питания освещения того или иного количества ТП может служить близость сечений жил питающих линий, определяемых по допустимому нагреву и допустимой потере напряжения [8].

На промышленных предприятиях могут применяться ТП, работающие в блоке с определенным технологическим оборудованием, отключаемые при остановке его на профилактическое обслуживание и ремонт, когда искусственное освещение требуется так же, как и в процессе производства. Следовательно, необходимо избегать питания осветительных установок от таких ТП или же предусматривать

переемычки между щитами вторичного напряжения соседних ТП, позволяющие осуществлять взаимное резервирование электроснабжения.

При выборе схем электрических сетей необходимо обеспечить требуемую бесперебойность работы осветительных установок с учетом категории электроприемников по надежности электроснабжения, предусматривая независимый источник питания для светильников аварийного освещения или их автоматическое включение при внезапном исчезновении напряжения в сети рабочего освещения. В соответствии с [6] светильники аварийного освещения жилых домов и общежитий, имеющих 16 этажей и более, а также эвакуационного освещения незадымляемых лестничных клеток жилых домов до 16 этажей и зданий лечебно-профилактических учреждений относятся к электроприемникам I категории.

Рабочее освещение питается, как правило, самостоятельными линиями от шин РУ до 1 кВ ТП или от головных участков магистральных шинопроводов (рис. 9.1). Питающая осветительная сеть в большинстве случаев выполняется двухступенчатой (рис. 9.2). К первой ступени относятся линии, связывающие ТП с промежуточными распределительными щитками освещения (РЩО), а ко второй – линии от РЩО до групповых щитков. Иногда РЩО называются также магистральными щитками. Их применение объясняется ограниченностью числа автоматических выключателей в распределительных щитах ТП и их большими номинальными токами. В небольших цехах РЩО могут не устанавливаться, а питающая одноступенчатая сеть присоединяется непосредственно к групповым щиткам (рис. 9.3).

Питающая и распределительная сети освещения выполняются магистральными и радиальными кабельными линиями, которые прокладываются по общим трассам с силовыми кабелями.

При соблюдении нормированных показателей качества напряжения на зажимах осветительных приборов допускается осуществлять питание рабочего и аварийного эвакуационного освещения от удаленной от ТП силовой сети. Такие схемы могут применяться для питания освещения небольших зданий и сооружений (склады, насосные станции и т. п.). Подключение цепей освещения к силовым питающим сетям рекомендуется выполнять от верхних клемм вводного коммутационного силового распределительного щита, пункта и т. п. **Не допускается** присоединение осветительных сетей всех видов к силовой питающей сети зданий без естественного освещения.

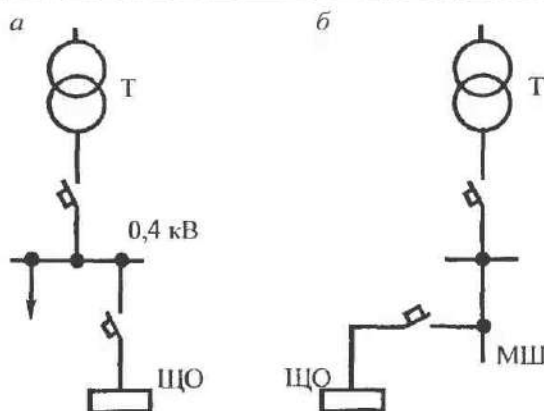


Рис. 9.1. Схемы присоединения осветительных установок:
а – к шинам РУ ТП; *б* – к магистральному шинопроводу;
 ЩО – щиток рабочего освещения; МШ – магистральный шинопровод

Осветительная питающая и распределительная сети могут быть выполнены по магистральной схеме. В многоэтажных зданиях такая схема представляет собой систему вертикально проложенных линий (так называемых «стояков») с подводкой питания к ним преимущественно по первому или цокольному этажам. После соответствующего обоснования магистральные питающие и распределительные линии могут быть применены в отдельных больших производственных зданиях.

Электрические сети рабочего и аварийного освещения безопасности в производственных зданиях и в зонах работы на открытых пространствах должны быть подключены к разным независимым ИП. Допускается их присоединение к разным трансформаторам двухтрансформаторных подстанций при питании трансформаторов от разных независимых источников. В общественных зданиях при отсутствии независимых источников допускается питание светильников аварийного освещения безопасности осуществлять от трансформатора, не используемого для питания рабочего освещения. Питание светильников рабочего и аварийного освещения разрешается осуществлять от разных фаз одного осветительного шинопровода при условии подвода к его шинам самостоятельных линий питания рабочего и аварийного освещения [1]. Светильники аварийного эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением, а также в жилых и общественных

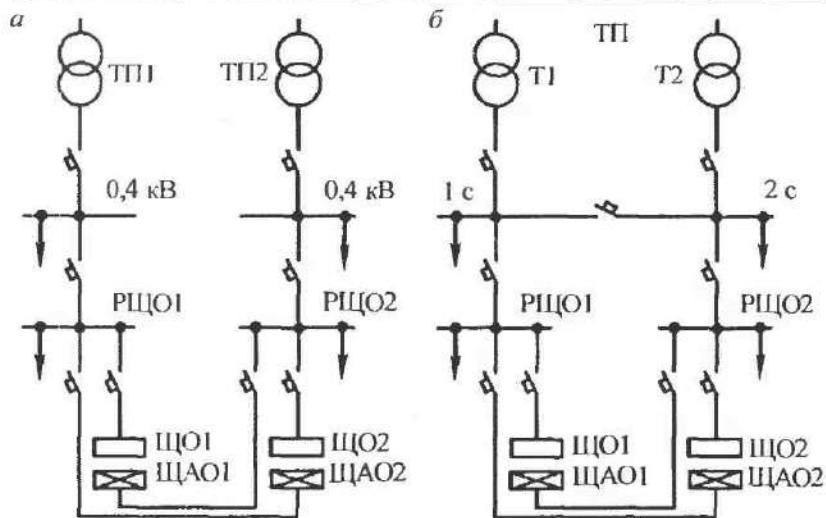


Рис. 9.2. Двухступенчатые схемы питания рабочего и аварийного освещения:
 а – от двух однотрансформаторных подстанций;
 б – от одной двухтрансформаторной подстанции; ЩО и ЩАО – групповые щитки рабочего и аварийного освещения

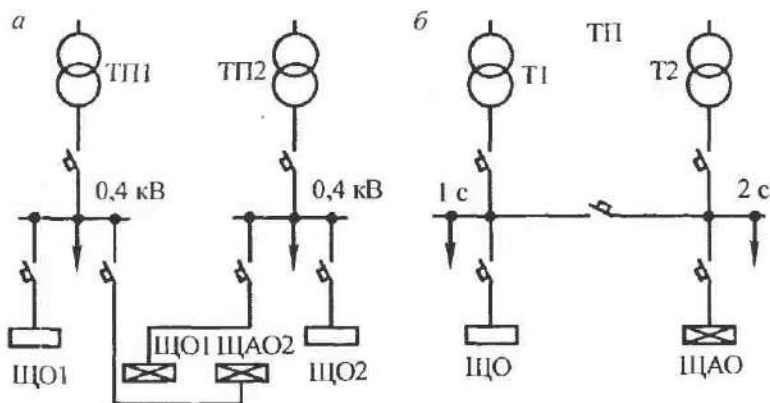


Рис. 9.3. Одноступенчатые схемы питания рабочего и аварийного освещения:
 а – от двух однотрансформаторных подстанций;
 б – от одной двухтрансформаторной подстанции

зданиях (независимо от наличия в них естественного освещения) должны быть присоединены к сети, не зависящей от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции (распределительного пункта освещения), или при наличии только одного ввода (в здание или в зону работы на открытом пространстве), начиная от этого ввода.

Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением следует присоединять к отдельной сети. В зданиях без естественного света эвакуационное освещение должно питаться от независимого источника. Световые указатели эвакуационных и световых выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания в нормальном режиме, могут питаться от сетей любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования здания.

Групповые сети выполняются, как правило, в виде магистральных одно-, двух- и трехфазных линий. Каждая линия имеет по всей длине одинаковое число проводников одного и того же сечения. Расстояния между точками присоединения светильников к групповой линии должны быть одинаковыми в пределах проектируемого производственного помещения, что необходимо для создания равномерной освещенности по площади цеха. Основанием для применения трехфазных групп (реже двухфазных) является большая допустимая нагрузка и длина линий по сравнению с однофазными, существенное сокращение суммарной длины проводов и кабелей, а также уменьшение расхода цветного металла при сооружении осветительной сети (пять проводников трехфазной линии заменяют девять проводников того же сечения трех однофазных линий). Трехфазные линии обязательны, когда для снижения пульсаций светового потока и проявлений стробоскопического эффекта требуется применять чередование фаз при подключении светильников с газоразрядными лампами.

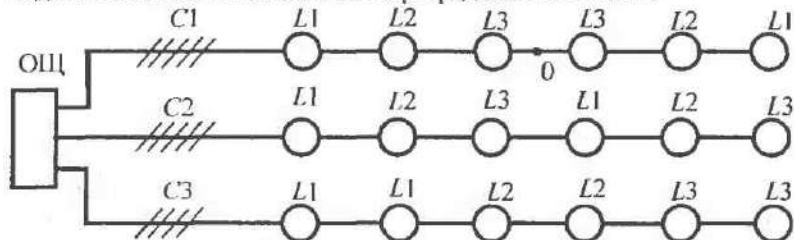


Рис. 9.4. Распределение ламп между фазами

ОЩ – осветительный щиток; C1 – C3 – групповые линии

Возможны три варианта распределения ламп между фазами L1, L2, L3 в трехфазной группе, показанные на рис. 9.4.

Вариант, показанный на линии С1, является наиболее оптимальным с точки зрения потерь напряжения, так как центры сосредоточенных нагрузок всех фаз в этом случае совпадают (точка 0). Однако данный вариант не является лучшим в отношении ослабления пульсаций светового потока ламп и создает случайное распределение освещенности вдоль линии при отключении одной или двух фаз.

Наиболее часто на практике применяется распределение светильников по фазам, показанное на линии С2. Такое распределение обеспечивает в максимальной степени снижение пульсаций и относительно равномерную освещенность помещения при отключении одной или двух фаз линии.

Вариант, изображенный на линии С3, применяется редко. Он может быть использован, когда освещение производственного помещения должно включаться по участкам. По существу, в данном варианте имеет место не трехфазная группа, а три однофазные с общими нулевыми проводниками.

При распределении светильников по группам необходимо учитывать расположение помещений относительно осветительных щитков. Для освещения проходов и лестничных клеток желательно предусматривать отдельные групповые линии.

При подключении светильников к групповой линии следует обеспечивать по возможности равномерную загрузку фаз. Разница в нагрузке фаз отдельных групповых линий не должна превышать 30 %, а в начале питающих линий – 10 %.

10. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Осветительные электрические сети выполняются в виде электропроводок, а также воздушных и кабельных линий. Опоры линии наружного освещения, на которых устанавливаются светильники, располагаются с шагом 30–50 м. В электропроводках применяются изолированные провода всех сечений и небронированные силовые кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией в резиновой, пластмассовой или металлической оболочке с сечением фазной жилы площадью до 16 мм².

Изолированные провода могут не иметь поверх изоляции защитной оболочки (например, провода марок АПВ, ПВ, АПРГО и т. д.) или иметь ее (провода марок АПРФ, ПРФ, ПРФЛ, АПРВ, ПРРП и т. д.). Как и у кабелей, оболочка предохраняет изоляцию жил проводов от воздействия света, влаги, различных химических веществ и небольших механических воздействий.

Характеристики и основные технические данные проводов, применяемых в осветительных электрических сетях, приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Характеристики и основные технические данные проводов, применяемых в осветительных электрических сетях

Марка провода	Характеристика провода	Площадь поперечного сечения, мм ² , при напряжении В	
		380	660
ПВ-1	<i>Изолированные провода без оболочек</i> С медной жилой, с поливинилхлоридной изоляцией, одножильный	0,5–95	0,5–95
ПВ-2	То же, гибкий	2–95	2–95
АПВ	С алюминиевой жилой, с поливинилхлоридной изоляцией, одножильный	2–120	2–120
ПРГО	С медной жилой, с резиновой изоляцией, в хлопчатобумажной оплетке, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в трубах, многожильный (число жил: 1, 2, 3, 7, 10)	–	0,75–240
АПРГО	То же, но с алюминиевыми жилами	–	2,5–240
ПР	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом, одножильный	–	0,75–240
АПР	То же, но с алюминиевой жилой	–	2,5–240
ПРВ	<i>Изолированные провода в оболочке</i> С медной жилой, с резиновой изоляцией, в хлопчатобумажной оплетке, пропитанной противогнилостным составом, в оболочке из поливинилхлоридного пластика, одножильный	–	1–6
АПРВ	То же, но с алюминиевой жилой	–	2,5–6
ПРРП	С медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке, в оплетке стальной оцинкованной проволокой, одно-, двух- и трехжильный	–	1–95

Марка провода	Характеристика провода	Площадь поперечного сечения, мм ² , при напряжении В	
		380	660
ПРФ	С медными жилами, с резиновой изоляцией, в фальцованной оболочке из сплава АМЦ, одно-, двух- и трехжильный	—	1–4
АПРФ	То же, но с алюминиевыми жилами	—	2,5–4
ПРФЛ	То же, что и ПРФ, но в латунной оболочке	—	1–4
ПВС	С медными жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, имеющий от двух до пяти жил	0,75–2,5	—

Кроме указанных в табл. 10.1 проводов, в осветительных сетях применяются также защищенные многожильные провода с медными и алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией, рассчитанной на 250 В, в поливинилхлоридной оболочке марки ПУНП и АПУНП.

В осветительных установках широко используются кабели марок ВВГ и АВВГ с медными и алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией жил, в поливинилхлоридной оболочке без защитного покрова (голый). На напряжение 660 В выпускаются кабели марки ВВГ с площадью сечения жилы 1,5–50 мм² и АВВГ – 2,5–50 мм². При напряжении 1000 В кабели имеют более широкую номенклатуру сечений – до 240 мм². Количество жил кабеля варьируется от одной до пяти. Отметим, что в осветительных установках следует применять кабели, у которых все жилы имеют одинаковую площадь поперечного сечения.

Кабель марки NYM, выпускаемый в Германии или по немецкой лицензии в других странах, аналогичен кабелю марки ВВГ. Однако кроме обычной поливинилхлоридной изоляции имеет промежуточный наполнитель из мелонаполненной резиновой смеси.

Из силовых кабелей с резиновой изоляцией в осветительных установках наибольшее распространение получили кабели с медными и алюминиевыми жилами марок ВРГ, АВРГ, имеющие оболочку из поливинилхлоридного пластика без защитного покрова; НРГ и АНРГ – с резиновой (наиритовой) оболочкой без защитного покрова; СРГ и АСРГ – с оболочкой из свинца без защитного покрова.

Весьма перспективным представляется применение в электрических сетях напряжением до 1 кВ кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (марок ПвВГ, АПвВг и т. п.), которые имеют допустимую температуру нагрева жил 90 °С и, следовательно, большие длительно допустимые токовые нагрузки по сравнению с проводниками с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией.

В осветительных сетях производственных предприятий из экономических соображений, как правило, применяются провода и кабели с алюминиевыми жилами.

Проводники с медными жилами необходимо использовать в следующих случаях: для помещений со средой, химически активной по отношению к алюминию; для электропроводок на чердаках, кроме проводок в стальных трубах и скрытых проводок; для присоединения к сети свободно подвешиваемых осветительных приборов, а также устройств, размещаемых на виброизолирующих опорах; для ввода в пускорегулирующие аппараты и осветительные приборы, питаемые на напряжении 400 В; во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia; для присоединения к сети переносных и передвижных осветительных приборов; в электропроводках на сцене (эстраде, манеже), студиях телецентров и радиодомов, зрительных залов с числом мест 800 и более, в технических аппаратных, аккумуляторных, в пространстве над потолком и над подвесными потолками зрительного зала, а также в цепях управления пожарной и охранной сигнализации зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений [1].

Внутренние электрические сети жилых и общественных зданий с сечением проводников площадью до 16 мм² рекомендуется выполнять проводами и кабелями с медными жилами [3].

Электропроводки в зависимости от места прокладки и условий эксплуатации могут быть внутренними и наружными. Внутренние электропроводки прокладываются в закрытых зданиях и сооружениях и не подвергаются непосредственному воздействию окружающей среды. Наружные электропроводки прокладываются по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т. д. Эти проводки находятся в более сложных условиях, так как подвергаются воздействию атмосферных осадков и изменяющейся температуры наружного воздуха.

Осветительные электропроводки могут быть открытыми и скрытыми. Открытая электропроводка имеет много конструктивных исполнений: непосредственно по строительным элементам зданий с креплением проводников скобами, полосками, монтажными лентами и т. п., в трубах, гибких металлорукавах, коробах, на лотках, на изоляторах, на тросе (струне). Скрытая электропроводка (внутри конструктивных элементов зданий и сооружений, под съемным потолком, полом и т. п.) выполняется в трубах, гибких металлорукавах, коробах, каналах и пустотах строительных конструкций, под штукатуркой и т. п.

Не допускается прокладывать изолированные провода без оболочки (например, марок ПВ, АПВ и т. п.) скрыто под штукатуркой, в бетоне, кирпичной кладке, в пустотах строительных элементов зданий и сооружений, а также открыто по поверхности стен и потолков, на лотках, тросах, струнах и других конструкциях. При таких способах монтажа электропроводок должны применяться кабели или изолированные провода с защитной оболочкой.

В производственных зданиях и сооружениях рекомендуется применять преимущественно открытые осветительные электропроводки. Обычно их выполняют беструбными: кабелями и изолированными проводами с оболочкой, прокладываемыми как непосредственно по строительным элементам зданий, так и на лотках и тросах.

Изолированные провода без оболочек следует применять для прокладки в коробах, трубах, на изоляторах, а также в корпусах осветительных приборов с люминесцентными лампами низкого давления, которые состыкованы в линию.

В общественных и жилых зданиях, а также в производственных помещениях с повышенными эстетическими требованиями к интерьеру, как правило, используют скрытые электропроводки.

Вертикально проложенные участки распределительных линий (стояки) квартир, групповых линий лестничного освещения в жилых домах должны, как правило, прокладываться скрыто в каналах строительных конструкций (электроблоков). В этих же конструкциях рекомендуется размещать этажные щитки (электрические шкафы) и ящики для соединений и разветвлений проводников. Разрешается для прокладки стояков применять комплектные шинопроводы и трубы, если это технико-экономически обосновано.

В зданиях со строительными конструкциями из негорючих материалов допускается замоноличенная прокладка групповых сетей (от щитков и распределительных пунктов до электроприемников) в бороздах стен, перегородок, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций.

Групповые сети в жилых домах могут прокладываться следующими способами [6]:

♦ открыто – в кабель-каналах (пластмассовых коробах с открывающейся крышкой), плинтусах и наличниках из негорючих или групп горючести Г1 (слабо горючие) и Г2 (умеренно горючие) материалов с каналами для электропроводок с сетями радиодиффузии, телевидения и телефонизации, проложенными в специальных отделениях или на полках; изолированными проводами на роликах и кликах; защищенными проводами и кабелями в оболочке из негорючих или групп негорючести Г1 и Г2 материалов с креплениями скобами непосредственно на поверхности строительных конструкций;

♦ скрыто – в каналах железобетонных панелей стен и перекрытий; в пластмассовых трубах, закладываемых совместно с комплектующими изделиями в панелях стен, перегородок и перекрытий; в толще бетона зданий из монолитного железобетона; в кирпичных стенах и перегородках непосредственно под слоем штукатурки; в гипсо- и шлакобетонных перегородках в каналах и бороздах; в пустотах плит перекрытий; в слое подготовки пола с защитой проводов цементным или алебастровым раствором толщиной не менее 10 мм; в перегородках из сухой гипсовой штукатурки на деревянном каркасе скрыто в стальных трубах.

Электропроводки в помещениях над непроходными подвесными потолками и внутри сборных перегородок рассматриваются как скрытые [6]. Их следует выполнять в стальных трубах при изготовлении указанных строительных конструкций из материалов групп горючести Г2, Г3 (нормально горючие) и Г4 (сильно горючие). При выполнении из негорючих материалов и группы горючести Г1 – проводами в поливинилхлоридных трубах (кроме лечебных и дошкольных учреждений), а также кабелями и защищенными проводами с оболочками из материалов групп горючести Г1 и Г2 (например, из поливинилхлоридного пластика). При этом должна быть предусмотрена возможность замены проводников, а также обеспечен доступ к местам ответвлений, светильникам и электроустановочным устройствам.

В стальных трубах выполняются электропроводки в пределах сцены (эстрады, манежа), в кинопроекторных, перемоточных, зрительных залах с количеством мест 800 и более театров, киноконцертных залов, цирков, клубных учреждений, дворцов и домов пионеров и спортивных сооружений.

Групповые линии в производственных и общественных зданиях могут быть выполнены осветительными шинопроводами. Их рекомендуется использовать в помещениях с нормальной средой, кроме особо сырых, при рядном и частом расположении светильников общего освещения, а также в тех случаях, когда нагрузка линии превышает 50 % номинального тока шинопровода. Не следует предусматривать осветительные шинопроводы в складских помещениях.

В помещении со взрывоопасной зоной класса В-I *запрещается* прокладка групповых линий. Разрешается прокладывать только ответвления к светильникам. Групповые сети в помещениях с зонами классов В-Iа, В-Iб, В-II и В-IIа также рекомендуется прокладывать вне взрывоопасных зон.

На выбор вида электропроводки оказывают влияние следующие факторы: условия окружающей среды; группа возгорания материалов строительных конструкций, по которым прокладывают проводники; территориальное размещение электроприемников; величина и характер нагрузки электроприемников; доступность электропроводки для людей и домашних животных; возможные электродинамические, термические и механические воздействия на проводники; требования технической эстетики.

Выключатели для светильников общего освещения в электропроводках квартир и общежитий должны устанавливаться на высоте от 0,8 до 1,7 м от уровня пола. Разрешается использование выключателей, расположенных под потолком и управляемых с помощью шнура. В помещениях общественных зданий выключатели рекомендуется устанавливать на той же высоте, что и в жилых зданиях. В школах и детских дошкольных учреждениях в помещениях для пребывания детей выключатели должны располагаться на высоте 1,8 м [6].

Розетки в квартирах и общежитиях устанавливаются в местах, удобных для использования на высоте от пола не выше 1 м. Допускается их монтировать на специально приспособленных для этого плинтусах или кабель-каналах, изготовленных из материалов групп горючести Г1 и Г2.

В жилых комнатах квартир и общежитий должно быть установлено не менее одной розетки на каждые полные и неполные 5 м периметра комнаты, а в коридорах квартир – не менее одной розетки на каждые полные и неполные 10 м² площади коридоров.

В кухнях квартир площадью до 8 м² следует предусматривать 4 розетки, а площадью более 8 м² – пять розеток. Отметим, что двоясная розетка в жилой комнате и коридоре считается одной, а в кухне – двумя [6]. Розетки, устанавливаемые в комнатах и кухнях, должны иметь номинальный ток 10 (16) А. Для подключения стационарной электрической плиты в кухне должна быть предусмотрена розетка на ток не менее 40 А. Расстояние от розеток, предназначенных для присоединения стационарных кухонных электрических плит и кондиционеров, до корпусов этих приборов не нормируется. При этом не допускается размещать розетки под мойками и над ними, а также в других неудобных для эксплуатации местах (например, в кухонных шкафах, кладовых и т. п.).

В школах и детских дошкольных учреждениях в помещениях для пребывания детей розетки располагаются на высоте 1,8 м от уровня пола. В силовой сети предприятий общественного питания и торговли розетки, как правило, следует устанавливать на высоте 1,3 м, а пусковые аппараты – на высоте от 1,2 до 1,6 м от пола.

С целью обеспечения возможности подключения переносной медицинской аппаратуры и светильников местного освещения в больничных палатах (кроме детских и психиатрических отделений) предусматривается по одной розетке на койку. Для подключения передвижного трехфазного медицинского оборудования в коридорах отделений, имеющих больничные палаты, на каждые две палаты устанавливается трехфазная розетка. В детских и психиатрических отделениях для подключения переносной медицинской аппаратуры по одной розетке устанавливается у входа в палату в коридоре. В детских отделениях – на высоте 1,8 м, в психиатрических отделениях – в специальных нишах с запирающейся дверцей.

Высота установки розеток в других общественных зданиях и помещениях должна быть, как правило, не выше 1 м от пола [6].

Розетки в квартирах, жилых комнатах общежитий, а также в помещениях для пребывания детей в детских учреждениях должны иметь защитное устройство, автоматически закрывающее гнездо розетки при отделении вилки. В кабинетах и лабораториях школ

розетки на столах учеников, а также лабораторные щитки следует подключать через отключающий аппарат, установленный на столе преподавателя. При этом линии питания розеток должны подключаться через разделительный трансформатор или иметь устройство защитного отключения. В учебных классах, комнатах, кабинетах и лабораториях для подключения средств технического обучения следует устанавливать две розетки: у классной доски и на противоположной от нее стене помещения.

В помещениях, в которых предусматривается механизированная уборка, розетки устанавливаются одна от другой на расстоянии, обеспечивающем работу уборочных машин с питающим проводником длиной до 15 м. Рекомендуется применять одну розетку для нескольких помещений, если при этом осуществима механизированная уборка каждого помещения [6].

В магазинах для подключения электроприборов розетки следует устанавливать в гладильных помещениях, мастерских, расфасовочных, а также в торговых залах для проверки электро- и радиотоваров. В кладовых установка розеток *не допускается*. Исключение составляют кладовые и помещения для подготовки товаров к продаже (кроме помещений с токопроводящими полами), в которых для подключения средств механизации допускается установка на негорючих основаниях трехполюсных силовых розеток с защитными контактами.

В жилых и общественных зданиях при скрытой прокладке проводников, как правило, следует применять выключатели и розетки в утопленном исполнении. *Не допускается* скрытая установка по одной оси розеток и выключателей в стенах между разными квартирами.

11. ЗАЩИТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания (КЗ), обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности. Кроме того, от токов длительной перегрузки защищаются следующие осветительные сети:

- ◆ выполненные открыто проложенными проводниками с горючей наружной оболочкой или изоляцией;
- ◆ в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая

сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных зонах;

♦ сети всех видов и назначений во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa.

Для защиты осветительных сетей, как правило, используются автоматические выключатели. Предохранители имеют ограниченное применение. Одним из преимуществ автоматов перед предохранителями является возможность использования их не только в качестве аппарата защиты, но и коммутации. Для защиты осветительных сетей следует применять автоматы с расцепителями, имеющими обратно зависимую от тока защитную характеристику. Автоматические выключатели, имеющие только электромагнитный расцепитель, для осветительных сетей применять не рекомендуется.

Считается, что надежное отключение тока КЗ обеспечивается, если отношение наименьшего расчетного тока КЗ (одно-, двух-, трехфазного) к номинальному току расцепителя автомата или плавкой вставки предохранителя будет не менее трех в невзрывоопасных зонах. Во взрывоопасных зонах это отношение должно быть не менее четырех для предохранителей и шести – для автоматических выключателей с обратно зависимой от тока характеристикой [1].

Для обеспечения избирательности защиты номинальный ток каждого защитного аппарата рекомендуется принимать на две ступени большим тока следующего аппарата, считая от электроприемника, наиболее удаленного от источника питания. Допускается минимальная разница на одну ступень. Данное указание не относится к вводным автоматам, которые выбираются на наибольший для данного типа ток в целях повышения устойчивости к токам КЗ и которые не предназначены служить аппаратами защиты [7].

Номинальные токи уставок автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей следует выбирать по возможности минимальными по расчетным токам защищаемых участков сети.

В осветительных сетях пиковые нагрузки возникают из-за наличия у источников света пусковых токов. У ламп накаливания они обусловлены тем, что сопротивление вольфрамовой нити в холодном состоянии примерно в 15 раз меньше, чем в нагретом. Поэтому пиковый ток при включении ламп накаливания достигает пятнадцатикратного значения рабочего тока. Длительность пикового тока составляет примерно 0,06 с. За это время не срабатывает тепловая

защита и не перегорают плавкие вставки предохранителей. Учитывать пиковые токи необходимо при выборе некоторых типов автоматических выключателей с комбинированными расцепителями, чтобы исключить срабатывание отсечки.

Пусковые токи люминесцентных ламп низкого давления незначительны и кратковременны, что дает основание не учитывать их при расчете защиты осветительных сетей от сверхтока. В то же время пусковые токи мощных ламп накаливания, ламп типа ДРЛ, ДРИ и ДНаГ следует принимать в расчет при выборе аппаратов защиты. Лампы типа ДРЛ и ДРИ имеют кратность пускового тока по отношению к номинальному 1,6. Однако стабилизация рабочего тока происходит примерно за 250 с. Токовая отсечка на пиковый ток указанных ламп не реагирует, но в ряде случаев приходится завышать на 20–40 % номинальные токи тепловых расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей, чтобы избежать их срабатывания при включении освещения. Для того чтобы убедиться в том, что защита отстроена от пусковых токов, необходимо воспользоваться защитными (времятоковыми) характеристиками автоматов и предохранителей.

Номинальный ток плавких вставок предохранителей или расцепителей автоматов, применяемых для защиты групповых линий, не должен превышать 25 А. В группах, питающих газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и более или лампы накаливания 500 Вт и более, а также в сетях напряжением до 42 В допускается применять защитные аппараты с номинальным током до 63 А. При этом ответвления от этих линий длиной до 3 м при любом способе прокладки и любой длины при прокладке в стальных трубах разрешается не защищать от сверхтоков [1]. Лампы мощностью 10 кВт и более должны питаться отдельными линиями и иметь аппараты защиты, соответствующие их рабочим токам.

Указанные требования к токам защитных аппаратов имеют целью ограничить объем возможных аварий, ускорить нахождение места повреждения и облегчить выяснение причины отказа осветительной линии.

При защите групповых линий автоматами с тепловыми или комбинированными расцепителями, установленными в закрытых шкафах или щитках, рабочий ток групповой линии не должен превышать 90 % номинального тока расцепителя автомата.

Для отстройки аппаратов защиты от пусковых токов источников света должны обеспечиваться отношения тока аппаратов защиты I_z и расчетного тока линии I_p , указанные в табл. 11.1.

Таблица 11.1

**Минимальные отношения тока аппаратов защиты
к расчетному току линии**

Аппарат защиты	Тип лампы		
	Накаливания	ДРЛ	Люминесцентные
Плавкие предохранители	1,0	1,2	1,0
Автоматические выключатели с тепловыми расцепителями, с уставками:			
менее 50 А	1,0	1,4	1,0
50 А и более	1,0	1,0	1,0
Автоматические выключатели с комбинированными расцепителями, с уставками:			
менее 50 А	1,4	1,4	1,0
50 А и более	1,4	1,0	1,0

Защита от сверхтоков осуществляется в тех местах, где сеть меняет сечение проводников, материал проводников или способ их прокладки, при условии, что эти изменения приводят к уменьшению допустимых токов. В осветительных сетях защитные аппараты устанавливаются, как правило, в осветительных щитках, так как именно в местах их размещения могут выполняться вышеуказанные изменения.

Кроме того, аппараты защиты должны устанавливаться на линиях, отходящих от распределительных щитов, панелей, шкафов и других распределительных устройств, в местах присоединения осветительных сетей к силовым магистралям, на вводах в здание при питании от отдельно стоящих подстанций или подстанций, не обслуживаемых персоналом потребителя, а также со стороны первичного и вторичного напряжения осветительных трансформаторов. Защита со стороны высшего напряжения не обязательна, если трансформаторы (не более трех) питаются от осветительных щитков самостоятельными группами.

Аппараты защиты осветительных сетей следует располагать по возможности группами в доступных для обслуживания местах. Распределочная установка устройств защиты допускается при питании освещения от распределительных магистралей [1].

12. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

12.1. Определение электрических нагрузок осветительных установок

Электрические нагрузки освещения используются для выбора электрооборудования и расчета осветительных сетей. Они учитываются также в общих нагрузках зданий, сооружений, установок, производственных объектов и т. п.

Расчетная осветительная нагрузка производственных и общественных зданий, а также наружного освещения определяется исходя из суммарной мощности ламп, полученной в результате светотехнического расчета. Установленная мощность находится суммированием номинальной мощности ламп стационарных осветительных приборов напряжением более 42 В и понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12–42 В. В осветительных установках с разрядными лампами расчетная нагрузка определяется с учетом потерь мощности в ПРА.

Расчетная нагрузка на вводе в здание или в начале питающей линии вычисляется по формуле

$$P_p = K_c \cdot \sum_{i=1}^n K_{\text{ПРА}i} \cdot P_{\text{НОМ}i} \quad (12.1)$$

где K_c – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$K_{\text{ПРА}i}$ – коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре i -й газоразрядной лампы;

$P_{\text{НОМ}i}$ – номинальная мощность i -й лампы;

n – количество ламп, питающихся по линии (установленных в здании или помещении).

При отсутствии данных обследования осветительных установок коэффициент спроса для расчета питающей сети рабочего освещения производственных зданий следует принимать равным:

1,0 – для мелких зданий и линий, питающих отдельные групповые щитки;

0,95 – для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;

0,9 – для библиотек и административных зданий;

0,85 – для зданий, состоящих из многих отдельных помещений;

0,8 – для лечебных, конторско-бытовых и лабораторных зданий;

0,6 – для складских зданий, состоящих из многих отдельных помещений, а также для электрических подстанций.

Для расчета групповой сети рабочего освещения и всех звеньев сети аварийного освещения производственных, а также наружного освещения коэффициент спроса принимается равным единице.

Значение $K_{\text{ПРА}}$ принимается равным:

1,0 – для ламп накаливания;

1,1 – для ламп типа ДРЛ, ДРИ;

1,2 – для люминесцентных ламп (ЛЛ) со стартерной схемой пуска;

1,3 – для ЛЛ при бесстартерной схеме пуска.

В электронных ПРА потери мощности примерно на 20 % меньше по сравнению с электромагнитными.

Расчетная нагрузка понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12–42 В складывается из установленной мощности стационарных осветительных приборов общего и местного освещения и нагрузки переносного освещения. Для переносного освещения принимают мощность одного ручного светильника 40 Вт при напряжении 12 В и 50 Вт при напряжении 36 и 42 В с коэффициентом спроса, значение которого определяется степенью использования переносного освещения. При отсутствии конкретных данных коэффициент спроса для ручных светильников можно принять равным 0,5 [8].

При расчете питающей сети рабочего освещения и вводов в общественные здания коэффициент спроса следует принимать в зависимости от установленной мощности рабочего освещения по табл. 12.1 [6].

Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего освещения, распределительных и групповых сетей эвакуационного освещения и освещения безопасности зданий, освещения витрин и световой рекламы следует принимать равным 1.

Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки, определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{рр}} = K_{\text{ср}} \cdot P_{\text{ур}} \cdot n, \quad (12.2)$$

Таблица 12.1
Коэффициенты спроса для расчета нагрузок рабочего освещения питающей и распределительной сети общественных зданий

Организации, предприятия и учреждения	K _с в зависимости от установленной мощности рабочего освещения, кВт									
	до 5	10	15	25	50	100	200	400	500 и более	
Гостиницы, спальные корпуса и административные помещения санаториев, домов отдыха, пансионатов, турбаз, детских лагерей отдыха	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,3	
Предприятия общественного питания, детские ясли-сады, учебно-производственные мастерские профтехучилищ	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	
Организации и учреждения управления, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования, общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, учебные здания профтехучилищ, предприятия бытового обслуживания, торговля, парикмахерские	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	
Проектные, конструкторские организации, научно-исследовательские институты	1	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	
Актовые залы, конференц-залы (освещение зала и президиума), спортзалы	1	1	1	1	1	1	—	—	—	
Клубы и дома культуры	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,55	—	—	
Кинотеатры	1	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,5	—	—	
Лечебные корпуса больниц, санаториев, профилакториев	1	0,75	0,8	0,6	0,5	0,45	0,4	0,38	0,36	
Операционные, родильные, реанимационные блоки, палатные корпуса больниц, поликлиники	1	0,85	0,85	0,75	0,7	0,67	0,65	0,65	0,65	

Примечание. Коэффициент спроса для установленной мощности рабочего освещения, не указанной в таблице, определяется интерполяцией.

где $K_{ср}$ – коэффициент спроса, принимаемый по таблице 12.2;
 $P_{ур}$ – установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт
 (в том числе для подключения оргтехники);
 n – число розеток.

Таблица 12.2

Коэффициенты спроса розеточной сети освещения

Организации, предприятия и учреждения	$K_{ср}$		
	Групповые сети	Распределительные сети	Вводы зданий
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, научно-исследовательские институты, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования, общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, учебные заведения профтехучилищ, больницы, поликлиники	1	0,2	0,1
Гостиницы, обеденные залы ресторанов, кафе и столовых, предприятия бытового обслуживания, библиотеки, архивы	1	0,4	0,2

При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку определяют по формуле:

$$P_{р.о} = P'_{р.о} + P_{р.р} \quad (12.3)$$

где $P'_{р.о}$ – расчетная нагрузка линий общего освещения, кВт;

$P_{р.р}$ – расчетная нагрузка розеточной сети.

Коэффициент спроса для расчета нагрузок линий, питающих постановочное освещение в залах, клубах и домах культуры, следует принимать равным 0,35 для регулируемого освещения и 0,2 – для нерегулируемого.

Расчетная нагрузка освещения отдельных помещений и зданий, для которых не производился полный светотехнический расчет,

может быть приближенно определена (в киловаттах) по выражению

$$P_p = K_c \cdot p_y \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (12.4)$$

где p_y – удельная мощность общего равномерного освещения, Вт/м²;
 F – площадь помещения, м².

Удельная мощность освещения принимается в зависимости от типа и номинальной мощности применяемых ламп, расчетной высоты, площади помещения, освещенности, кривой силы света (КСС) и других показателей освещения.

В табл. 8.1–8.9 приведены данные об удельной мощности для светильников прямого света с разными типами ламп при условиях, указанных в конце каждой таблицы [8].

Значение удельной мощности в каждом конкретном случае находят пропорциональным пересчетом по формуле

$$p_y = (p_{yT} \cdot K_z \cdot E_n) / (K_{zT} \cdot \eta \cdot 100), \quad (12.5)$$

где p_{yT} – табличное значение удельной мощности освещения;
 K_z и K_{zT} – фактический и табличный коэффициенты запаса;
 E_n – величина нормированной освещенности;
 η – КПД выбранного светильника в относительных единицах ($\eta = 0,5-0,8$).

Расчетную нагрузку наружного освещения можно определить аналогично.

В табл. 12.3 даны удельные мощности установок наружного освещения на единицу длины осветительной линии (Вт/м) и на квадратный метр дорожного покрытия (Вт/м²).

Таблица 12.3

**Параметры наружных осветительных установок,
выполненных светильниками с лампами типа ДРЛ**

Нормированное значение средней освещенности, лк	Ширина дорожного покрытия, м	Шаг светильников, м	Мощность ламп типа ДРЛ	Удельная мощность установки	
				Вт/м	Вт/м ²
1	3,5	30	80	3,0	0,85
1	6,0	50	80	1,8	0,3
2	1,5–3	36	80	2,5	1,5
2	1,5–3	40	125	3,4	2,0
2	3,5	48	80	1,9	0,54

Нормированное значение средней освещенности, лк	Ширина дорожно-го покрытия, м	Шаг светильников, м	Мощность ламп типа ДРЛ	Удельная мощность установки	
				Вт/м	Вт/м ²
2	4,5	30	80	3,0	0,66
2	4,5	40	125	3,9	0,86
2	5	50	80	1,8	0,36
2	7,5	31	80	2,9	0,38
4	3,5	28	125	4,9	1,39
4	3,5	38	125	3,6	1,0
4	5	24	125	5,7	1,14
4	5	37	125	3,7	0,7
4	5	35	250	7,7	1,54
4	7,5	35	125	3,9	0,52
4	7,5	40	250	6,7	0,9
4	11,25	32	250	8,4	0,76
4	11,25	40	250	6,8	0,6

Учитывая, что коэффициент спроса для наружного освещения принимается равным единице, расчетная нагрузка в данном случае определяется по одному из следующих выражений:

$$P_p = p_{y,l} \cdot L \cdot 10^{-3}; \quad (12.6)$$

$$P_p = p_y \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (12.7)$$

где $p_{y,l}$ и p_y – удельные мощности осветительных установок соответственно в Вт/м и Вт/м²;

L – суммарная длина линий наружного освещения, м;

F – освещаемая площадь дорожного покрытия, м²; $F = b \cdot L$ (где b – ширина дорожного покрытия, м).

При необходимости расчетная реактивная мощность осветительной нагрузки определяется по формуле

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (12.8)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – среднее значение коэффициента реактивной мощности осветительной установки.

Зная Q_p и P_p , можно найти полную мощность расчетной нагрузки S_p и расчетный ток I_p .

12.2. Выбор сечения проводников по нагреву

Нагрев проводников обуславливается током, который определяется по формулам:

для трехфазной сети (четырёх- и пятипроводной)

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном ф}} \cdot \cos \varphi} = \frac{P_p}{3 \cdot U_{\text{ном ф}} \cdot \cos \varphi}; \quad (12.9)$$

для двухфазной сети с рабочим и защитным нулевым проводами (трех- и четырёхпроводной)

$$I_p = \frac{P_p}{2 \cdot U_{\text{ном ф}} \cdot \cos \varphi}; \quad (12.10)$$

для однофазной сети (двух- и трёхпроводной)

$$I_p = \frac{P_p}{U_{\text{ном ф}} \cdot \cos \varphi}, \quad (12.11)$$

где $U_{\text{ном ф}}$ и $U_{\text{ном}}$ – соответственно номинальное фазное и междуфазное напряжение сети;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности активной нагрузки.

В случае неравномерной нагрузки фаз расчетная активная нагрузка линии принимается равной утроенному значению нагрузки наиболее загруженной фазы.

Светильники на две и более ЛЛ комплектуются ПРА, обеспечивающими $\cos \varphi$ не менее 0,92, а на одну ЛЛ – 0,9 [1]. Большинство светильников с газоразрядными лампами высокого давления (типа ДРЛ, ДРИ и т. п.) при напряжении 230 В имеют некомпенсированные ПРА со средним значением $\cos \varphi = 0,5$. Для светильников с лампами накаливания $\cos \varphi = 1$. Соответствующие коэффициенты мощности будут иметь нагрузки осветительных линий.

Для участка сети, питающего групповые линии с разными величинами $\cos \varphi$, определяется средневзвешенное значение коэффициента мощности по выражению

$$\cos \varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \cos \varphi_i \cdot P_{p,i}}{\sum_{i=1}^n P_{p,i}}, \quad (12.12)$$

где $\cos \varphi_i$ – коэффициент мощности нагрузки i -й линии;

$P_{p,i}$ – расчетная мощность осветительной нагрузки i -й линии;
 n – количество групповых линий.

При значительной мощности осветительных приборов с некомпенсированными ПРА может применяться групповая компенсация реактивной мощности, целесообразность которой должна быть технико-экономически обоснована.

Сечения проводников осветительной сети по нагреву выбираются по таблицам длительно допустимых токов $I_{доп}$ в зависимости от величины I_p по условию

$$I_{доп} \geq I_p / K_n, \quad (12.13)$$

где K_n – поправочный коэффициент на фактические условия прокладки проводов и кабелей.

Если условия прокладки проводов и кабелей не отличаются от принятых в [1], то величина $K_n = 1$.

Для осветительных сетей до 1 кВ, как правило, поправочный коэффициент

$$K_n = K_1 \cdot K_2, \quad (12.14)$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты, учитывающие фактическую температуру окружающей среды и количество совместно проложенных проводников.

Для проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией напряжением до 1 кВ, прокладываемых в воздухе, значение K_1 принимается по табл. 12.4. Значения коэффициента K_2 зависят от способа прокладки проводов и кабелей и принимаются в соответствии с [1].

Таблица 12.4

Поправочные коэффициенты K_1 на токи проводников в зависимости от температуры воздуха

Проводники	Поправочные коэффициенты на токи проводников при расчетной температуре среды, °С											
	-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
С резиновой, поливинилхлоридной и полиэтиленовой изоляцией	1,32	1,27	1,22	1,17	1,15	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

Проводники	Поправочные коэффициенты на токи проводников при расчетной температуре среды, °С											
	-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
С изоляцией из спшитого полиэтилена	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией с алюминиевыми и медными жилами приведены в табл. 12.5–12.10 [1, 8].

Таблица 12.5

Допустимые длительные токи для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токо- прово- дящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	откры- то	в одной трубе				
		двух одно- жиль- ных	трех одно- жиль- ных	четыре одно- жильных	одного двух- жиль- ного	одного трех- жильно- го
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	28
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Таблица 12.6

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1 кВ с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток для кабелей, А				
	однопровольных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут приниматься по вышеприведенной таблице как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Таблица 12.7

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1 кВ с алюминиевыми жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток для кабелей, А			
	трехжильных при прокладке		четырёхжильных при прокладке	
	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	24	32	23	29
4	34	42	31	39
6	43	50	40	46
10	58	67	54	62
16	78	87	72	81
25	102	113	95	105

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток для кабелей, А			
	трехжильных при прокладке		четырёхжильных при прокладке	
	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
35	126	137	118	127
50	158	166	147	154
70	194	201	180	187
95	237	240	220	223
120	274	272	255	253
150	317	310	295	288
185	363	348	338	324
240	428	401	398	373

Таблица 12.8

Допустимые длительные токи для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Таблица 12.9

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1 кВ с медными жилами с резиновой и пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток для кабелей, А				
	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	—	—	—	—

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут приниматься по вышеприведенной таблице как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 1 кВ с медными жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток для кабелей, А			
	трехжильных при прокладке		четырёхжильных при прокладке	
	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	24	32	23	29
2,5	32	42	30	39
4	43	54	40	50
6	57	66	53	61
10	77	87	71	81
16	101	113	94	105
25	133	147	124	137
35	164	179	152	166
50	205	217	191	202
70	262	268	244	249
95	318	316	296	294
120	372	363	346	337
150	429	410	399	381
185	488	459	454	427
240	579	529	538	492

При определении числа жил кабелей и проводов, прокладываемых в одной трубе, принимается в расчет нулевой рабочий проводник (N, PEN) трехфазной линии, если по нему протекает ток, значение которого сопоставимо с током фазных проводников (например, при питании по линии газоразрядных ламп с некомпенсированными ПРА ток в нулевом проводнике может превышать токи в фазных проводниках).

Допустимые токовые нагрузки проводников, способы прокладки которых отличаются от указанных в справочных таблицах, принимаются [1, 6, 7]:

- ♦ для тросовых проводов – как для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией;

- ♦ для проводов, проложенных в пластмассовых трубах или электротехнических плинтусах, – как для проводов в стальных трубах с понижением допустимых нагрузок на 10–15 %;

- ♦ для проводов, проложенных в каналах строительных конструкций, а также замоноличенных проводов – как для проводов в трубах;

♦ для пятипроводных линий, проложенных в трубах или каналах строительных конструкций, питающих светильники с лампами накаливания (или силовые электроприемники), – как для трех одножильных проводов, прокладываемых в одной трубе, а для таких же линий, питающих газоразрядные лампы, – как для четырех одножильных проводов, прокладываемых в одной трубе;

♦ для пятижильных кабелей, питающих лампы накаливания, – как для трехжильных кабелей, а при питании газоразрядных ламп – как для четырехжильных кабелей;

♦ для проводов, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, – как для проводов, проложенных в трубах;

♦ для кабелей, проложенных в коробах или лотках, – как для кабелей, проложенных в воздухе;

♦ для проводов, проложенных в лотках в один ряд, – как для открыто проложенных проводов;

♦ при количестве одновременно нагруженных проводов более трех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, – как для проводов, проложенных открыто с введением снижающих коэффициентов 0,68 для 5 и 6; 0,63 для 7–9 и 0,6 для 10–12 проводов.

12.3. Выбор сечения проводников по допустимой потере напряжения

Допустимое значение потери напряжения (в процентах) в осветительной сети рассчитывается по формуле

$$\Delta U_{\text{доп}} = U_x - U_n - \Delta U_{\text{т}}, \quad (12.15)$$

где U_x – напряжение холостого хода на шинах низшего напряжения трансформатора, $U_x = 105 \%$;

U_n – минимальное допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы, $U_n = 95 \%$;

$\Delta U_{\text{т}}$ – потеря напряжения в трансформаторе, к которому подключена осветительная установка, %.

С учетом значений U_x и U_n выражение (12.15) может быть представлено в виде

$$\Delta U_{\text{доп}} = 10 - \Delta U_{\text{т}}. \quad (12.16)$$

Потери напряжения в трансформаторах с достаточной для практических целей точностью могут быть определены по формуле

$$\Delta U_T = \beta_T \cdot (U_{к.а} \cdot \cos \varphi + U_{к.р} \cdot \sin \varphi), \quad (12.17)$$

где β_T – коэффициент загрузки трансформатора;

$U_{к.а}$ и $U_{к.р}$ – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания, %;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки трансформатора.

Значения $U_{к.а}$ и $U_{к.р}$ определяются по формулам

$$U_{к.а} = \Delta P_K \cdot 100 / S_{ном}; \quad U_{к.р} = \sqrt{U_K^2 - U_{к.а}^2}, \quad (12.18)$$

где ΔP_K – потери короткого замыкания, кВт;

$S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

U_K – напряжение короткого замыкания, %.

Сечение проводников (в мм²) осветительной сети по допустимой потере напряжения определяется по формуле

$$F = M / (C \cdot \Delta U_{доп}), \quad (12.19)$$

где M – момент нагрузки рассматриваемого участка сети, кВт·м;

C – расчетный коэффициент, величина которого принимается по табл. 12.11.

Полученное значение сечения округляют до ближайшего большего стандартного.

Таблица 12.11

Значение коэффициентов C для расчета сети по потере напряжения

Номинальное напряжение сети, В	Система сети и род тока	Значение коэффициента для проводников из:	
		меди	алюминия
400/230	Трехфазная с нулевым рабочим проводником	79	48
230	Трехфазная без нулевого рабочего проводника	26	16
400/230	Двухфазная с нулевым рабочим проводником	35	21,5
230	Однофазная переменного или двухпроводная постоянного тока	13	8

В общем случае для линии длиной L с сосредоточенной нагрузкой P_p (рис. 12.1, а) момент нагрузки

$$M = P_p \cdot L. \quad (12.20)$$

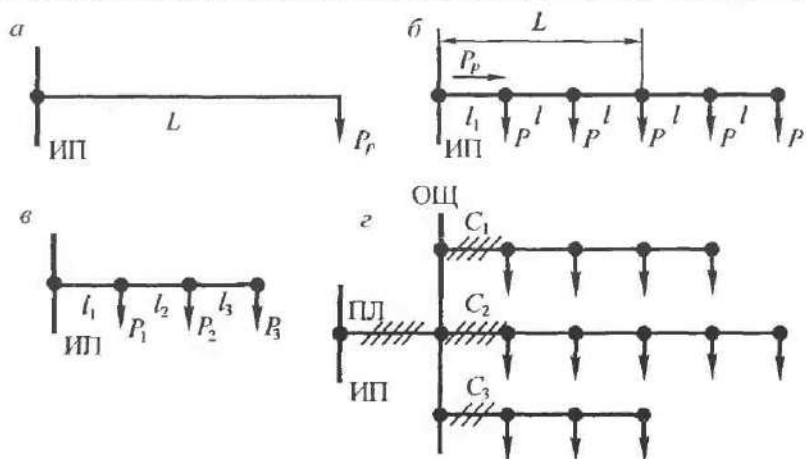


Рис. 12.1. Схемы осветительных сетей:

а – линия с сосредоточенной нагрузкой; *б* – групповая линия с равномерно распределенной нагрузкой; *в* – линия с неравномерно распределенной нагрузкой; *г* – разветвленная сеть: ОЩ – осветительный щиток; ПЛ – питающая пятипроводная линия; C_1 , C_2 , C_3 – групповые четырех-, пяти- и трехпроводные линии

Если группа светильников одинаковой мощности присоединяется к групповой линии с равными интервалами l (рис. 12.1, б), то рассредоточенная нагрузка линии заменяется суммарной сосредоточенной, приложенной в середине участка. Тогда значение L определяем по формуле

$$L = l_1 + l \cdot (N_R - 1)/2, \quad (12.21)$$

где l_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

N_R – число светильников в одном ряду.

Если линия состоит из нескольких участков с одинаковым сечением и различными нагрузками, то суммарный момент нагрузки равен сумме моментов нагрузок отдельных участков. Например, для линии, показанной на рис. 12.1, в, суммарный момент нагрузки вычисляется по выражению

$$M = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot l_1 + (P_2 + P_3) \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 \quad (12.22)$$

или

$$M = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot (l_1 + l_2 + l_3). \quad (12.23)$$

Фактическая потеря напряжения в линии при известном сечении

$$\Delta U = M / (C \cdot F). \quad (12.24)$$

При расчете разветвленной осветительной сети (рис. 12.1, з) по условию минимума расхода цветного металла сечение проводников до разветвления определяется по приведенному моменту нагрузки $M_{пр}$:

$$F = M_{пр} / (C \cdot \Delta U_{доп}). \quad (12.25)$$

Приведенный момент рассчитывается по формуле

$$M_{пр} = \sum M + \sum \alpha \cdot m, \quad (12.26)$$

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

$\sum \alpha \cdot m$ – сумма приведенных моментов участков с другим числом проводов;

α – коэффициент приведения моментов, который принимается по табл. 12.12.

Таблица 12.12

Значения коэффициентов приведения моментов

Линия	Ответвление	Коэффициент приведения моментов α
Трехфазная с нулевым рабочим проводником	Однофазное	1,85
Трехфазная с нулевым рабочим проводником	Двухфазное с нулевым рабочим проводником	1,39
Двухфазная с нулевым рабочим проводником	Однофазное	1,33
Трехфазная без нулевого рабочего проводника	Двухфазное (двухпроводное)	1,15

По найденному по (12.25) сечению проводников и собственному моменту нагрузки по формуле (12.24) вычисляется фактическая потеря напряжения на питающем участке сети $\Delta U_{пл}$. Последующие участки

рассчитываются по оставшейся величине допустимой потери напряжения:

$$U'_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\text{пл}}. \quad (12.27)$$

При раздельном расчете питающей и групповой сети $\Delta U_{\text{доп}}$ распределяется между ними приближенно, исходя из ожидаемого соотношения моментов. При проектировании следует стремиться к равномерной загрузке и равенству моментов различных фаз. В трехфазных сетях с нулевым проводом для получения приблизительно равенства моментов следует присоединять светильники к фазам в порядке $L1, L2, L3, L3, L2, L1 \dots$, считая от конца линии.

При расчете сетей по потере напряжения допускается пренебрегать реактивным сопротивлением линий, питающих газоразрядные лампы, и использовать момент нагрузки, выраженный в кВт·м, в следующих случаях:

- ◆ при $\cos \varphi = 0,9$ в электропроводках, выполненных кабелями, проводами в трубах или многожильными проводами с площадью сечения алюминиевой жилы до 70 мм^2 , а медной – до 120 мм^2 ;

- ◆ при $\cos \varphi = 0,5-0,6$ в аналогичных электропроводках с площадью сечения алюминиевой жилы до 16 мм^2 , а медной – до 25 мм^2 .

В остальных случаях необходимо учитывать реактивное сопротивление линии и вести расчет по токовым моментам, выраженным в А·м.

Питающие линии при расчете по потере напряжения рассматриваются, как правило, как симметрично нагруженные.

12.4. Выбор системы заземления и сечения нулевых проводников

В осветительных сетях применяется, как правило, глухозаземленная нейтраль в виде системы TN . Данная система заземления имеет несколько вариантов исполнения: $TN-S$ – с разделением нулевого проводника на рабочий N и защитный PE (рис. 12.2); $TN-C$ – с использованием одного нулевого проводника PEN , совмещающего функции рабочего и защитного (рис. 12.3); $TN-C-S$ – вариант, в котором от трансформаторной подстанции до вводно-распределительного устройства предусмотрен совмещенный нулевой проводник PEN , а далее применяются два проводника: PE , который служит для зануления токопроводящего оборудования (щитков, светильников и т. п.), и N , используемый для питания однофазных электроприемников, включаемых на фазное напряжение (рис. 12.4).

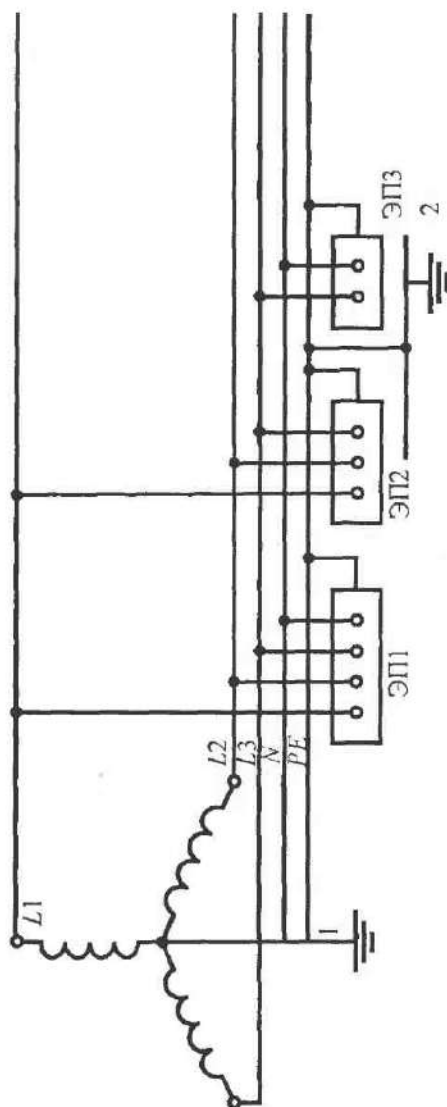


Рис. 12.2. Схема системы TN-S.

L1, L2, L3, – фазные провода; 1 – рабочее заземление; 2 – система уравнивания потенциалов;
ЭП1–ЭП3 – электроприемники

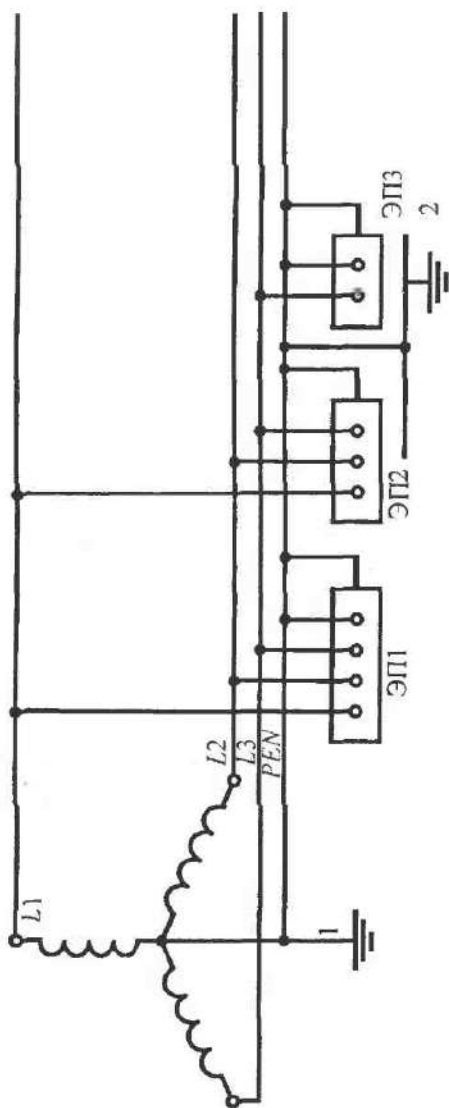


Рис. 12.3. Схема системы TN-C;
 1 – рабочее заземление; 2 – система уравнивания потенциалов;
 ЭП1–ЭП3 – электроприемники

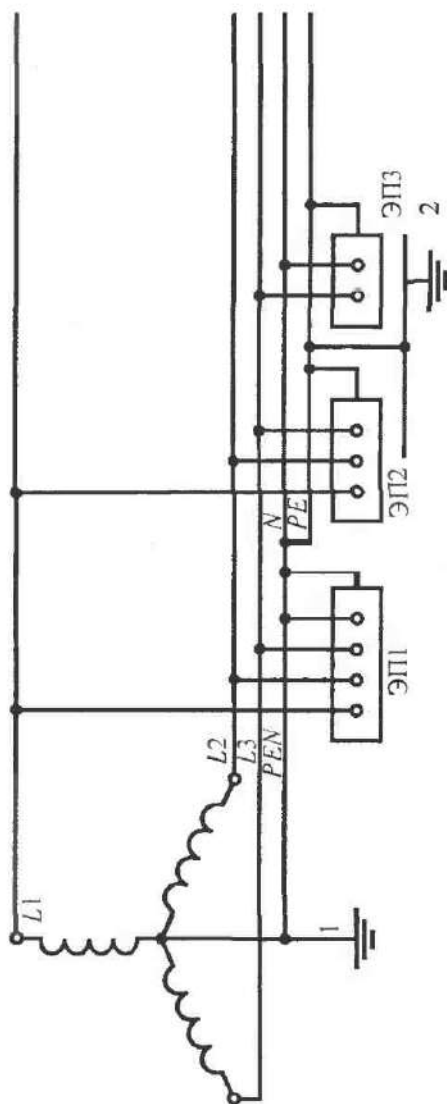


Рис. 12.4. Схема системы TN-C-S:
 1 – рабочее заземление; 2 – система уравнивания потенциалов;
 ЭП1–ЭП3 – электроприемники

Применяемые в обозначении систем заземления буквы имеют следующий смысл. Первая буква *T* (от французского слова *terre* – земля) означает непосредственное присоединение одной точки источника питания (как правило, нейтрали) к земле. Вторая буква *N* (от французского слова *neutre* – нейтраль) характеризует непосредственную связь открытых токопроводящих частей оборудования здания с точкой заземления источника питания с помощью нулевого проводника. Буква *N* предопределяет необходимость зануления в электрических сетях переменного тока.

Последующие буквы относятся к устройству нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

♦ *S* (от французского слова *separe* – сепарация) – функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников обеспечиваются отдельными проводниками *N* и *PE*;

♦ *C* (от французского слова *combine* – комбинация) – функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников выполняет общий проводник *PEN*.

В системе *TN-S* (рис. 12.2) рабочий и защитный нулевые проводники разделены по всей электрической сети. Такая сеть обладает рядом преимуществ: снижается напряжение прикосновения и упорядочиваются цепи протекания токов в нормальных и аномальных режимах. Однако увеличение количества нулевых проводников в некоторых случаях может вызвать дополнительный расход цветного металла на создание электрической сети.

В системе *TN-C* используется общий нулевой проводник (рис. 12.3). Электрические сети с такой системой заземления применяются в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухим заземлением нейтрали, спроектированных до введения серии стандартов ГОСТ 30331 «Электроустановки зданий». Широкое применение электроприемников с нелинейными вольт-амперными характеристиками (газоразрядные лампы, преобразовательные установки, компьютерная техника и т. п.) привело к тому, что из-за наличия высших гармоник ток в нулевом проводнике может превышать ток в фазном проводнике более чем в 1,5 раза. На корпусах оборудования, присоединенного к нулевому проводнику, могут быть достаточно высокие потенциалы, что неблагоприятно сказывается на электробезопасности. В случае использования протяженных линий с небольшим сечением проводников в системе *TN-C* может возникнуть

опасное напряжение прикосновения. Указанное обстоятельство существенно ограничивает применение систем заземления $TN-C$ и предъявляет дополнительные требования к нулевым проводникам.

Система $TN-C-S$, схема которой представлена на рис. 12.4, в начале сети (например, от источника питания до вводного устройства в здание) имеет общий нулевой проводник PEN , присоединяемый к шине PE вводного устройства. Во вводном устройстве имеется изолированная шина N , которая перемычкой связана с шиной PE . Нулевые рабочие проводники электрической сети подключаются к шине N , а защитные – к шине PE . По существу система $TN-C-S$ является сочетанием двух предыдущих вариантов и в большинстве случаев соответствует требованиям в отношении надежности электрооборудования и электробезопасности.

В соответствии с [6] в электроустановках зданий следует применять системы заземления типов $TN-S$ и $TN-C-S$. В помещениях без повышенной опасности допускается использование подвесных светильников, не оснащенных зажимами для подключения защитных проводников PE , при условии, что крюк для их подвески изолирован. Однако это не является основанием для применения двухпроводных электропроводок.

В осветительных установках, в отличие от силовых сетей, к трехфазным линиям, как правило, присоединяются однофазные электроприемники. При этом электрические лампы включаются в сеть между фазами $L1$, $L2$ и $L3$ и нулевым рабочим проводником N по схеме звезды (рис. 12.5).

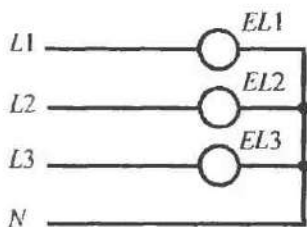


Рис. 12.5. Включение ламп на фазное напряжение по схеме «звезда»
 $EL1-EL3$ – электрические лампы

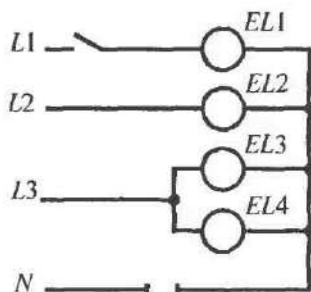


Рис. 12.6. Включение ламп на между-
фазное напряжение при обрыве
нулевого провода; $EL1-EL4$ – электри-
ческие лампы

При такой схеме все три фазы работают относительно независимо друг от друга и могут включаться и отключаться по отдельности. В случае равенства нагрузок всех фаз и применения ламп накаливания в нулевом проводнике ток отсутствует. При этом даже при обрыве нулевого проводника работа ламп не нарушится. При использовании газоразрядных ламп в нулевом проводнике будет протекать ток, равный утроенной сумме токов высших гармоник, кратных трем, образующих систему нулевой последовательности:

$$I_N = 3\sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots}, \quad (12.28)$$

где I_3, I_9, I_{15} – действующие значения соответствующих гармоник тока.

Аномальные режимы с газоразрядными лампами достаточно сложны. Поэтому для упрощения далее будем рассматривать режимы работы осветительных установок с лампами накаливания одинаковой единичной мощности.

При отключении одной из фаз, например $L1$, по нулевому проводу протекает ток, равный по величине и противоположный по направлению геометрической сумме токов фаз $L2$ и $L3$. При равенстве токов фаз $L2$ и $L3$ в нулевом проводе протекает такой же ток, что и в фазах $L2$ и $L3$.

При отключении двух фаз, а равно и в однофазных линиях, ток в нулевом рабочем проводнике равен по величине и обратен по направлению току фазного проводника.

В случае неравномерной загрузки фаз в нулевом рабочем проводнике протекает уравнивающий ток, что вызывает некоторое изменение значений фазных напряжений. При обрыве нулевого рабочего проводника существенно нарушается распределение линейного напряжения между нагрузками различных фаз.

В качестве иллюстрации рассмотрим простейший случай, когда в трехфазной сети напряжением 400 В нулевой проводник оборван, фаза $L1$ отключена или не имеет нагрузки, к фазе $L2$ подключена одна лампа, а к фазе $L3$ – две лампы такой же единичной мощности (рис. 12.6). Очевидно, что лампы фаз $L2$ и $L3$ окажутся последовательно включенными на междуфазное напряжение 400 В, которое распределяется прямо пропорционально сопротивлениям нитей накала ламп. Тогда на лампе фазы $L2$ напряжение составит 267 В, а на лампах фазы $L3$ – 133 В.

Повышение напряжения на зажимах лампы на 16 % приведет к ускоренному перегоранию нити накала лампы фазы $L2$. Снижение напряжения на лампах фазы $L3$ до величины $0,58 U_{ном}$ резко уменьшает световой поток ламп. Вследствие того что в осветительных установках нагрузка фаз практически не может быть строго одинаковой, то становится понятной важность обеспечения целостности нулевого рабочего проводника в осветительных сетях. Обрыв нулевого защитного проводника в системах $TN-S$ и $TN-C-S$ без системы уравнивания потенциалов в здании может привести к массовому поражению электрическим током людей или домашних животных при попадании напряжения на корпус токопроводящего оборудования, так как данный аномальный режим сети может быть не замечен. Отсюда вытекает требование необходимости применения в зданиях системы уравнивания потенциалов.

Рассмотрим основные требования, которые необходимо учитывать при выборе нулевых проводников.

Площадь сечения нулевого рабочего (N) проводника в однофазных двухпроводных цепях принимается такой же, как и фазного проводника. Это правило распространяется на однофазные трехпроводные цепи и на многофазные цепи при площади сечения фазных проводников F_L с медной жилой до 16 мм^2 , а с алюминиевой – до 25 мм^2 .

В многофазных цепях с медными проводниками при $F_L > 16 \text{ мм}^2$ и алюминиевыми – при $F_L > 25 \text{ мм}^2$ нулевой проводник N может иметь сечение, меньшее, чем фазные проводники (но не менее чем 16 мм^2 медные и 25 мм^2 алюминиевые), при условии, что нулевой проводник защищен от сверхтоков. Разумеется, пропускная способность нулевого проводника должна соответствовать его рабочему току.

Площадь сечения нулевого защитного проводника PE при сечении фазного проводника $F_L \leq 16 \text{ мм}^2$ принимается равной F_L ; при $F_L = 25\text{--}35 \text{ мм}^2$ – 16 мм^2 , а при $F_L > 35 \text{ мм}^2$ – не менее $0,5 F_L$. При этом защитные проводники должны быть изготовлены из того же материала, что и фазные. В противном случае сечение защитного проводника принимают таким, чтобы его проводимость была не менее проводимости соответствующего проводника PE , выбираемого по приведенным выше условиям.

Во всех случаях сечение защитного проводника, не входящего в состав кабеля, должно быть не менее $2,5 \text{ мм}^2$ при наличии защиты от механических повреждений и 4 мм^2 – при ее отсутствии.

В стационарных установках системы TN функции нулевых защитного и рабочего проводников можно совместить в одном проводнике PEN при условии, что площадь его сечения не менее 10 мм^2 для меди и 16 мм^2 для алюминия, а рассматриваемая часть сети не защищена устройствами защитного отключения, реагирующими на дифференциальные токи. При этом если в какой либо точке сети нулевые проводники разделены на проводники N и PE , то объединять их в совмещенный проводник PEN за пределами этой точки запрещается. В точке разделения необходимо предусматривать отдельные шины проводников N и PE . Отметим, что проводник PEN должен подключаться к шине нулевого защитного проводника.

Следовательно, в двухпроводных сетях (фазный и нулевой PEN проводники) и четырехпроводных сетях (три фазных и нулевой PEN проводники) при использовании системы $TN-C$ минимальная площадь сечения медного нулевого проводника должна составлять 10 мм^2 , а алюминиевого – 16 мм^2 . Это практически неприемлемо в групповых осветительных сетях, в которых в основном применяются фазные проводники с площадью сечения $1,5\text{--}4 \text{ мм}^2$. Отсюда следует вывод о необходимости применения в системе TN трехпроводных и пятипроводных сетей с разделенными нулевыми проводниками N и PE . Для обеспечения электробезопасности в зданиях следует предусматривать систему уравнивания потенциалов, а при необходимости – выключатель дифференциального тока (устройство защитного отключения).

12.5. Выбор сечения проводников по условию соответствия аппаратам защиты

Выбранные сечения проводников должны соответствовать их защитным аппаратам, что проверяется по условию

$$I_{\text{доп}} \geq K_z \cdot I_1 / K_{\text{п}}, \quad (12.29)$$

где K_z – кратность длительно допустимого тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата;

I_1 – номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата.

По выражению (12.29) допускается применение ближайшего меньшего сечения проводника, но не меньшего, чем это требуется по условию нагрева расчетным током, если сеть не нуждается в защите от перегрузки.

В сетях, не требующих защиты от перегрузки, принимаются следующие минимальные значения коэффициента K_3 :

0,33 – для номинального тока плавкой вставки предохранителя;

0,22 – для тока уставки автоматического выключателя, имеющего только отсечку;

1,0 – для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой;

0,8 – для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой.

Наличие аппарата защиты с завышенными значениями I_3 не является обоснованием для увеличения сечения проводников сверх принятого по расчетному току. Если условие (12.29) не удовлетворяется, то в сети до 1 кВ следует рассчитать ток однофазного КЗ и определить его кратность по отношению к I_3 .

Если расчетная проверка показала, что кратности тока КЗ меньше нормируемых значений, то отключение однофазных КЗ в сети до 1 кВ должно обеспечиваться специальной защитой.

Для электрических сетей, защищаемых от перегрузки, при проверке условия (12.29) значения K_3 принимаются по табл. 12.13.

Таблица 12.13

**Кратности допустимых токовых нагрузок
на проводники по отношению к номинальным токам
или токам срабатывания защиты**

Проводник	Вид защитного аппарата	I_3	K_3
Проводники с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Предохранитель	Номинальный ток плавкой вставки	1,25*
	Автоматический выключатель, имеющий только отсечку	Ток уставки расцепителя	1,25*
Кабели с бумажной изоляцией	Предохранитель	Номинальный ток плавкой вставки	1,0
	Автоматический выключатель, имеющий только отсечку	Ток уставки расцепителя	1,0
Проводники всех марок	Автоматический выключатель с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой	Номинальный ток расцепителя	1,0

Окончание табл. 12.13

Проводник	Вид защитного аппарата	I_3	K_3
Проводники с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Автоматический выключатель с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой	Ток трогания расцепителя	1,0
Кабели с бумажной изоляцией и с изоляцией из вулканизированного полиэтилена	Автоматический выключатель с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой	Ток трогания расцепителя	0,8

*Для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, допускается принимать $K_3 = 1$.

Для сетей, защищаемых от перегрузки, рекомендуется обеспечивать кратности, приведенные в табл. 12.13, не прибегая к возможности применения ближайшего меньшего сечения [1].

12.6. Пример расчета осветительной сети

Пример 12.1. Выберите сечения алюминиевых проводников осветительной сети напряжением 400/230 В, схема которой показана на рис. 12.7. Питающая линия длиной 50 м выполняется кабелем марки АВВГ, проложенным открыто, групповые линии C_1 , C_2 и C_3 – кабелями марки АВВГ, проложенными на тросе. Трехпроводная линия C_1 питает светильники, в которых устанавливаются по две ЛЛ, пятипроводные линии C_2 – светильники с лампами накаливания, а C_3 – с лампами типа ДРЛ. Данные групповых линий приведены в табл. 12.14.

Таблица 12.14

Параметры групповых линий

Параметры линий	Линия		
	C_1	C_2	C_3
l_1 , м	30	20	25
l , м	3	6	6
$N_{л. шт.}$	21	12	10
$P_{ном}$, Вт	2×80	1000	1000
$\cos \varphi$	0,92	1	0,5

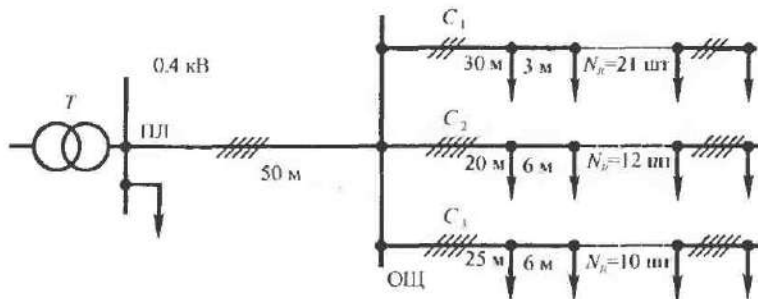


Рис. 12.7. Схема осветительной сети (к примеру 12.1)

Осветительная сеть питается от трансформатора ТМЗ-1000/10, имеющего $\Delta P_k = 10,8$ кВт, $U_k = 5,5$ %, $\beta_T = 0,85$, $\cos \varphi = 0,8$. Условия окружающей среды нормальные.

Решение. Определим по (12.17) потерю напряжения в трансформаторе:

$$U_{кн} = 10,8 \cdot 100/1000 = 1,08 \text{ \%};$$

$$U_{кп} = \sqrt{5,5^2 - 1,08^2} = 5,4 \text{ \%};$$

$$\Delta U_T = 0,85 \cdot (1,08 \cdot 0,8 + 5,4 \cdot 0,6) = 3,48 \text{ \%}.$$

Находим по (12.16) допустимую потерю напряжения:

$$\Delta U_{доп} = 10 - 3,48 = 6,52 \text{ \%}.$$

Определяем расчетные активные нагрузки линий по (12.1), приняв $K_c = 1$:

$$\text{линия } C_1: P_{р1} = 1 \cdot 1,2 \cdot 21 \cdot (2 \cdot 0,08) = 4,03 \text{ кВт};$$

$$\text{линия } C_2: P_{р2} = 1 \cdot 1 \cdot 12 = 12 \text{ кВт};$$

$$\text{линия } C_3: P_{р3} = 1 \cdot 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ кВт}.$$

Для линии, питающей один осветительный щиток, $K_c = 1$. В этом случае ее расчетная нагрузка

$$P_{рн} = 4,03 + 12 + 11 = 27,03 \text{ кВт}.$$

Вычисляем собственные моменты линий по формулам (12.20) и (12.21):

$$\text{линия ПЛ: } M_n = 27,03 \cdot 50 = 1351,5 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\text{линия } C_1: M_1 = 4,03 \cdot [30 + 3 \cdot (21 - 1)/2] = 241,8 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\text{линия } C_2: M_2 = 12 \cdot [20 + 6 \cdot (12 - 1)/2] = 636 \text{ кВт}\cdot\text{м};$$

$$\text{линия } C_3: M_3 = 11 \cdot [25 + 6 \cdot (10 - 1)/2] = 572 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

По (12.26) определяем приведенный момент нагрузки для питающей линии:

$$M_{пр} = 1351,5 + 1,85 \cdot 241,8 + 636 + 572 = 3006,8 \text{ кВт}\cdot\text{м}.$$

Площадь сечения жил кабеля питающей линии рассчитываем по формуле (12.25):

$$F = 3006,8 / (48 \cdot 6,52) = 9,6 \text{ мм}^2.$$

Принимаем $F = 10 \text{ мм}^2$. Выбираем пятижильный кабель АВВГ-5 \times 10-0,66 с $I_{доп} = 42 \cdot 0,92 = 38,6 \text{ А}$ (по табл. 12.6 с понижающим коэффициентом 0,92).

Выполняем расчет питающей линии по допустимому нагреву. Для этого найдем средневзвешенное значение коэффициента мощности нагрузки по (12.12):

$$\cos \varphi = (0,92 \cdot 4,03 + 1 \cdot 12 + 0,5 \cdot 11) / (4,03 + 12 + 11) = 0,78.$$

Вычисляем по (12.9) расчетный ток линии:

$$I_p = 27,03 / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,78) = 50,1 \text{ А}.$$

Так как $38,6 < 50,1$, то выбранное по допустимой потере напряжения сечение жил кабеля не проходит по нагреву расчетным током.

Следовательно, принимаем кабель АВВГ-5 \times 16-0,66 с $I_{доп} = 60 \cdot 0,92 = 55,2 \text{ А}$

Определяем фактическую потерю напряжения в питающей линии. Вследствие того, что площадь сечения жил кабеля не превышает 16 мм^2 , расчет производится без учета реактивного сопротивления линии по формуле (12.24):

$$\Delta U_{пл} = 1351,5 / (48 \cdot 16) = 1,76 \text{ \%}.$$

Вычисляем оставшуюся величину допустимой потери напряжения, по которой рассчитываются групповые линии:

$$\Delta U_{доп}^* = 6,52 - 1,76 = 4,76 \text{ \%}.$$

Определяем площадь сечения проводников групповой линии C_1 по формуле (12.19):

$$F = 241,8 / (8 \cdot 4,76) = 6,35 \text{ мм}^2.$$

Принимаем трехжильный кабель марки АВВГ-3 × 10-0,66 с $I_{\text{доп}} = 55 \text{ А}$. Находим расчетный ток линий по (12.11):

$$I_p = 4,03 / (0,23 \cdot 0,92) = 19 \text{ А}.$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию нагрева, так как $55 > 19$.
Для групповой линии C_2

$$F = 636 / (48 \cdot 4,76) = 2,78 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель марки АВВГ-5 × 4-0,66 с $I_{\text{доп}} = 27 \text{ А}$. Расчетный ток линии C_2

$$I_p = 12 / (\sqrt{3} \cdot 0,4) = 17,3 \text{ А},$$

что меньше $I_{\text{доп}}$. Следовательно, окончательно принимаем к прокладке кабель АВВГ-5 × 4-0,66.

Выполним расчет для линии C_3 :

$$F = 572 / (48 \cdot 4,76) = 2,5 \text{ мм}^2.$$

По допустимой потере напряжения следует принять пятижильный кабель АВВГ-5 × 2,5-0,66 с $I_{\text{доп}} = 19 \cdot 0,92 = 17,5 \text{ А}$.

К линии C_3 подключается 10 светильников, что создает неодинаковую нагрузку фаз: к двум фазам подключается по три светильника, а к третьей – четыре. Расчетная нагрузка наиболее загруженной фазы

$$P_{\text{рлф}} = 1 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 1 = 4,4 \text{ кВт}.$$

Тогда расчетная нагрузка линии

$$P_p = 3 \cdot P_{\text{рлф}};$$

$$P_p = 3 \cdot 4,4 = 13,2 \text{ кВт}.$$

Расчетный ток линии C_3 определяется при среднем значении коэффициента мощности 0,5:

$$I_p = 13,2 / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,5) = 38,2 \text{ А}.$$

Для линии C_3 сечение провода, выбранное по потере напряжения в соответствии с (12.19), не удовлетворяет условию (12.13). По нагреву требуется принять кабель АВВГ-5 × 10-0,66 с $I_{\text{доп}} = 42 \cdot 0,92 = 38,6 \text{ А}$.

13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСВЕЩЕНИЕ

Годовой расход электроэнергии на искусственное освещение зданий и сооружений можно найти расчетным путем по выражению

$$W_{\text{ГО}} = P_{\text{р}} \cdot T_{\text{МО}}, \quad (13.1)$$

где $P_{\text{р}}$ – расчетная нагрузка освещения, определяемая по формуле (12.1);

$T_{\text{МО}}$ – годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки, значения которого для географической широты 56°, характерной для Республики Беларусь, приведены в табл. 13.1–13.2 [23].

При наличии естественного освещения в зданиях односменных предприятий с пятью рабочими днями в неделю число часов максимума осветительной нагрузки равно 700 ч на северной широте 46° и 850 ч – на широте 64°, а при шести рабочих днях – соответственно 550 и 700 ч. Для двух- и трехсменных предприятий, а также для непрерывного режима работы $T_{\text{МО}}$ принимается по табл. 13.1 на всех широтах как при наличии, так и при отсутствии естественного освещения в зданиях.

Таблица 13.1

Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки для внутреннего освещения

Количество рабочих дней в неделю	Рабочее освещение и освещение безопасности				Эвакуационное освещение
	при числе смен			при непрерывной работе	
	1	2	3		
При наличии естественного освещения					
5	750	2250	4150	–	4800
6	600	2100	4000	–	4800
7	–	–	–	4800	4800
При отсутствии естественного освещения					
5	2150	4300	6500	–	8760
6	2150	4300	6500	–	8760
7	–	–	–	7700	8760

Таблица 13.2

Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки наружного освещения на всех широтах

Вид освещения	Режим включения					
	ежедневно			в рабочие дни		
	на всю ночь	до 1 часа ночи	до 24 часов	на всю ночь	до 1 часа ночи	до 24 часов
Рабочее освещение заводских территорий	3600	2450	2100	3000	2060	1750
Охранное освещение	3500	—	—	—	—	—

Определять расход электроэнергии можно по формуле (13.1) с использованием годового числа часов работы световых приборов (числа часов горения ламп), которое при отсутствии фактических данных вычисляется по следующим выражениям [16]:
рабочее освещение:

$$T_p = (365 - m) \cdot \frac{T_1 + T_2}{2} + T_{п}; \quad (13.2)$$

дежурное освещение:

$$T_d = 365 \cdot \frac{T'_1 + T'_2}{2}; \quad (13.3)$$

наружное освещение:

$$T_n = 365 \cdot \frac{T''_1 + T''_2}{2} + T_{п}; \quad (13.4)$$

где m — число нерабочих дней в году;

T_1, T'_1, T''_1 — длительность включения освещения в наиболее продолжительную зимнюю ночь (21 декабря), ч;

T_2, T'_2, T''_2 — продолжительность включения освещения в наиболее короткую летнюю ночь (21 июня), ч;

$T_{п}$ — дополнительное число часов включения электрического освещения в пасмурные дни, ч.

Дополнительное число часов освещения принимается равным 2–5 % от общего числа часов включения. В этом случае

$$T_p = (1,02 \dots 1,05) \cdot (365 - m) \cdot \frac{T_1 + T_2}{2}; \quad (13.5)$$

$$T_n = (1,02 \dots 1,05) \cdot 365 \cdot \frac{T_1'' + T_2''}{2}. \quad (13.6)$$

В условиях эксплуатации расход электроэнергии на искусственное освещение может определяться с помощью приборов учета энергии, установленных в осветительных сетях.

14. ВЫБОР ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЩИТКОВ И МЕСТ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ

Осветительные щитки предназначены для приема и распределения электроэнергии в осветительных установках, для управления освещением, а также для защиты групповых линий при длительных перегрузках и коротких замыканиях. Щитки выбираются с учетом условий окружающей среды, количества присоединяемых к ним линий, их расчетных токов и требуемых защитных аппаратов.

На промышленных объектах в осветительных установках могут применяться осветительные щитки типа ЯОУ 8500, ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ, ЦО 8505, ЦРО 8505, распределительные пункты типа ПР8501 и др. (табл. 14.1–14.6).

Таблица 14.1

Технические данные осветительных групповых щитков серии ЯОУ 8500

Тип щитка	Тип вводного аппарата	Автоматические выключатели групповых линий		Способ установки
		Тип	Количество, шт.	
ЯОУ8501	ПВЗ-60	АЕ 1031-1	6	На стене
ЯОУ8502	ПВЗ-100	АЕ 1031-1	12	
ЯОУ8503	ПВЗ-100	АЕ 2044-10	6	
ЯОУ8504	ПВЗ-100	АЕ 2046-10	2	
ЯОУ8505	ПВЗ-60	АЕ 1031-1	6	В нише
ЯОУ8506	ПВЗ-100		12	
ЯОУ8507	—		6	
ЯОУ8508	—		12	

Примечание. ПВЗ – пакетный выключатель.

Таблица 14.2

**Технические данные осветительных групповых щитков
серии ОП, ОЩ, ОЩВ, УОЩВ**

Тип щитков	Число одно- фазных групп	Устройство или аппарат на вводе	Аппараты на отхо- дящих линиях	Способ установ- ки
ОП-3УХЛ4	3	зажимы	ЛЕ 1000	На стене
ОП-6УХЛ4	6			
ОП-9УХЛ4	9			
ОП-12УХЛ4	12			
ОЩ-6УХЛ4	6			
ОЩ12УХЛ4	12			
ОЩВ-6АУХЛ4	6	АЕ 2046-10	А 3161	В нише
ОЩВ-12АУХЛ4	12			
УОЩВ-6АУХЛ4	6			
УОЩВ-12АУХЛ4	12			

Таблица 14.3

**Технические данные осветительных групповых щитков
серии ЩО 8505**

Номер схемы	Тип щитка	Номиналь- ный ток расцепителя выключате- ля ввода	Выключатели групповых ли- ний	
			Наибольший номинальный ток расцепите- ля, А	Максималь- ное количе- ство выключ- ателей, шт.
02	ЩО 8505-0206	—	31,5	6
02	ЩО 8505-0209	—	20,0	9
03	ЩО 8505-0306	—	31,5	6
03	ЩО 8505-0309	—	20,0	9
04	ЩО 8505-0406	63,0	31,5	6
06	ЩО 8505-0504	63,0	31,5	2
12	ЩО 8505-1212	—	16,0	12
12	ЩО 8505-1215	—	12,5	15
12	ЩО 8505-1218	—	10,0	18
13	ЩО 8505-1312	—	16,0	12
13	ЩО 8505-1315	—	12,5	15
13	ЩО 8505-1318	—	10,0	18
14	ЩО 8505-1409	63,0	20,0	9
14	ЩО 8505-1412		16,0	12
14	ЩО 8505-1415		12,5	15
16	ЩО 8505-1603		63,0	3

Окончание табл. 14.3

Номер схемы	Тип щитка	Номи- нальный ток рас- цепителя выключа- теля ввода	Выключатели групповых линий	
			Наибольший но- минальный ток расцепителя, А	Макси- мальное количество выключате- лей, шт.
16	ЩО 8505-1604	63,0	31,5	4
16	ЩО 8505-1605		31,5	5
16	ЩО 8505-1606		20,0	6
16	ЩО 8505-1607		20,0	7

Примечание. В щитках применяются автоматические выключатели с комбинированным расцепителем типа ВА 61F29-3С (трехполюсные) на вводе и ВА 61F29-1В (однополюсные) на групповых линиях.

Таблица 14.4

Технические данные щитков распределения энергии серии ЩРО 8505

Номер схемы	Наибольший номинальный ток щитка, А	Тип аппа- рата ввода	Выключатели групповых линий	
			Наибольший номи- нальный ток расцепи- теля, А	Количество выключателей, шт.
21	200	—	40,0	18
22			63,0	9
24			63,0	9
26	320	ВА 57 Ф35	40,0	18
27			63,0	9
41		—	40,0	36
42			63,0	18
43			63,0	18
45			40,0	36
46			63,0	9
47			12,5	18
48		25,0	9	
			ВА 57-39	

Примечание. На групповых линиях применяются однополюсные автоматические выключатели с комбинированным расцепителем типа ВА 61F29-1В.

Таблица 14.5

Технические данные распределительных пунктов серии ПР8501

Номер схемы		Номиналь- ное напря- жение, В	Количество автоматов, шт.	
с зажим- ами на вводе	с автоматом ВА51-33 на вводе		однополюсных ВА51-29	трехпо- люсных ВА51-31
001	045	380	3	—

Окончание табл. 14.5

Помер схемы		Номинальное напряжение, В	Количество автоматов, шт.	
с зажимами на вводе	с автоматом ВА51-33 на вводе		однополюсных ВА51-29	трехполюсных ВА51-31
002	046	380	6	—
003	047	380	3	1
004	048	660	—	2
005	049	380	12	—
006	050	380	6	2
007	051	660	—	4
008	052	660	18	—
009	053	380	12	2
010	054	380	6	4
011	055	660	—	6

Примечание. Номинальный ток ввода 160 А, рабочий ток ввода для степени защиты IP21 – 128 А, для IP54 – 120 А.

Таблица 14.6

Технические данные распределительных пунктов ПР41

Тип пункта	Число выключателей			Число конденсаторов КС1-С38-18У3
	вводных А3728Ф	групповых		
		АЕ204	АЕ204	
ПР41-4301-43У4	1	—	4	4
ПР41-4302-43У4	—	—	4	4
ПР41-4303-43У4	1	3	5	—
ПР41-4304-43У4	1	3	7	—
ПР41-4305-43У4	1	3	9	—

Осветительные щитки и распределительные пункты выпускаются с автоматическими выключателями, технические характеристики которых представлены в табл. 14.7–14.11.

Таблица 14.7

Технические характеристики автоматических выключателей типа ВА-57

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток теплового расцепителя, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
ВА57-31	3	100	16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63 80; 100	400 800 1200

Окончание табл. 14.7

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток теплового расцепителя, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
ВА57-35	3	250	16; 20; 25 31,5; 40; 50 63; 80; 100; 125 160 200; 250	320 630 1250 1600 2500
ВА57Ф35	3	250	16; 20; 25; 31,5 40; 50; 63 80; 100; 125 160 200; 250	320 630 1250 1600 2500
ВА57-39	3	630	320 400 500 630	3200 2000; 4000 2500; 5000 3200; 5000

Таблица 14.8

Технические характеристики автоматических выключателей типа ВА61

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток теплового расцепителя $I_{номр}$, А	Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току расцепителя
ВА61F29-3С	3	63	0,5; 0,8; 1; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	$(5-10)I_{номр}$
ВА61F29-1В	1	63	0,5; 0,8; 1; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	$(3-5)I_{номр}$

Таблица 14.9

Технические характеристики автоматических выключателей серии АЗ700

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
		выключателя	теплового расцепителя	
АЗ710Ф	2, 3	160	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	630; 1600

Окончание табл. 14.9

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя, А
		выключателя	теплового расцепителя	
ЛЗ720Ф	2,3	250	160; 200; 250	2500
ЛЗ730Ф	2	630	250	2500
	2	630	320	3200
	2	630	400	4000
	3	630	500	6300

Таблица 14.10

**Технические данные автоматических выключателей
серии ВА51 с комбинированным расцепителем**

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току расцепителя
		выключателя	расцепителя, $I_{номр}$	
ВА51-29	1	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 63	—
ВА51-31-1	1	100	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 63; 80; 100	3; 7; 10
ВА51-25	3	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7; 10
ВА51-31	3	100	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 63; 80; 100	3; 7; 10
ВА51-33	3	160	80; 100; 125; 160	10
ВА51-35	3	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12
ВА51-37	3	400	250; 320; 400	10
ВА51-39	3	630	400; 500; 630	10

Таблица 14.11

Технические данные автоматических выключателей серии АЕ

Тип выключателя	Кол-во полюсов, шт.	Номинальный ток, А		Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току расцепителя
		выключателя	расцепителя, $I_{номр}$	
АЕ1000	1	10	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 6; 10	12–18

Окончание табл. 14.11

Тип выключателя	Кол-во полюсов шт.	Номинальный ток, А		Кратность тока отсечки по отношению к номинальному току распрепителя
		выключателя	распрепителя, $I_{номр}$	
АЕ1031	1	25	6; 10; 16; 25	—
АЕ2020	1, 2, 3	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16	12
АЕ2040	1, 2, 3	63	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12
АЕ2046-10Б	3	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12
АЕ2045-10Б	2	63	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	12
АЕ2050	1, 2, 3	100	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	12
АЕ2060	1, 2, 3	160	10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	12

Осветительные групповые одностороннего обслуживания унифицированные щитки типа ЯОУ применяются в сетях, где нечасто производятся включения и отключения. Щитки серий ЯОУ8501-8504 имеют степень защиты $IP54$, остальные – $IP20$.

Осветительные щитки типа ОП, ОЩ, ОЩВ (настенные) и УОЩВ (устанавливаемые в нише) имеют степень защиты $IP20$.

Для питания освещения с лампами ДРЛ при необходимости компенсации реактивной мощности используются осветительные щитки напольной установки типа ПР41 с конденсаторами. Эти же щитки выпускаются и без конденсаторов.

Щитки распределения энергии ЩРО 8505 помимо использования в осветительных сетях применяются также для питания силовой нагрузки.

Групповые осветительные щитки должны располагаться в помещениях с благоприятными условиями среды и удобных для обслуживания, по возможности ближе к центру питаемых от них нагрузок. Нельзя размещать их в кабинетах, складах и других запираемых

помещениях. Не следует также устанавливать осветительные щитки во взрыво- и пожароопасных помещениях. В многоэтажных зданиях осветительные щитки размещают на лестничных клетках или вблизи их; в цехах промышленных предприятий – у главных входов в цех, в основных проходах или в других удобных для обслуживания местах. При этом следует учитывать, что если управление освещением производится со щитков, то их рекомендуется размещать таким образом, чтобы с места их установки были видны отключаемые ряды светильников. В больших зданиях и помещениях часто требуется установка нескольких щитков освещения. В этом случае щитки должны размещаться на расстоянии 30–60 м друг от друга при однофазных групповых линиях и до 100 м – при трехфазных.

Для управления освещением отдельных помещений должны предусматриваться выключатели, устанавливаемые внутри или снаружи этого помещения возле входной двери.

15. УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ

В электрической части проекта наряду с решением рассмотренных выше задач разрабатываются способы управления освещением, которые должны обеспечивать удобство эксплуатации, минимальные затраты времени включения (отключения) осветительной установки (ОУ), максимальное использование естественного света с учетом режимов работы технологического оборудования.

В настоящее время в практике эксплуатации ОУ применяются два основных способа управления освещением: местное и централизованное.

Под местным понимается управление легкодоступными для персонала выключателями, переключателями и другими простыми аппаратами управления, устанавливаемыми внутри освещаемых помещений, в большинстве случаев у входа. Местное управление применяется, как правило, в небольших помещениях, размеры которых экономически не оправдывают установку отдельных осветительных щитков.

В помещениях, не имеющих аварийного освещения, желательно даже при установке двух светильников предусматривать отдельное управление освещением по группам световых приборов с помощью сдвоенных или нескольких выключателей. Это позволяет

при недостатке естественного света обслуживать отключенные светильники при освещении остающимися включенными. Указанная рекомендация особенно важна для помещений без естественного освещения. Кроме того, раздельное управление рядами светильников дает возможность отключать те ряды (как правило, вдоль оконных проемов), где за счет естественного освещения создается требуемая освещенность. Такое техническое решение позволяет более рационально использовать электроэнергию на освещение.

В цехах промышленных предприятий, а также в помещениях, являющихся нормально проходами (например, галереи транспортеров), освещение постоянно включено при недостатке естественного света. Однако в протяженных помещениях, не являющихся постоянными проходами и посещаемых эксплуатационным персоналом эпизодически (галереи шинопроводов, кабельные и водопроводные туннели и т. п.), освещение должно включаться при входе и отключаться при выходе из них людей. При наличии нескольких входов управление освещением должно осуществляться независимо от каждого входа по так называемым коридорным схемам [8]. Эти схемы позволяют осуществлять управление от каждого входа независимо от положения коммутационных аппаратов у других входов. Такие коридорные схемы представлены на рис. 15.1.

Схема с транзитной фазой (рис. 15.1, б) не разрывает фазного провода L , что позволяет питать какую-либо нагрузку в конце линии.

При наличии более двух входов (рис. 15.1, в) у крайних входов применяются однополюсные двухпозиционные переключатели (без нейтрального положения), а у каждого из промежуточных входов – двухполюсные переключатели на два положения.

Коридорные схемы управления освещением примерно в два раза увеличивают расход проводников. При этом проводники могут иметь большое сечение, так как путь тока от начала линии до светильников возрастает, что необходимо учитывать при расчете сети по потере напряжения. В связи с этим в протяженных осветительных сетях со значительными электрическими нагрузками применяется схема, в которой управление светильниками осуществляется с помощью магнитного пускателя или контактора (рис. 15.2). Катушка пускателя (контактора) КМ управляется по коридорной схеме переключателями $SA1$ и $SA2$.

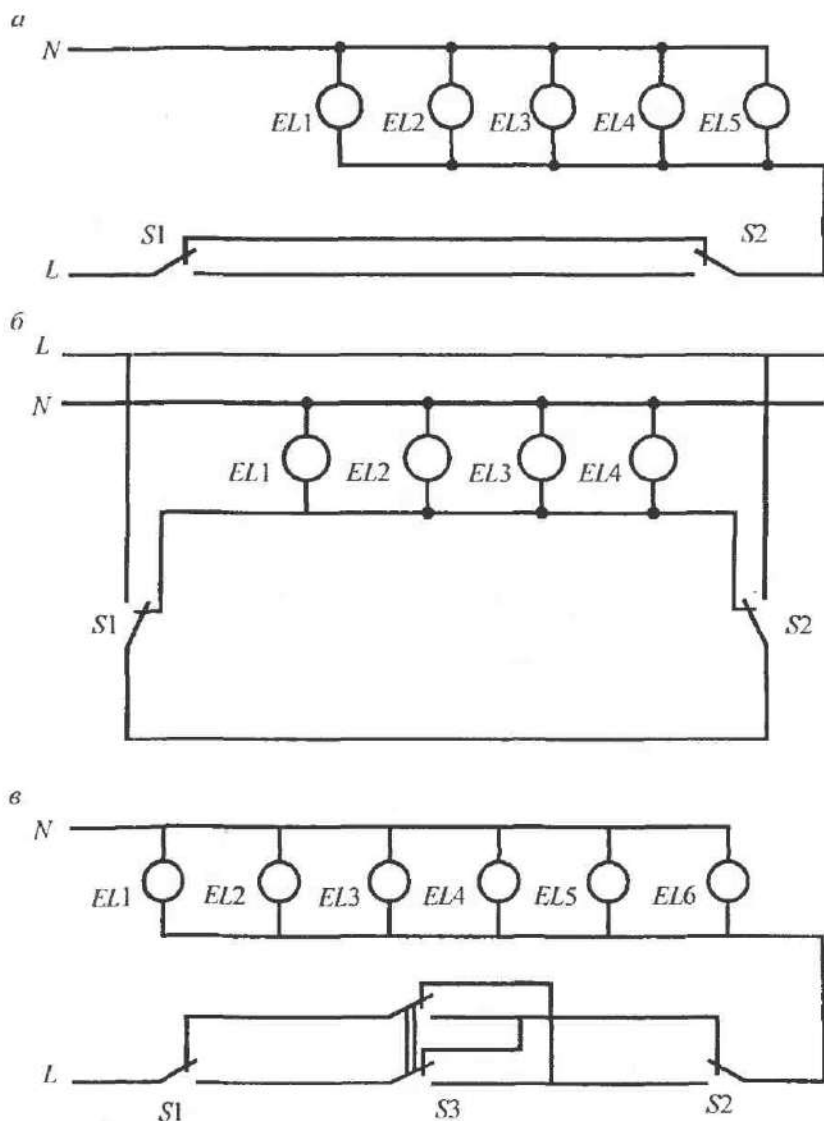


Рис. 15.1. Схемы управления освещением из нескольких мест
a – из двух мест; *б* – из двух мест с транзитной фазой; *в* – из трех мест;
 S1, S2 – однополюсные двухпозиционные переключатели; S3 – двухполюс-
 ный двухпозиционный переключатель; EL1 – EL6 – электрические лампы

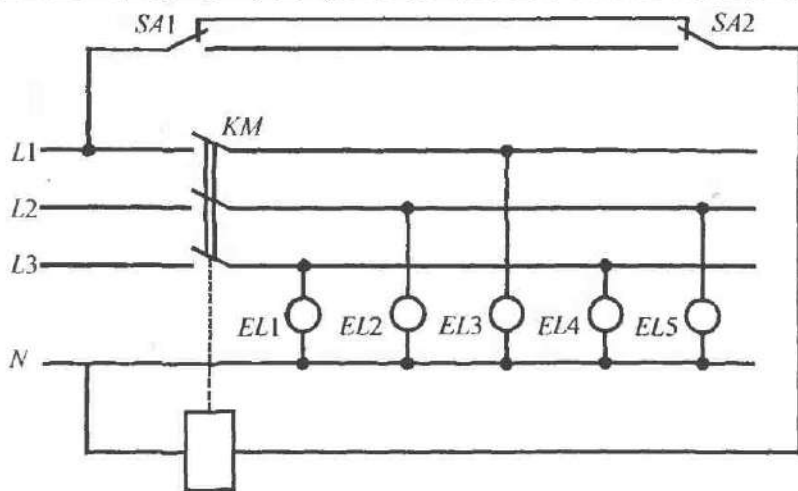


Рис. 15.2. Схема управления освещением с использованием магнитного пускателя

Под централизованным управлением понимается одновременное включение и выключение из одного места значительного числа светильников или всего освещения цеха, здания, помещения. Степень централизации, т. е. количество одновременно управляемых светильников, зависит от режимов работы технологического оборудования, в том числе от количества рабочих смен, удаленности от световых проемов различных зон освещаемого помещения и др.

Централизованное управление освещением может осуществляться с групповых щитков путем использования автоматических выключателей, защищающих групповые линии. При необходимости, когда позволяют условия, для управления освещением можно использовать вводные автоматы групповых или магистральных щитков [16].

В крупных производственных зданиях, где светильники системы общего освещения питаются от нескольких подстанций и по условиям производства допустимо централизованное управление, включать и отключать освещение отдельных участков зданий из многих мест нецелесообразно. В этом случае используют дистанционное управление общим освещением из одного места, в котором постоянно дежурит обслуживающий персонал. Управлять освещением можно, например, из пункта дежурного энергетического персонала предприятия, диспетчерского пункта, электромашинного

помещения, кабинета начальника цеха и т. д. Дистанционное управление осуществляется магнитными пускателями или контакторами, установленными на щитах станций управления или в шкафах управления и включенными в цепи линий питающей осветительной сети. При большом количестве управляемых объектов используются телемеханические системы управления. Передача управляющих сигналов может осуществляться по контрольным, телефонным кабелям и т. п. Для дистанционного управления целесообразно использовать телефонные кабели телеуправления. Дистанционное управление может быть ручным или автоматическим. Автоматическое дистанционное управление осуществляется при помощи специальных устройств, в которых используются реле времени, фотозлементы или фоторезисторы. Более перспективными являются фотоэлектронные автоматы, управляющие искусственным освещением в зависимости от уровня естественной освещенности. Могут также применяться системы автоматического управления осветительными установками, обеспечивающие отключение рядов светильников, расположенных параллельно окнам, в зависимости от уровня естественной освещенности.

При централизованном управлении освещением для снижения нерационального расхода электроэнергии целесообразно также составлять графики работы светильников общего освещения с учетом уровня естественной освещенности.

Централизованное управление осветительными установками жилых, общественных и административно-бытовых зданий предприятий осуществляется с помощью коммутационных аппаратов вводно-распределительных устройств (ВРУ). Для этого могут использоваться ВРУ, оснащенные блоками автоматического или диспетчерского управления освещением общедомовых помещений (коридоров, вестибюлей, холлов и др.).

В производственных, жилых и общественных зданиях могут применяться системы освещения с регулировкой светового потока люминесцентных ламп низкого давления, оснащенных электронными ПРА. Эти системы могут быть с автоматическим или ручным управлением.

Управление установками наружного освещения территорий предприятий целесообразно во всех случаях осуществлять централизованно. При этом их необходимо объединять в группы в зависимости от назначения и времени работы.

К первой группе относят установки наружного освещения территорий, предназначенных для осуществления технологического процесса, например открытые склады, где ведутся работы во вторую и третью смены; разгрузочные рампы и площадки; технологические площадки предприятий химической промышленности; железнодорожные станции и т. п.

Вторую группу составляют: светильники наружного освещения, установленные в открытых распределительных устройствах трансформаторных подстанций, светильники, обеспечивающие безопасность движения на тротуарах, автомобильных дорогах, а также световые ограждения высотных объектов и др.

В третью группу включают охранное освещение, светильники которого располагаются по периметру территории предприятия, на проходных и т. д.

Сети наружного и внутреннего освещения должны быть отдельными. Сеть наружного освещения, как правило, выполняется *отдельными линиями от подстанций*. *Разделение питания наружного и внутреннего освещения может осуществляться, начиная от вводного устройства в здании*. Прилегающие к зданию открытые площадки, склады и наружные технологические установки допускается питать от сети здания, но от отдельных щитков или, по крайней мере, групповых линий, управляемых совместно с остальным наружным освещением. Освещение погрузочно-разгрузочных рамп при зданиях, участков, расположенных под навесами, и входов может питаться совместно с внутренним освещением, причем освещение входов предпочтительно присоединять к сети аварийного освещения, постоянно включенной во время действия рабочего освещения.

В местах присоединения осветительной сети к источнику питания, т. е. щиту подстанции, ВРУ, а также к силовым магистралям или распределительным пунктам, должны устанавливаться аппараты защиты и управления [9]. Для группы линий одного вида освещения, отходящих от распределительных щитов или магистральных щитков, допускается применение общих аппаратов управления. На вводах в здания от воздушных линий или от подстанций, расположенных вне здания, следует предусматривать аппараты управления. На вводах также должны быть установлены аппараты защиты, кроме случаев питания здания отдельной линией, защищенной в ее начале, или наличия защиты в местах ответвления линий

питающей сети от магистрали. Установка аппаратов защиты нужна в начале стояков жилых, общественных и административно-бытовых зданий, обслуживающих не менее трех этажных щитков (кроме случая питания стояка отдельной линией с защитой в ее начале).

Наличие аппаратов управления на вводах в групповые щитки позволяет при ремонтных работах отключать весь щиток, но увеличивает количество электрических аппаратов. Поэтому рекомендуется [1] устанавливать эти аппараты в случае, когда к магистральной линии присоединено не менее четырех, а в зданиях без естественного освещения – не менее трех щитков.

В сетях 400/230 В и 690/400 В, имеющих заземленную нейтраль, должны включаться (отключаться) все фазные провода, т. е. в трехпроводных линиях и ответвлениях, состоящих из фазного и нулевых рабочего и защитного проводников, обычно применяются однополюсные аппараты (кроме помещений класса В-I, где в однофазных группах необходимы двухполюсные аппараты, отключающие фазный и нулевой рабочий проводники). В трехфазных группах возможно несколько подходов к решению данного вопроса. Если эти группы питают только однофазные электроприемники, то фазные провода могут включаться (отключаться) совместно (трехполюсными выключателями) и отдельно (однополюсными выключателями). Последний вариант является более предпочтительным, поскольку позволяет отключать при необходимости только часть светильников и облегчает поиск отказавших участков сети, так как при однофазных коротких замыканиях автоматически отключается только поврежденная цепь.

16. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Обслуживание осветительных установок заключается в своевременной чистке светильников, окон и световых проемов, в проведении планово-предупредительных ремонтов, замене перегоревших ламп и других вышедших из строя комплектующих элементов световых приборов.

Для осуществления этих операций используют соответствующие технические устройства, позволяющие осуществлять доступ к высоко расположенным световым приборам.

При выполнении работ на высоте до 5 м широко используют лестницы-стремянки. На высоте до 9 м можно применять передвижные алюминиевые подмости, состоящие из четырех секций. При полностью выдвинутых секциях подъем настила четвертой секции составляет 8,3 м. Нижняя секция подмостей опирается на колеса, поэтому ее можно либо передвигать вручную (на короткие расстояния), либо буксировать.

Доступ к светильникам может осуществляться с помощью грузоподъемных кранов, оборудованных приспособлениями для безопасного обслуживания. Для обслуживания осветительных приборов в высокопролетных производственных зданиях используют самоходную шарнирную двухсекционную вышку, снабженную на верхнем конце люлькой и предназначенную для работ на высоте до 19 м. При расположении светильников на высоте от 9 до 38 м для их обслуживания могут применяться автоподъемники.

В производственных помещениях, оборудованных мостовыми кранами, участвующими в круглосуточном производственном процессе, а также в бескрановых пролетах, в которых доступ к осветительным приборам с помощью напольных и других передвижных средств невозможен или затруднен, применяются специальные стационарные мостики, выполняемые из несгораемых материалов.

При подвеске светильников на тросах с опускаемыми приспособлениями доступ к светильникам упрощается при некотором усложнении конструктивного исполнения осветительной сети.

Для экономии электроэнергии большое значение имеет правильная эксплуатация осветительных установок. В процессе работы осветительные приборы загрязняются, что ухудшает освещенность помещений, а лампы снижают световую отдачу. Поэтому на предприятиях должны разрабатываться и выполняться планы и графики осмотров, чисток светильников и замены выработавших свой ресурс ламп. Четкое и своевременное выполнение указанных мероприятий позволяет уменьшить число включаемых ламп и тем самым снизить расход электроэнергии. Для люминесцентных ламп целесообразно применять групповой способ замены, при котором лампы заменяются по истечении примерно 80 % средней продолжительности горения, даже если они сохраняют работоспособность. Это способствует поддержанию требуемого уровня освещенности, особенно в помещениях со сложными зрительными работами.

Исправные демонтированные лампы могут использоваться во вспомогательных помещениях.

Групповой способ замены эффективен лишь для относительно недорогих источников света, какими являются люминесцентные лампы низкого давления. Лампы типа ДРЛ или ДРИ вследствие их большой стоимости целесообразно заменять индивидуальным способом.

В процессе эксплуатации осветительных установок с газоразрядными лампами могут выходить из строя конденсаторы компенсированных ПРА. Это приводит к снижению коэффициента мощности осветительных приборов, увеличению тока нагрузки и, следовательно, потерь электроэнергии в электрических сетях. Поэтому необходимо осуществлять регулярный контроль токовых нагрузок осветительных установок и при необходимости производить замену отказавших конденсаторов.

Одним из условий рационального потребления электроэнергии является поддержание уровней напряжения в осветительной сети в допустимых пределах ($0,95-1,05 U_{ном}$). При повышенном напряжении имеет место перерасход электроэнергии и значительное уменьшение средней продолжительности горения лампы. Снижение напряжения приводит к уменьшению их светового потока и потребляемой мощности. В связи с этим актуальным вопросом эксплуатации осветительных установок является систематический контроль уровня напряжения, подводимого к световым приборам.

Важным вопросом эксплуатации, значение которого трудно переоценить, является очистка ламп светильников от пыли и грязи. Загрязнение светильников резко уменьшает их коэффициент полезного действия и ведет к искажению кривой силы света светильников определенных типов. Чистка светильников может производиться на месте их установки или на участке мойки и чистки светильников в мастерской. Примерно в половине случаев удаление загрязнений осуществляется сухой протиркой или обдуванием, в остальных случаях для этой цели применяется вода, моющие и другие средства очистки.

Кроме очистки светильников в светотехнической мастерской должен производиться их текущий ремонт, включающий замену патронов, держателей стартеров и других элементов, а также проверка работоспособности пускорегулирующих аппаратов.

В газоразрядных лампах содержится в небольшом количестве ртуть (в лампах типа ДРЛ – от 25 до 165 мг, а в люминесцентных лампах

низкого давления — от 60 до 120 мг). Она имеется также в металлогалогенных лампах, натриевых лампах высокого давления и компактных люминесцентных лампах. Ртуть является одним из наиболее токсичных химических элементов. Она вызывает не только острые отравления, но и при относительно малых дозах накапливается в организме и может приводить к серьезным нарушениям психики человека и токсическим нарушениям функций жизненно важных органов человека (почек, печени, сердца и т. д.). Опасность ртути заключается в том, что она обладает высокой летучестью и может испаряться даже сквозь толстый слой воды. Естественно, что разбитые газоразрядные лампы являются источником ртутных загрязнений. Предельная концентрация в рабочей зоне паров ртути не должна превышать $0,01 \text{ мг/м}^3$. Демеркуризация (извлечение ртути) [8] в пределах рабочей зоны включает в себя механическую очистку загрязненных мест от видимых шариков ртути, химическую обработку загрязненных поверхностей и влажную уборку с целью удаления продуктов реакции ртути с химическими веществами. Механическую очистку производят стеклянными ловушками, оснащенными резиновыми грушами. Мелкие капельки ртути с гладких поверхностей удаляют влажной фильтрованной или газетной бумагой. При попадании ртути в щели ее извлекают при помощи полосок или кисточек из белой жести, медной или латунной проволоки или других хорошо соединяющихся с ртутью металлов. Химическая обработка основана на окислении ртути. Одним из наиболее простых и надежных является метод, использующий взаимодействие ртути с 20 %-ным водным раствором хлорида железа. Поверхность, подлежащая обработке, обильно смачивают указанным раствором и несколько раз протирают щеткой, а затем оставляют до полного высыхания, после чего поверхность тщательно промывают мыльным раствором, а затем чистой водой. При этом следует иметь в виду, что раствор хлорида железа вызывает сильную коррозию металла.

Еще одной серьезной проблемой является утилизация отработавших и отбракованных газоразрядных ламп. Вывоз их на свалки или захоронение на специальных полигонах может вызвать ртутное заражение почвы и подземных вод. На сегодняшний день наиболее прогрессивным способом утилизации газоразрядных ламп является их централизованный сбор с последующей демеркуризацией на специальных установках. Отработавшие и отбракованные

ртутные лампы подвергают термической демеркуризации на специальных установках, в которых могут перерабатываться разрядные лампы как низкого, так и высокого давления. Отметим, что такая демеркуризация требует значительных энергозатрат и является дорогостоящим мероприятием. Однако с позиций охраны окружающей среды она необходима даже при экономической невыгодности.

17. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Основы рационального использования электроэнергии в осветительных установках закладываются при их проектировании. Следует применять наиболее экономичные источники света. Важнейшим показателем экономичности электрических ламп является световая отдача, которая повышается с увеличением номинальной мощности для всех типов ламп (табл. 17.1).

Таблица 17.1

Сравнительные характеристики ламп общего назначения

Тип ламп (источника света)	Номинальная мощность, Вт	Средняя продолжительность горения, ч	Световая отдача, лм/Вт
Лампы накаливания	15–1500	1000	10–20
Люминесцентные лампы низкого давления	7–80	6000–15000	35–104
Дуговые ртутные лампы типа ДРЛ	125–2000	12000–20000	40–60
Металлогалогенные лампы типа ДРИ	125–3500	3000–10000	55–100
Натриевые лампы высокого давления типа ДНаТ	50–1000	10000–20000	80–125
Ксеноновые трубчатые лампы	2000–50000	400–1350	20–50

Энергоэкономичные люминесцентные лампы (см. табл. 5.4) мощностью 18, 36 и 58 Вт для создания одной и той же освещенности потребляют на 7–8 % меньше электроэнергии по сравнению с обычными люминесцентными лампами мощностью 20, 40 и 65 Вт.

В целях экономии энергоресурсов в осветительных установках следует использовать преимущественно газоразрядные лампы [2]. При замене ламп накаливания на люминесцентные лампы низкого давления расход электроэнергии снижается примерно на 55 %; на лампы типа ДРЛ – на 40 %; на лампы типа ДРИ – на 65 %. При этом в обоснованных случаях следует отдавать предпочтение разрядным лампам большей единичной мощности при соблюдении необходимого качества освещения. Применение вместо ламп накаливания компактных люминесцентных ламп позволяет сэкономить до 70 % электроэнергии.

Существенное снижение (до 40 %) затрат электроэнергии на освещение территорий предприятий, улиц, дорог и площадей дает применение вместо ламп типа ДРЛ натриевых ламп высокого давления типа ДНаТ.

Экономия электроэнергии за счет замены ламп с установленной мощностью $P_{ном1}$ на более эффективные лампы с установленной мощностью $P_{ном2}$, обеспечивающие требуемое качество освещения, определяется по формуле

$$\Delta W_0 = K_c \cdot (K_{ПРА1} \cdot P_{ном1} - K_{ПРА2} \cdot P_{ном2}) \cdot T_{МО}, \quad (17.1)$$

где $K_{ПРА1}$ и $K_{ПРА2}$ – коэффициенты, учитывающие потери в ПРА соответствующих ламп;

$T_{МО}$ – годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки.

Для достижения рационального расхода электроэнергии на освещение необходимо правильно выбрать схему освещения, тип, число и мощность ламп, типы применяемых светильников, а также оптимально разместить их в помещениях.

В процессе эксплуатации в светильниках следует применять лампы, предусмотренные в проектах и соответствующие нормам освещенности. Завышение установленной мощности осветительных приборов приводит к повышению тока нагрузки и, следовательно, температуры нагрева проводников, что может иметь негативные последствия, а также к неоправданному перерасходу электроэнергии, определяемому по выражению

$$\Delta W_0 = K_{со} \cdot K_{ПРА} \cdot (P_{ф0} - P_{но}) \cdot T_{МО}, \quad (17.2)$$

где $P_{\text{фс}}$ – фактическая мощность ламп;

$P_{\text{но}}$ – установленная мощность ламп, предусмотренная проектом или необходимая для обеспечения нормированной освещенности.

Относительная экономия (или перерасход) электроэнергии, получаемая при использовании вместо одного источника света (1) другого (2), может быть определена по выражению

$$\Delta W \% = \left(1 - \frac{K_{\text{ПРА}2} \cdot E_2 \cdot C_2 \cdot K_{\text{з}2} \cdot H_1}{K_{\text{ПРА}1} \cdot E_1 \cdot C_1 \cdot K_{\text{з}1} \cdot H_2} \right) \cdot 100 \%, \quad (17.3)$$

где E_1 и E_2 – нормируемые уровни освещенности для осветительных установок с источниками света 1 и 2;

C_1 и C_2 – отношение минимальной расчетной освещенности к нормированной для источников света 1 и 2 ($0,9 \leq C \leq 1,2$);

$K_{\text{з}1}$ и $K_{\text{з}2}$ – коэффициенты запаса в осветительных установках с источниками света 1 и 2 (см. табл. 2.1);

H_1 и H_2 – световая отдача источников света 1 и 2.

Положительное значение ΔW % соответствует экономии, отрицательное – перерасходу электроэнергии.

При одинаковых значениях расчетных коэффициентов и уровня освещенности выражение (17.3) приобретает вид

$$\Delta W \% = \left(1 - \frac{H_1}{H_2} \right) \cdot 100 \%. \quad (17.4)$$

Весьма важно для экономии энергоресурсов применять световые приборы с высоким значением коэффициента полезного действия. Отметим, что его значение лежит в диапазоне от 46 до 88 % (см. табл. 6.3–6.7, 6.8–6.13).

Применение электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) оказывается экономически выгодным за счет получаемой экономии электроэнергии. Если потери мощности в электромагнитных ПРА составляют не менее 15 % от мощности ламп, то потери в ЭПРА – не более 10 %. ЭПРА обеспечивают получение переменного напряжения частотой свыше 30 кГц, что приводит к увеличению световой отдачи люминесцентных ламп. Поэтому при равном световом потоке светильники с ЭПРА потребляют меньшую мощность, что и определяет их экономичность.

Еще одним ресурсом энергосбережения в осветительных установках является максимальное использование естественного освещения,

что достигается применением автоматического управления осветительными установками в функции освещенности помещения или по заданной программе, что снижает расход электроэнергии на 5–15 %.

Для сокращения продолжительности включения ламп могут применяться системы управления осветительными установками, обеспечивающие отключение рядов светильников, расположенных параллельно окнам, в зависимости от уровня естественной освещенности. Снизить время использования установок искусственного освещения в помещениях зданий, имеющих большую площадь остекления, можно путем регулярного (не менее двух раз в год) мытья стекол, что приводит к экономии электроэнергии до 3 %.

Также до 3 % экономии электроэнергии можно получить за счет выполнения регламентированных [2] периодических очисток светильников от пыли и грязи на месте установки или в мастерской (не менее 18 очисток в год в наиболее пыльных помещениях, 6 – в помещениях со средним выделением пыли, 4 – в помещениях с невысоким уровнем запыленности и на территории пыльных производств, 2 – на территории городов и непыльных производств), а также поддержанием в чистоте световых проемов окон, фонарей и т. п.

Благоприятно влияет на использование осветительных установок своевременная и надлежащая окраска колонн, ферм, стен, потолков и производственного оборудования в светлые тона.

Одним из условий рационального расходования электроэнергии является поддержание уровней напряжения в осветительной сети в допустимых пределах ($0,95 U_{\text{НОМ}} - 1,05 U_{\text{НОМ}}$).

В зависимости от напряжения U потребляемая мощность P ламп освещения может быть определена по следующим эмпирическим выражениям [12]:

а) для ламп накаливания:

$$P = P_{\text{НОМ}} \cdot \left(\frac{U}{U_{\text{НОМ}}} \right)^{1,58}, \quad (17.5)$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – активная мощность, потребляемая лампой при номинальном напряжении $U_{\text{НОМ}}$;

б) для люминесцентных ламп низкого давления (в комплекте с пускорегулирующими аппаратами):

$$P = P_{\text{НОМ}} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot (U - U_{\text{НОМ}})}{U_{\text{НОМ}}} \right); \quad (17.6)$$

в) для ламп типа ДРЛ (в комплекте с пускорегулирующими аппаратами):

$$P = P_{\text{ном}} \cdot \left(2,43 \cdot \frac{U}{U_{\text{ном}}} - 1,43 \right) \quad (17.7)$$

В табл. 17.2 приведены результаты расчетов по выражениям (17.5) – (17.7), показывающие, на сколько увеличивается потребление активной мощности световыми приборами при повышении напряжения по отношению к $U_{\text{ном}}$ для различных источников света.

Таблица 17.2

Увеличение потребляемой мощности ламп освещения при повышении напряжения

Повышение напряжения, %	Повышение потребляемой мощности, %		
	Лампы накаливания	Люминесцентные лампы	Лампы типа ДРЛ
1	1,6	2,0	2,4
2	3,2	4,0	4,9
3	4,7	6,0	7,2
5	8,0	10,0	12,2
7	11,3	14,0	17,0
10	16,3	20,0	24,3

Данные табл. 17.2 показывают, что для экономии электроэнергии необходимо по возможности понижать эксплуатационное напряжение, поддерживая его величину в допустимых пределах (не ниже $0,95 U_{\text{ном}}$). Для снижения уровней напряжения в осветительных сетях применяются специальные тиристорные ограничители напряжения.

Отметим, что повышение напряжения существенно снижает срок службы источников света (табл. 17.3).

Таблица 17.3

Снижение срока службы источников света при повышении напряжения

Повышение напряжения, %	Средний срок службы ламп, %	
	Лампы накаливания	Газоразрядные лампы
0	100	100
1	87,1	95
2	75,8	93
3	66,2	90
5	50,5	85
7	38,7	80
10	28	73

Для энергосбережения важным является поддержание рационального режима эксплуатации осветительных установок, обеспечивающего включение искусственного освещения в тех местах, где это необходимо в требуемое время. Этому способствует оптимальное размещение световых приборов и рациональное построение осветительной сети с использованием аппаратов управления, обеспечивающих включение (отключение) требуемого количества светильников. Кроме обычных коммутационных аппаратов могут использоваться специальные приборы, обеспечивающие регулирование светового потока источника света в заданном диапазоне. При этом могут использоваться системы с ручным или автоматическим управлением в зависимости от уровня естественного освещения. Отметим, что существуют ЭПРА, содержащие устройства для регулирования светового потока люминесцентных ламп. За счет регулирования светового потока в функции уровня освещенности достигается экономия электроэнергии до 50 % от общего расхода в осветительных установках.

18. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТОВ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Планы расположения электрооборудования выполняют с учетом требований ГОСТ 21.608–84. На планы расположения наносят и указывают:

- ◆ строительные конструкции в виде упрощенных контуров сплошными линиями;
- ◆ наименования помещений;
- ◆ классы взрыво- и пожароопасных зон, категорию и группу взрывоопасных смесей для взрывоопасных зон по ПУЭ;
- ◆ нормируемую освещенность для каждого помещения;
- ◆ тип, мощность, высоту подвеса и расположение светильников или рядов светильников с привязкой к элементам строительных конструкций или координатным осям здания (сооружения);
- ◆ комплектные распределительные устройства на напряжение до 1 кВ, относящиеся к питающей сети (распределительные щиты, щиты станций управления, распределительные ящики и шкафы управления, вводно-распределительные устройства), и их обозначения;

- ◆ групповые щитки и их обозначения;
- ◆ понижающие трансформаторы;
- ◆ выключатели, штепсельные розетки (в жилых домах – включая розетки для электроплит и других бытовых электроприемников);
- ◆ линии питающей, групповой сети и сети управления освещением, их обозначения, сечения, а при необходимости – марку и способ прокладки;
- ◆ другое электрооборудование, относящееся к электрическому освещению.

Кроме того, на планах расположения электрооборудования следует указывать количество проводов (жил кабеля) на участках между элементами системы освещения и фазу, к которой подключается данный осветительный прибор (при трехфазной групповой сети).

Порядок записи условных обозначений на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения по ГОСТ 21.608–84 приведен в табл. П4.1 приложения 4. Пример оформления плана расположения электрооборудования для производственного здания приведен на рис. П5.1 приложения 5.

При наличии в здании одинаковых по размеру помещений (участков помещений) с одинаковыми техническими решениями освещения электрическое оборудование, электрические сети и другие элементы на планах расположения допускается изображать не для всех, а для части помещений. Допускается также приводить фрагменты планов расположения для отдельных типовых помещений.

Принципиальные схемы питающей сети, схемы дистанционного управления и схемы подключения комплектных распределительных устройств на напряжение до 1 кВ выполняют в однолинейном изображении в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на выполнение электротехнических схем и с требованиями ГОСТ 21.608–84.

Принципиальные схемы питающей сети допускается выполнять с учетом расположения электрического оборудования по частям и этажам здания. Пример оформления принципиальной схемы питающей сети и групповой сети объекта в однолинейном изображении приведен на рис. П5.1 – П5.3 приложения 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
2. СНБ 2.04.05–98. Естественное и искусственное освещение. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 1998. – 59 с.
3. Электроустановки зданий. Основные положения ГОСТ 30331.1–95 (МЭК 364-2–70).
4. Электроустановки зданий. Основные положения. Ч. 3. Основные характеристики. ГОСТ 30331.2–95 (МЭК 364-3–93).
5. Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНиП II-4–79) / НИИСФ. – М.: Стройиздат, 1985. – 384 с.
6. Электроустановки жилых и общественных зданий: П2–2000 к СНиП 2.08.01–89. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2001. – 77 с.
7. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий: СН 357–77. – М.: Стройиздат, 1977. – 96 с.
8. Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
9. Кнорринг Г. М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 288 с.
10. Лукина Т. О., Тульчин И. К. Освещение предприятий бытового обслуживания. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 88 с.
11. Оболенцев Ю. Б., Гиндин Э. Л. Электрическое освещение общепромышленных помещений. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
12. Радкевич В. Н. Проектирование систем электроснабжения. – Минск: НПООО «Пион», 2001. – 292 с.
13. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю. Г. Барыбина, Л. Е. Федорова, М. Г. Зименкова, А. Г. Смирнова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
14. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
15. Тульчин И. К., Нудлер Г. И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 480 с.

16. Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
17. Козловская В. Б., Радкевич В. Н., Садукевич В. Н. Электрическое освещение. Учебное пособие. – Минск: БНТУ, 2005. – 166 с.
18. Рохлин Г. Н. Разрядные источники света. Изд. 2-е, перераб. и дополн. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 719 с.
19. Электр люминесцентные источники света / И. К. Верещагин, Б. А. Ковалев, Л. А. Косяченко, С. М. Кокин. Под ред. И. К. Верещагина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 168 с.
20. Епанешников М. М. Электрическое освещение: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. завед. – М.: Энергия, 1973. – 352 с.
21. Кириленко А. И., Чернявский С. Н. Светоизлучающие диоды – перспективные твердотельные источники света, – «Энергия и Менеджмент». 2004. № 3. – С. 20.
22. Герсонская В. И. Таблицы удельной мощности для светильников прямого света с типовыми кривыми силы света. – Светотехника. 1986. № 8. – С. 19–22.
23. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю. Г. Барыбина, Л. Е. Федорова, М. Г. Зименкова, А. Г. Смирнова. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
24. Стандартные напряжения. ГОСТ 29322–92 (МЭК 38–83).

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- А**
 Амальгама, 56
 Аппарат пускорегулирующий, 44
 Аппараты защиты, 148
- Б**
 Блескость, 19
- В**
 Вид крепления светильников, 78
 Выключатель автоматический, 147, 176
 Выход квантовый, 61
- Д**
 Демеркуризация, 199
 Диммер, 63
 Долговечность, 98
 Доступ к светильникам, 197
- И**
 Избирательность защиты, 147
 Излучение
 – инфракрасное, 8
 – ультрафиолетовое, 8
 Индекс цветопередачи, 14
 Изолюксы
 – линейные, 129
 – пространственные, 123
 Индекс помещения, 107
- З**
 Замена ламп, 197
 Защита от сверхтоков, 149
 Зона
 – взрывоопасная, 25
 – пожароопасная, 23
- К**
 Кабели, 140
 Коллорчейнджер, 63
 Контроллер, 63
- Коэффициент полезного действия
 – светильника, 75
 – светодиода, 61
- Коэффициент
 – дополнительной освещенности, 21
 – запаса, 20
 – использования светового потока, 107
 – мощности, 50, 156
 – приведения моментов нагрузки, 166
 – поправочный на фактические условия прокладки проводников, 157
 – пульсации, 15
 – спроса, 150
- Кривая силы света, 75
- Л**
 Лампа
 – амальгамная, 98
 – галогенная, 36
 – накаливания, 35
 Линия светящая, 128
 Люминесценция, 40
 Люминофор, 41, 49
- М**
 Момент
 – нагрузки, 164
 – приведенный, 166
 Мощность удельная, 112, 154
- Н**
 Нагрузка расчетная, 150, 155
 Надежность, 10
- О**
 Освещение

- аварийное, 16
- дежурное, 18
- общее, 18
- охранное, 18
- рабочее, 16
- Освещенность, 12
- Отдача световая, 15
- П**
- Потеря напряжения, 163
- Поток световой, 11
- Прибор световой, 74
- Провода изолированные, 138
- Проводники нулевые, 167
- Проектор, 74
- Прожектор, 74
- Р**
- Ремонт светильников, 198
- Ртуть, 198
- С**
- Светильник, 74
- Светодиод, 58
- Светораспределение, 74
- Сеть
 - групповая, 132
 - питающая, 132
- Сила света, 10
- Снижение пульсаций светового потока, 137
- Способ крепления светильников, 76
- Схема коридорная, 191
- Схемы включения люминесцентных ламп, 45
- Т**
- Температура цветовая, 14, 68
- Ток
 - длительно допустимый, 157
 - пиковый, 147
- Трансформатор осветительный, 133
- У**
- Угол
 - защитный, 76
 - телесный, 11
- Управление
 - автоматическое, 194
 - дистанционное, 193
 - местное, 190
 - централизованное, 193
- Утилизация ламп, 199
- Ф**
- Фотолюминесценция, 40
- Ц**
- Цветность излучения, 14
- Цикл вольфрамо-галогенный, 36
- Ч**
- Чистка светильников, 197
- Ш**
- Шинопровод осветительный, 144
- Щ**
- Щитки групповые, 189
- Э**
- Экономия энергоресурсов, 201
- Электролюминесценция, 40
- Электропроводки, 141
- Эффект стробоскопический, 64
- Я**
- Яркость, 13

Приложение 1
Таблица П.1
Характеристика производственных объектов и рекомендуемые для них осветительные приборы

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
ЭЛЕКТРОЦЕНТРИКА						
Электростанции: а) машинные залы б) котельные в) подвалы г) подстанции	200	Норм.	4-8	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
	100 (75)	Пыльная, жаркая	4-8	IP20, IP54, Р60	К, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, РСП 05, РСП 13, РСП 14, РСП 18, (НСП 17)
	50 (30)	Сырая	2,5-4	IP54	М, Д	ЛСП 18, РСП 21, РПП 01, (НПП 03)
	100	Норм.	4-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08
	75	Вне помещений	6-11	IP53, IP54	Ш	РКУ 02, РКУ 03, ЖКУ 01, ЖКУ 13
НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Нефтеперерабатывающие станции: насосные залы	150 (100)	В-Ia	6-9	ExdIICT 4, 5, 6 2ExdIICT 2, 4, 5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установок, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ И НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Машинные залы насосных, помещения скрубберов, охладителей, абсорберов, змеевиков	150 (100)	В-Ia	6-9	1ExdeIICT	M	H4T4Л, H4T5Л B3Г-100, HСП 23
				2ExdeIICT 2, 4, 5		
Внешние установки: а) оборудование на площадках, эстажерках	10 (5)	В-Iг	6-11	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 2	M	H4T4Л, H4T5Л, (B3Г-100, HСП 23)
				2ExdeIICT 2, 4-6		
				1ExdeIICT 2, 4-6		
б) сливно-наливные эстакады в) склады нефтепродуктов	75 (50)	В-Iг	6-11	1ExdeIICT 2, 4-6	M	H4T4Л, H4T5Л, (B3Г-100, HСП 23)
				2ExdeIICT 2, 4-6		
ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Компрессорные	150 (100)	В-Ia	6-9	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 2, 4, 5	M	H4T4Л, H4T5Л, (B3Г-100, HСП 23)
				2ExdeIICT 2, 4, 5		

1 ОРНО-ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Подземные выработки шахт	75 (50)	В-1а	2-3	РВ, 1ВА	М	ЛСР 01-20.05, (СШС 1, 1М, СШС 2.1М, НСР 01)
Обогатительная фабрика	200 (150)	Химически активная	3-6	IP54	Д, Г	ЛСП 10, РСП21, РСП 25, РПП 01, (НПП 03, НСП 11, НСР 01)
ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Производство жидких моющих, чистящих средств, химикалий, олифы, красок	150 (100)	В-1а	4-7	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 2, 4, 5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
	200	П-II	4-7	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
	200	П-II	4-7	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
Цех синтетических моющих порошков	200 (150)	В-II	4-7	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 2, 4, 5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
	200	Норм.	4-7	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
	200 (150)	В-1а, П-II	4-7	IP53, IP54,	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, (НСР 01)
Производство пластмасс	200 (150)	В-1а, В-II	4-7	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 4, 5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)

Продолжение табл. П1.1

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
Производство резиновых технических изделий: а) подготовительный цех б) автоклавный цех в) цех вулканизации г) сборочный цех	150	П-П	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
	150	П-П	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
	200	П-П	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
	200	П-П	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО						
Сталеплавильные цеха	200	Пыльная, жаркая	12-30	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13, РСР 25
Цеха горячего проката	200	Пыльная, жаркая	12-18	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13
Цеха холодного проката	200	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСР 13, РСР 25

Литейные цеха:									
а) смесеприготовительное отделение	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25			
б) стержневое и формовочное отделение	300	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25			
в) плавильно-заливочное отделение	200	Льдьяная, жаркая	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25			
г) отделение выбивки форм	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25			
д) отделение обрубки и очистки литья	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25			
МАШИНОСТРОЕНИЕ И СТАНКОСТРОЕНИЕ									
Механические, инструментальные и электромонтажные цеха	300	Норм.	3,5-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18			
Ремонтно-механические цеха	400	Норм.	3,5-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18			
Кузнечные, штамповочные цеха	200	Пыльная	12-18	IP50, IP53	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, ПВЛМ			
Сварочные цеха	200	Пыльная	12-18	IP50, IP53	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, ПВЛМ			
Гальванические цеха	300 (200)	Сырая, хим. активная	4-10	IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, РСП 13, РПП 01, (НПП 03)			
Участок шлифовки, полировки	300	Пыльная	4-6	IP50, IP53	Д, Г, К	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, ПВЛМ			

Продолжение табл. П1.1

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
Окрасочные цеха	200 (150)	В-1а	6-12	1Exdell СТ4, 5, 6 2ExdellСТ 2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
Сборочные цеха: а) точная сборка	750	Норм.	4,2-7	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
б) сборка средней точности	300	Норм.	7-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
в) сборка малой точности	200	Норм.	7-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Отделение лесопильное, машинной обработки древесины, обработки фанеры, дерево-стружечных плит	200	П-II	4,8-7,2	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
Участки сборки столярных изделий	300	П-II	4,8-7,2	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСП 13, РСП 25

Отделения шлифовки и полировки деревянных деталей и изделий	500 (300)	В-IIa	4,8-7,2	IP64, IP65, 2ExdIICT,3	М, Д, Г	ЛСП 18, (НПП 03, ВЗГ/В4А, Н4Б)
Отделения покрытия изделий лаком	300 (200)	В-Ia	4,8-7,2	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 2, 4, 5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
ЦЕЛЛЮЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Размольно-подготовительное отделение целлюлозы	200	П-IIa Влажная	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСЛ 08, РСЛ 21
Отделение бумажно-и картонно-производительных машин	300	П-II	6-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСЛ 08, РСЛ 21
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Цеха переработки мяса, молока, овощей, фруктов	200 (150)	Сырая	4-7	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСЛ 08, РСЛ 21, (НСЛ 21, НСР 01)
Мукомольно-крупяное производство, изготовление сахара, чая	200 (150)	В-II	4-7	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT 2, 4, 5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (ВЗГ-100, НСП 23)
Булочно-кондитерское производство	300	П-IIa	4-6	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 18, ЛСП 22, ЛВП 04, РСЛ 08, РСЛ 21
Камеры охлаждения, заморозки и хранения пищевых продуктов	(75)	Влажная	4-6	IP53, IP54	М, Д	(НПП 03, НСР 01)

Продолжение табл. 111.1

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Текстильное и трикотажное производство: а) приготовительный цех	100	П-11	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
	150	П-11	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
в) крутильный, ровничный цех	300	П-11	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
	300	П-11	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
д) ткацкий цех	500	П-11	4,8-6	IP54	М, Д	ЛСП 18, ЛВП 06
	200	П-1а, влажная	6-7,2	IP54	М, Д	ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
ж) печатный и отделочный цех	300	П-1а	6-7,2	IP54	М, Д	ЛСП 18, РСП 13, РСП 25

з) вязальный цех	500	П-П	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
Швейные фабрики: а) раскройный цех	600	П-IIa	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
б) пошивочный цех	750	П-IIa	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
в) гладильный цех	200	П-IIa	4,8-6	IP54	М, Д	ЛСП 18, ЛВП 06
Производство обуви: а) участок раскройки низа обуви	150	П-IIa	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
б) участок раскройки верха обуви	300	П-IIa	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
в) участок пошива обуви	300	П-IIa	4,8-6	IP53	М, Д	ЛСП 18, ЛСП 22
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ						
Цементное, кирпичное производство	75	Пыльная	4-8	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ЛВП 1М, РСР 13, РСР 21, РСР 25
Производство железобетонных конструкций	200	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ЛВП 1М, РСР 13, РСР 21, РСР 25
Арматурный цех	150	Пыльная	6-12	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ЛВП 1М, РСР 13, РСР 21, РСР 25
Производство строительного стекла, фаянса	200	Пыльная, жарокая	4-8	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ЛВП 1М, РСР 13, РСР 21, РСР 25

Продолжение табл. П.1.1

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
Производство строительной керамики	150	Пыль-жаркая	4-8	IP50, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, ПВЛМ, РСП 13, РСП 21, РСП 25
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ						
Механические цеха	300	Норм.	3,2-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05
Термические цеха	200	П-Ia, хим. активная	3,2-6	IP53, IP54, IP62	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
Цеха печатных плат	300	П-IIa, хим. активная	3,2-4,5	IP53, IP54, IP62	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
Электромонтажные, сборочные цеха	500	Норм.	3,2-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Производство силовых трансформаторов, высоковольтной аппаратуры: а) штамповочно-сварочные цеха, изготовление обмоток, механосборочные цеха	300	Норм.	6-20	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18

б) участок пропитки, заливки и сушки	150 (100)	В-1а, хим. активная	3,6-7,2	1ExdelICT 4,5,6 2ExdelICT 2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100)
	150 (100)	В-1б, хим. активная	3,6-7,2	1ExdelICT 4,5,6 2ExdelICT 2,4,5	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100)
Производство низковольтной аппаратуры, электрических машин, источников света: а) слесарные, сборочные цеха	400	Норм.	3,6-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
	300	Норм.	3,6-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
в) изготовление сердечников	200	Пыльная	4,5-15	IP53, IP54	Д, Г	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
г) участок сборки ламп	400	Норм.	3,4-7,2	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ						
Склады: а) склады крупногабаритных предметов и сыпучих материалов	75	Норм.	8-18	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18

Продолжение табл. П1.1

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
б) инструментальные, материальные склады	75	П-IIа	4-8	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 04, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
	75	Норм	4-8	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
в) склады легковоспламеняющихся жидкостей	75 (30)	В-II	4-6	1ExdeIICT 4, 5, 6 2ExdeIICT ₂	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л. (ВЗГ-100)
г) склады масел	75	П-I	4-6	IP53, IP54	М, Д	ЛВП 06, ЛСП 18, РСП 13, РСП 25
д) склады химикатов	50	Хим. активная	4-8	IP54	Д, Г	ЛСП 18, РСП 13, РСП 25, РПП 01
е) склады твердых или волокнистых горючих материалов	50	П-IIа	4-10	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 04, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
Помещения инженерных сетей и другие технические помещения: а) электропомещения с периодическим пребыванием людей	150	Норм.	3-9	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18

б) залы насосных и воздушных компрессорных	100	Норм., влажная	6-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
	150	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
в) помещения дымососов, вентиляторов	150	Норм., П-Ia, П-II	3-8	IP20, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
	150 (100)	В-Ia	3-8	2ExdeIICT ₂	М	Н4Т4Л, Н4Т5Л, (В3Г-100)
д) галереи и туннели шинопроводов, трансформаторов, кабельные, теплофикационные, водопроводов	20 (10)	Норм., П-Ia	3-8	IP20, IP53, IP54	М, Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
	75	Норм.	4-12	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18
е) помещения и камеры реакторов, статических конденсаторов и сухих трансформаторов	75	П-I	4-12	IP53, IP54	М, Д, Г	ЛВП 04, ЛСП 18, ЛСП 22, РСП 08, РСП 21
	75 (30)	Норм.	3-9	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18, (НСП 17)
ж) помещения масляных трансформаторов	100 (30)	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, (НСП 17)
	50 (20)	Норм.	3-9	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, РСП 05, РСП 08, РСП 18, (НСП 17)
з) главные коридоры и проходы						
и) главные лестницы						
к) вентрированные коридоры и лестницы						

Производственные объекты	Нормируемая освещенность для газоразрядных ламп (для ламп накаливания)	Окружающая среда	Высота установки, м	Степень защиты	Кривая силы света	Тип осветительного прибора с газоразрядной лампой (с лампой накаливания)
л) санузлы	75 (30)	Влажная	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05, (НСП 17)
м) душевые	50 (20)	Особо сырая, влажная	3-6	IP54	М, Д	ЛСП 18, ЛВП 06
н) преддушевые	50	Влажная	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
о) гардероб уличной одежды	75	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
п) конторские помещения	300	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
р) лаборатории, залы ЭВМ	400	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
с) проектно-конструкторские бюро	500	Норм.	3-6	IP20	Д, Г	ЛСП 02, ЛСП 13, ЛВП 05
ВНЕШНЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ						
Территории промышленных предприятий, харьеров, строительных площадок	4	Вне помещений	4,5-12	IP53	Ш	ЖКУ 02, ЖКУ 03, РКУ 03
Освещение проездов	4	Вне помещений	4,5-12	IP53	Ш	ЖКУ 02, ЖКУ 03, РКУ 03

Конструктивное исполнение световых приборов

1. Светильники для помещений с нормальными и тяжелыми условиями среды

Светильники НСПИ



НСПИ-100-214
НСПИ-200-214



НСПИ-100-414
НСПИ-200-414



НСПИ-100-614
НСПИ-200-614

Применяются для общего освещения промышленных и вспомогательных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из стального проката или фенотласта, светопропускающий защитный колпак — из силикатного прозрачного стекла, по заказу поставляется защитная сетка — стальная или пластмассовая. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на трубу, вертикальный монтажный профиль или крюк в зависимости от исполнения. Рекомендуемая высота установки светильников: 3—6 м.



НСПИ-100-714
НСПИ-200-714

Светильники РСПИ

Применяются для общего освещения производственных, складских и других помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, светопропускающий защитный колпак — из силикатного прозрачного стекла, защитная сетка — стальная. Для светильников применяется независимый ПРА. Крепятся светильники на трубу или вертикальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—10 м.





Светильники ЖСП02, РСП02

Применяются для общего освещения промышленных и сельскохозяйственных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из стального проката. Свето пропускающий колпак — из силикатного стекла. Есть исполнения светильников с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на трос или на крюк, а также на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: ЖСП-02В — 5—8 м, РСП-02В — 2—5 м.



Светильники ЖСП05, РСП05

Применяются для общего освещения промышленных и сельскохозяйственных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава. Свето пропускающий колпак — из силикатного стекла. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на трос или на крюк, а также на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—8 м.



Светильники ЖСП12, РСП12

Применяются для общего освещения промышленных, складских и других помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава. Свето пропускающий колпак — из силикатного стекла, сетка — стальная. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на трос или на крюк, а также на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—10 м.



Светильники ЖСП17, РСП17

Применяются для общего освещения пыльных и влажных промышленных и других помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, фасетный отражатель — из листового алюминия. Свето пропускающий колпак — из поликарбоната. Крепятся светильники на трос или крюк, вертикальную или горизонтальную плоскость. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—15 м.

Светильники НСП20, РСП20, РСП16, РСП12, НСП19, РСП19

Применяются для общего освещения пыльных и влажных промышленных и других помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель стальной или алюминиевый. Для светильников РСП применяется независимый ПРА. Крепятся светильники на трубу или монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—10 м, для РСП20-700—10—20 м.



НСП20-500-191
НСП20-500-192
РСП20-250-191
РСП20-250-192



НСП20-500-101
НСП20-500-102
РСП20-250-101
РСП20-250-102



НСП20-1000-191
НСП20-1000-192
РСП20-400-191
РСП20-400-192
РСП20-700-191
РСП20-700-192



РСП12-700-101
РСП12-700-103
РСП16-400-101
РСП16-400-103



НСП19-500-145
НСП19-1000-145
РСП19-250-145
РСП19-400-145

Светильники ГСП07, ЖСП07, РСП07
Применяются для общего освещения промышленных и других помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава и стального проката. Отражатель стальной или алюминиевый, защитное стекло — термостойкое. Бсть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на трос или на крюк, а также на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—10 м.





Светильники РСП04, ЖСП04, ГСП04

Применяются для общего освещения промышленных и сельскохозяйственных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из стального или алюминиевого листа, защитное стекло — термостойкое. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на трос или на крюк, а также на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: РСП и ЖСП — 5—10 м, ГСП — 8—15 м.



РСП08

Светильники РСП08, ГСП17

Применяются для общего освещения металлургических (доменных, сталеплавильных, кузнечных, холодно- и горячепрокатных цехов) и других промышленных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминия высокой чистоты. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Защитное стекло — термостойкое. Крейятся светильники на трос или на крюк, а также на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников РСП08 — 8—15 м, ГСП17 — 10—20 м.



ГСП17

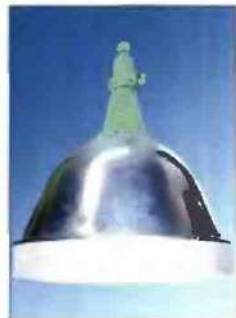
Светильники ГСП09, ЖСП09

Применяются для общего освещения производственных помещений металлургической промышленности (доменных, сталеплавильных, кузнечных, холодно- и горячепрокатных цехов), а также коксохимических, цементных и подобных заводов. Возможная экономия электроэнергии до 40 % (в сравнении с применением светильников с лампой накаливания). Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого листа. В комплект светильника входит защитная стальная сетка (для светильников со степенью защиты IP23) или защитное стекло (для светильников со степенью защиты IP54). Для светильников со степенью защиты IP64 в комплект входит пылезащитный элемент и воздушный фильтр. Крепятся светильники на горизонтальную или вертикальную монтажную плоскость, для модификаций светильников 321, 311, 621 крепление осуществляется на трубу.



Светильники РСП10

Применяются для общего освещения производственных помещений металлургической промышленности (доменных, сталеплавильных, кузнечных, холодно- и горячепрокатных цехов), а также коксохимических, цементных и подобных заводов. Возможная экономия электроэнергии до 40 % (в сравнении с применением светильника с лампой накаливания). Корпусные детали светильника выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого листа. В комплект светильника входит защитная стальная сетка (для светильника со степенью защиты *IP23*) или защитное стекло (для светильника со степенью защиты *IP54*). Крепится светильник на трубу или вертикальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильника: 8—30



Светильники ГСП19, ЖСП19

Применяются для освещения производственных помещений металлургической промышленности (доменные, сталеплавильные, холодно- и горячепрокатные цеха), коксохимических и цементных заводов и т. п. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого листа. В комплект светильника входит защитная стальная сетка (для светильников со степенью защиты *IP23*) или защитное стекло (для светильников со степенью защиты *IP54*). Для светильников со степенью защиты *IP64* в комплект входит пылезащитный элемент и воздушный фильтр. Есть исполнение с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на горизонтальную монтажную плоскость. Рекомендуемая высота установки светильников: 8—30 м.



Светильники ГСП20, РСП20

Применяются для общего освещения высоких производственных помещений, цехов металлургической промышленности (доменные, сталеплавильные холодно- и горячепрокатные). Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого листа. В комплект светильника входит защитная стальная сетка (для светильников со степенью защиты *IP23*) или защитное стекло (для светильников со степенью защиты *IP54*). Для светильников со степенью защиты *IP64* в комплект входит пылезащитный элемент и воздушный фильтр. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепятся светильники на горизонтальную или вертикальную монтажную плоскость. Рекомендуемая высота установки светильников: 15—40 м.





Светильники ГПП01, ЖПП01, РПП01

Применяются для общего освещения производственных и других помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава. Светопронускающий защитный колпак — из силикатного стекла или по заказу из поликарбоната (антивандалный). Аппаратура управления встроенная. Креплятся светильники на горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 3—8 м.



Светильники ГПП02, ЖПП02, РПП02

Применяются для общего освещения производственных и других промышленных помещений, а также павильонов, галерей, складов, спортивных залов, выставочных комплексов. Корпуса светильников выполнены из листовой стали, крышка — из алюминиевого сплава, внутренний отражатель из ячеистого листового алюминия. По заказу поставляется защитная сетка или решетка. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Аппаратура управления — встроенная. Креплятся светильники на трос диаметром 6—12 мм. Рекомендуемая высота установки светильников: 5—10 м.



Светильники ГПП03, ДПП-03, РПП-03, ГПП04, ДПП04, РПП04, ГВП03, ЖВП03, РВП03, ГВП04, ДВП04, РВП04

Применяются для общего освещения низких промышленных и других помещений. Корпус светильника стальной, отражатель алюминиевый и рассеиватель выполнен из оргстекла (серия 03). В серии 04 рассеиватель — антивандалный из поликарбоната и крепится к корпусу специальными болтами. Есть исполнения с одним или двумя сальниками. Аппаратура управления — встроенная. Светильники РПП (ЖПП, ГПП) крепятся к потолку болтами, а светильники РВП (ЖВП, ГВП) встраиваются в подвесные потолки.

2. Взрывозащищенные световые приборы

Светильники ЛСР01

Применяются для освещения подземных работ угольных шахт, опасных по газу и пыли, и других взрывоопасных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава. Светопронускающий элемент — труба из полиметилметакрилата. Крепится на крюках в горизонтальном положении с допустимым углом наклона $+15^\circ$.



Светильники ЛПП05Ех

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон производственных помещений химической, нефтеперерабатывающей, газовой, цементной, деревоперерабатывающей и других отраслей промышленности. Корпус светильника изготовлен из алюминиевого профиля, боковые крышки — литые из алюминиевого сплава, рассеиватель — из закаленного силикатного стекла. Отражатель выполнен из чистого полированного алюминиевого листа. Крепится светильник на крюках или на монтажном профиле.



Светильники ЛСП03Ех

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон производственных помещений (химической, нефтеперерабатывающей, газовой, цементной, деревоперерабатывающей и других отраслей промышленности). Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, пластмасс, стали. Светопронускающий элемент — труба из полиметилметакрилата. Кремятся светильники на крюках или на монтажном профиле, а также на потолочных крюках. Рабочее положение светильника — горизонтальное.



Светильники НСП18Ех, РСП18Ех, ЖСП18Ех

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон в соответствии с маркировкой по взрывозащите и с требованиями документов, регламентирующих применение электрооборудования в помещениях и наружных установках в нефтяной, нефтехимической, химической, газовой и других отраслях. Корпус светильников выполнен из алюминиевого сплава. Стекло термостойкое с герметичной заделкой в кольцо. Разъем частей светильника — резьбовой. Сетка — стальная, отражатель из листовой стали. Крепятся светильники на монтажную трубу или вертикальный монтажный профиль, а также на крюк и горизонтально расположенный монтажный профиль или трубу с наружным диаметром 25—28 мм.



НСП18Ех-111



НСП18Ех-221



НСП18Ех-421



НСП18Ех-511



НСП18Ех-621



РСП18Ех-111/112
ЖСП18Ех-111/112



РСП18Ех-221/222
ЖСП18Ех-221/222



РСП18Ех-311/312
ЖСП18Ех-311/312



РСП18Ех-431/432
ЖСП18Ех-431/432



РСП18Ех-511/512
ЖСП18Ех-511/512



РСП18Ех-631/632
ЖСП18Ех-631/632

Светильники НСП21Ех, РСП21Ех, ЖСП21Ех

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон в соответствии с маркировкой по взрывозащите и с требованиями документов, регламентирующих применение электрооборудования в помещениях и наружных установках в нефтяной, нефтехимической, химической, газовой и других отраслях. Корпус светильников выполнен из алюминиевого сплава. Стекло термостойкое с герметичной заделкой в кольцо. Разъем частей оболочки светильника — резьбовой. Креятся светильники на монтажную трубу или вертикальный монтажный профиль, а также на горизонтальный монтажный профиль.



НСП21Ех-111
РСП21Ех-111
ЖСП21Ех-111



НСП21Ех-231
РСП21Ех-231
ЖСП21Ех-231



НСП21Ех-631
РСП21Ех-631
ЖСП21Ех-631



НСП21Ех-711
РСП21Ех-711
ЖСП21Ех-711

Светильники РСП1Ех, ЖСП1Ех, ГСП1Ех, НСП1Ех

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон в соответствии с маркировкой по взрывозащите и с требованиями документов, регламентирующих применение электрооборудования в помещениях и наружных установках в нефтяной, нефтехимической, химической, газовой и других отраслях. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава. Светопропускающий защитный колпак из термостойкого стекла, защищен стальной сеткой. Креятся светильники на вертикальный, горизонтальный монтажный профиль или на горизонтальную трубу.





Светильники ИСП23

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон производственных помещений и наружных установок. Корпусные детали светильника выполнены из алюминиевого сплава. Светопропускающий защитный колпак — из термостойкого стекла. Сетка — стальная. Крепится светильник на вертикальный или горизонтальный монтажный профиль, на горизонтальную или вертикальную трубу.



Светильники РВП(РПП)14 2Ех, ЖВП(ЖПП)14 2Ех, ГВП(ГПП) 14 2Ех

Применяются для общего освещения взрывоопасных зон промышленных помещений и наружных установок под навесом (например, АЗС). Корпусные детали светильников выполнены из листовой стали и алюминиевого сплава. Отражатель — из ячеистого алюминиевого листа. Светильники РВП (ЖВП, ГВП) крепятся при помощи шурупов в отверстия подвесного потолка, а светильники РПП (ЖПП, ГПП) крепятся с помощью лиры.

Светильники ГО17 2Ех, ЖО17 2Ех, РО17 2Ех, ГО17 Ехп, ЖО17 Ехп, РО17 Ехп



Применяются для общего освещения взрывоопасных зон промышленных помещений и наружных установок. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого листа высокой чистоты, защитная сетка — стальная (по отдельному заказу), стекло термостойкое. Устанавливается на горизонтальной площадке лирой вниз.

3. Светильники с люминесцентными лампами

Люминесцентные светильники ЛСП01



ЛСП01-2х36-111

ЛСП01-2х36-131

ЛСП01-2х58-111

ЛСП01-2х58-131

ЛСП01-2х40-211

ЛСП01-2х40-231

ЛСП01-2х65-211

ЛСП01-2х65-231

Применяются для общего освещения помещений промышленного, административно-общественного и сельскохозяйственного назначения (административно-бытовые помещения, подземные переходы улиц и метро, вспомогательные помещения вокзалов и аэропортов, кухни, прачечных, химчисток и химлабораторий). Корпусные детали светильников выполнены из стали, защитная труба — из оргстекла. Отражатель состоит из двух стальных профильных полос. Крепится на горизонтальный монтажный профиль или потолочные крюки.

Люминесцентные светильники ЛСП02, ЛСП04



Применяются для общего освещения помещений промышленного, административно-общественного и сельскохозяйственного назначения (административно-бытовые помещения, подземные переходы улиц и метро, вспомогательные помещения вокзалов и аэропортов, кухни, прачечных, химчисток и других помещений). Корпусные детали светильников выполнены из экструдированного алюминиевого профиля, защитная труба — из оргстекла. Отражатель (по заказу) состоит из двух стальных профильных полос. ПРА — электронный (для ЛСП02) или электромагнитный (для ЛСП04). Крепятся светильники на горизонтальный монтажный профиль или потолочные крюки.



Люминесцентные светильники ЛПП07

Применяются для общего освещения влажных и пыльных промышленных и административно-общественных помещений. В антивандальном исполнении (исполнение 311) корпус и рассеиватель выполнены из ударопрочного поликарбоната. В исполнении 211 корпус светильника выполнен из полистирола, рассеиватель — из полиметилметакрилата. Монтажная плата — из листовой стали. Замки (клипсы) — из поликарбоната, при спецзаказе — из нержавеющей стали. Есть исполнения с одним или двумя сальниками. Крепятся светильники шурупами к потолку или на подвесную скобу.

Люминесцентные светильники ЛПБ01, ЛПП05



Применяются для общего освещения помещений, а также вспомогательных помещений административно-бытового назначения с нормальными и тяжелыми условиями окружающей среды. Пластмассовый корпус, стальная панель покрыта эмалью, рассеиватель выполнен из оргстекла или поликарбоната (для «антивандального» исполнения). Крепятся светильники к опорной поверхности с помощью болтов или шурупов. Рекомендуемая высота установки светильников: до 3 м.



Люминесцентные светильники ЛПП06

Применяются для аварийного освещения помещений в случае отключения электропитания. Корпус выполнен из негорючей пластмассы, стальная панель, рассеиватель — из поликарбоната. К корпусу крепится панель, на которой размещены: аккумуляторная батарея, электронный преобразователь, ламподержатели. Рассеиватель крепится к корпусу специальными винтами. Есть исполнения с одним или двумя сальниковыми вводами. Крепится к опорной поверхности шурупами.

Люминесцентные светильники ЛББ07

Применяются для общего освещения функциональных зон жилых помещений и административных зданий (кухонь, коридоров, ниш и ванных комнат, возле зеркал), для вмонтирования в мебель. Корпусные детали светильников выполнены из пластмассы, рассеиватель — из светотехнического полистирола. Крепится к опорной поверхности четырьмя шурупами. Рассеиватель крепится к корпусу при помощи защелки на пластмассовом прижиме.



Светильники ЛПП01, НПП01

Применяются для освещения коридоров, тоннелей, переходов, подвалов, подъездов, низких промышленных и сельскохозяйственных помещений. Корпусные детали светильников выполнены из пластмассы, светопропускающий колпак — из силикатного стекла. Крепятся светильники на горизонтальный монтажный профиль. Рекомендуемая высота установки светильников: 2—5 м.



Люминесцентные светильники ЛПО 06

Применяются для общего освещения общественных помещений. Основание светильников выполнено из листовой стали, покрытой белой эмалью. Рассеиватель — экструдированный, из прозрачного или опалового светотехнического полистирола. Боковые крышки оригинальной конструкции изготавливаются из белого пластика. Крепятся светильники на вмонтированных в потолок болтах или шпильках.



ЛПО 06-1x20
ЛПО 06-1x40



ЛПО 06-2x20
ЛПО 06-2x40
ЛПО 06-2x65
ЛПО 06-2x80



ЛПО 06-4x20
ЛПО 06-4x40

Люминесцентные светильники ЛПО 02



ЛПО 02-2x20
ЛПО 02-2x40



ЛПО 02-4x20

Применяются для общего освещения торговых и других залов, конструкторских, чертежных и машинописных бюро, лабораторий, учебных кабинетов вузов и техникумов, актовых залов, клубов и кино, театров и других общественных помещений. Корпус выполнен из листовой стали, покрытой эмалью. Защитная решетка — из стали. Кремятся светильники при помощи шпилек и гаек.

4. Световые приборы прожекторного освещения

Прожекторы ЖО 01

Применяются для наружного освещения объектов агропромышленного комплекса и других больших открытых пространств. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого проката, полированный с твердым аноднооксидным покрытием. Защитное стекло — термостойкое. Устанавливается на горизонтальной или вертикальной площадке.



Прожекторы НО 01, РО 01, РО 02, ЖО 02, ГО 02

Применяются для освещения открытых пространств промышленного, аграрного и муниципального назначения. Корпусные детали светильников выполнены из листовой стали, отражатель стеклянный с зеркальным алюминиевым покрытием или из алюминиевого листа. Защитное стекло — термостойкое. Устанавливается на горизонтальной площадке лирой вниз или вверх.

Пржекторы ГО 03, ЖО 03, РО 03, ИО 03

Применяются для освещения открытых территорий промышленных и сельскохозяйственных объектов, других территорий. Применяются для внутреннего освещения закрытых спорткомплексов и других сооружений, а также для подсветки архитектурных фасадов и памятников. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из листового алюминия высокой чистоты. Аппаратура управления встроена. Защитное стекло — термостойкое. Устанавливается на горизонтальной площадке лирой вниз или вверх.



Пржекторы ГО 05, ЖО 05, РО 05

Применяются для освещения открытых территорий промышленных и сельскохозяйственных объектов, других территорий. Применяются для внутреннего освещения закрытых спорткомплексов и других сооружений, а также для подсветки архитектурных фасадов и памятников. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из листового алюминия высокой чистоты, полированный. Аппаратура управления встроена. Защитное стекло — термостойкое. Устанавливается на горизонтальной площадке лирой вниз или вверх.



Пржекторы ИО 05

Применяются для освещения промышленных объектов, а также архитектурных фасадов, памятников, витрин, фото- и телестудий торговых, выставочных залов и офисов. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминиевого листа высокой чистоты. Устанавливается на горизонтальной площадке лирой вниз или вверх. Предусмотрен переносной вариант прожекторов.



5. Светильники наружного освещения



Светильники ЖБУ01, РБУ01

Применяются для внешнего освещения пешеходных дорожек, переходов, грузовых доков, коридоров, тоннелей, входов в подъезды строительных. Корпус светильника выполнен из алюминиевого сплава. Рассеиватель — из свстотехнического оргстекла, в исполнениях 011, 012 — поликарбонатный антивандальный с повышенной защитой от механических повреждений. Аппаратура управления встроенная. Крепятся светильники на вертикальной опорной поверхности. Рекомендуемая высота установки: 2,5—5 м.



Светильники ЖКУ01, РКУ01

Применяются для освещения улиц и дорог, а также открытых площадок. Крышка светильника выполнена из листовой стали, рассеиватель — из выгнутого термостойкого стекла, держатель — из алюминиевого сплава. Отражатель выполнен из алюминия высокой чистоты. Аппаратура управления встроенная. Крепятся светильники на горизонтальную или вертикальную трубу диаметром 50 мм, устанавливая держатель в необходимом положении.



Светильники ЖКУ13, РКУ13

Применяются для освещения улиц и дорог, а также других открытых пространств. Корпусные детали светильников выполнены из алюминиевого сплава, отражатель — из алюминия высокой чистоты. Аппаратура управления встроенная. Защитный колпак из полиметилметакрилата или поликарбоната. Устанавливаются светильники на трубу диаметром 50 мм.

Нормы общего освещения для некоторых помещений общественных зданий
и рекомендуемые источники света

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высота от пола, м	Характеристика помещений по условиям среды	Рекомендуемый источник света
Помещения культуры, учебных учреждений				
Артистические, гримерные (общее освещение)	75	Г-0,8	Нормальные	ЛН
Стена	30	Пол	П-Иа	ЛП
Репетиционный зал	200	Г-0,8	Нормальные	ЛДЦ, ЛЕЦ
Художественно-производственные мастерские:				
– живописно-декорационные	200	Пол	П-Иа	ЛН
– слесарная, столярная	300	Г-0,8	–"–	ЛБ
– пошивочная, обувная, обойно-драпировочная	300	Г-0,8	–"–	ЛДЦ, ЛЕЦ
Звукоаппаратная, кабин диктора	75	Г-0,8	Нормальные	ЛН
Кинопроекторная, светопрожекторная, перемолочная	75	Г-0,8	П-Иа	ЛН, ЛБ
Залы, предназначенные для мероприятий республиканского значения	500	Г-0,8	Нормальные	ЛДЦ, ЛЕЦ

Продолжение табл. П2.1

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высота от пола, м	Характеристика помещений по условиям среды	Рекомендуемый источник света
Зрительные залы театров, концертные залы	300	Г-0,8	—	ЛДЦ, ЛЕЦ
Зрительные залы кинотеатров	75	Г-0,8	—	ЛДЦ, ЛЕЦ
Электросиловая	150	Г-0,8	—	ЛБ
Склады костюмов, гардеробные	50	Пол	П-Па	ЛН
Склады объемной декорации, мебели и реквизита	30	Пол	—	ЛН
Лечебно-профилактические учреждения				
Кабинеты хирургов, акушеров, гинекологов, травматологов, педиатров, инфекционистов, дерматовенерологов, аллергологов, стоматологов, смотровые, приемно-смотровые боксы	500	Г-0,8	Нормальные	ЛХЕЦ, ЛЕЦ, ЛДЦ
Кабинеты врачей (в амбулаторно-клинических учреждениях, не приведенных выше)	300	Г-0,8	—	ЛХЕЦ, ЛЕЦ
Кабинеты врачей без приема больных	300	Г-0,8	—	ЛБ, ЛБЦТ
Кабинеты функциональной диагностики	150	Г-0,8	—	ЛН

Кабинеты физиотерапии	150	Г-0,8	"--	ЛБ, ЛБЦТ
Кабинеты гиротерапии, лечебные ванны, душевые залы	150	Пол	Сырые	ЛБ
Рентгенкабинет диагностический	50	Г-0,8	Нормальные	ЛН
Кабинет флюорографии, рентгеновских снимков зубов	200	Г-0,8	"--	ЛБ
Компьютерная диагностика	400	Г-0,8	"--	ЛБ, ЛЕ
Операционная	400	Г-0,8	"--	ЛХЕЦ, ЛДЦ, ЛЕЦ
Наркозная, реанимационные залы, родовая, перевязочная, кабинет ангиографии	500	Г-0,8	"--	ЛХЕЦ, ЛЕЦ, ЛДЦ
Помещения аппаратов искусственного кровообращения, искусственной почки и т. д.	400	Г-0,8	"--	ЛБ
Палаты детских отделений для новорожденных, послеродовые палаты, палаты интенсивной терапии и для глаукомных больных, приемные фильтры и боксы, изолятор	150	Г-0,8	"--	ЛХЕЦ, ЛЕЦ
Прочие палаты	100	Г-0,8	"--	ЛБ, ЛБЦТ
Препараторские и лаборантские общеклинических, гематологических, биохимических и других лабораторий	300	Г-0,8	"--	ЛДЦ, ЛЕЦ
Моечная посулы	200	Г-0,8	Влажные	ЛБ
Репелтурный отдел, отдел готовых лекарственных средств, оптики и ручной продажи агтек	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛБЦТ

Продолжение табл. П2.1

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высота от пола, м	Характеристика помещений по условиям среды	Рекомендуемый источник света
Стерилизационная-автоклавная	150	Г-0,8	Влажные	ЛБ
Помещения для стерилизных материалов, склад хранения стерильных материалов	150	Г-0,8	П-Ша	ЛБ
Помещения дезинфекционных камер	75	Пол	Влажные	ЛН
Помещения для хранения дезинфекционных средств	30	Пол	Химически активные	ЛН
Диспетчерская скорой помощи	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ
Помещения для приготовления питания молочных кухонь	300	Г-0,8	—	ЛБ
Процедурная	500	Г-0,8	—	ЛХГЦ, ЛЕЦ, ЛДЦ
Кабинеты и посты медицинских сестер	300	Г-0,8	—	ЛБ
Помещения для мытья и сушки клеенок, сортировки и хранения белья, санкомната, клизмная, санпропускник	75	Пол	Сырые	ЛБ
Материальные и центральные бельевые	150	В-1,0 на стеллажах	П-Ша	ЛБ
Кабинеты главного врача, заместителя главного врача, заведующего отделением	400	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛБЦТ

Регистратура	150	В-1.0 на стеллажах	П-1а	ЛБ
Коридоры в палатных отделениях	150	Пол	Нормальные	ЛБ, ЛХБТ
Здания управления, конструкторских и проектных организаций, научно-исследовательских учреждений				
Кабинеты и рабочие комнаты	300	Г-0.8	Нормальные	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Проектные и конструкторские кабинеты	500	Г-0.8	"	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Читальные залы	300	Г-0.8	"	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Книгохранилища и архивы	75	В-1.0 на стеллажах	П-1а	ЛБ
Помещения для работы с дисплеями	200	В-1.2 на экране дисплея	Нормальные	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Залы заседаний	200	Г-0.8	"	ЛБ, ЛТБЦ
Учреждения финансирования				
Операционный зал, кассовый зал, помещения для пересчета денег	400	Г-0.8	"	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Кладовая ценностей	200	Г-0.8	"	ЛБ
Учреждения образования				
Классы, аудитория, кабинеты, лаборатории	500	В на середине доски	"	ЛБ
Кабинеты информатики, вычислительной техники	200	В-1.2 на экране дисплея	"	ЛБ
Кабинеты технического черчения и рисования	500	Г-0.8	"	ЛДЦ, ЛЕЦ
Спортивные залы	200	Пол	"	ЛБ
Бассейны	300	Г на поверхности воды	Сырые	ЛБ
Дошкольные учреждения				
Групповые с зонами отдыха, игральные, музыкальные и гимнастические залы	300	Г-0.5	Нормальные	ЛБ

Продолжение табл. П2.1

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, люк	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высота от пола, м	Характеристика помещений по условиям среды	Рекомендуемый источник света
Спальни, веранды, столовые, изолаторы	150	Г-0,5	"–"	ЛБ
Санатории, дома отдыха				
Палаты и спальные комнаты	150	Пол	"–"	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Предприятия общественного питания				
Обеденные залы, буфеты	200	Г-0,8	"–"	ЛБ, ЛХБ, ЛД
Горячие цехи	200	Г-0,8	Жаркие, влажные	ЛБ
Холодные цехи	200	Г-0,8	Нормальные	ЛБ
Моечные	200	Г-0,8	Сырые	ЛБ
Кондитерские цехи, помещения для мучных изделий	300	Г-0,8	Нормальные	ЛБ
Магазины				
Торговые залы магазинов: книжных, обувных, одежды, меховых изделий, головных уборов, парфюмерных, галантерейных, ювелирных, электро- и радиотоваров, продовольственных без самообслуживания	300	Г-0,8	"–"	ЛЕЦ, ЛДЦ

Торговые залы магазинов: посудных, мебельных, спортивного, стройматериалов, канцтоваров, электробытовых приборов и игрушек	200	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ
Предприятия бытового обслуживания				
Парикмахерские	400	Г-0,8	—	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
Фотографии:				
— салон заказов	200	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
— съемочный зал	100	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
— фотолаборатории	200	Г-0,8	Влажные	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
Прачечные:				
— стиральные отделения с механической стиркой	200	Пол	Сырые	ЛБ, ЛН
— стиральные отделения с ручной стиркой	200	Пол	Особо сырые	ЛБ, ЛН
— сушильно-гладильные	200	Г-0,8	Влажные	ЛБ, ЛХБ
Прачечные самообслуживания	200	Пол	Влажные	ЛБ, ЛН
Цех изготовления и ремонта одежды	750	Г-0,8	П-Па	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
Мастерские по ремонту обуви и галантереи	300	Г-0,8	Нормальные	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
Мастерские по ремонту бытовых электроприборов, изделий из металла и пластмассы	300	Г-0,8	—	ЛБ, ЛХБ, ЛЕЦ
Бани:				
— оживальные — остывочные	150	Г-0,8	Влажные	ЛБ, ЛН
— раздевальные	75	Г-0,8	—	—
— моечные — душевые, парильные	75	Пол	Особо сырые, жаркие	—

Продолжение табл. П2.1

Помещения	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г — горизонтальная, В — вертикальная); высота от пола, м	Характеристика изменений по условиям среды	Рекомендуемый источник света
— бассейны	100	Г на поверхности воды	Сырые	ЛБ, ЛН
Ателье химической чистки одежды:				
— салон приема и выдачи заказов	200	Г-0,8	Нормальные	ЛБ, ЛХЕ, ЛЕЦ
— помещения химической чистки	200	Г-0,8	Химически активные	ЛБ, ЛХБ
— помещения выведения пятен	500	Г-0,8	—"	ЛЕЦ, ЛДЦ, ЛХЕ
— помещения для хранения химикатов	75	Г-0,8	—"	ЛБ, ЛН
Прочие помещения				
Санитарно-бытовые помещения:				
— умывальные, туалеты	75	Пол	Влажные	ЛН, ЛБ
— душевые	50	—"	Сырые	ЛН, ЛБ
— гардеробные	50	—"	П-Па	ЛБ
Вестибюли и гардеробные уличной одежды:				
— в вузах, школах, театрах, клубах, гостиницах и главных входах в крупные промышленные предприятия и общественные здания	150	—"	П-Па	ЛБ
— в прочих зданиях	75	—"	—"	—"

Главные лестничные клетки общественных, производственных и вспомогательных зданий	100	Пол (площадки, ступени)	Нормальные	ЛБ
Лестничные клетки жилых зданий	10	Пол	— " —	ЛН, ЛБ
Прочие лестничные клетки	50	— " —	— " —	— " —
Главные коридоры и проходы	75	— " —	— " —	ЛБ
Постажные коридоры в жилых зданиях	20	— " —	— " —	ЛН, ЛБ
Прочие коридоры	50	— " —	— " —	ЛН, ЛБ

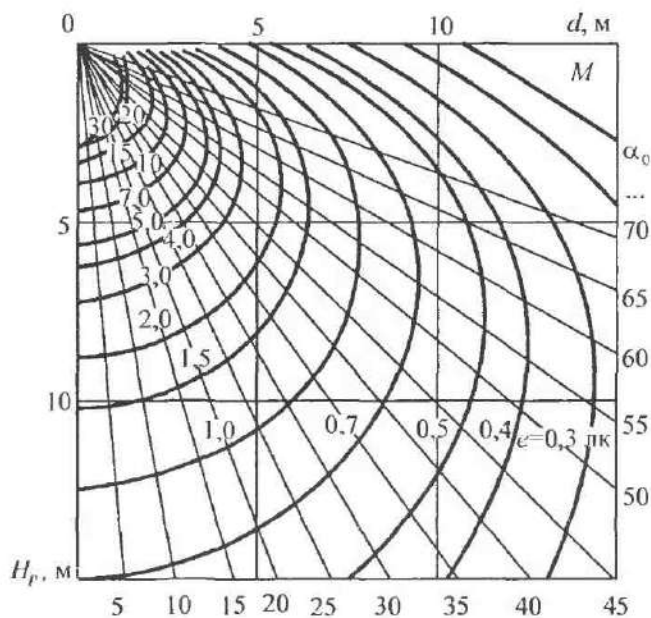


Рис. П3.1. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильника с КСС типа М

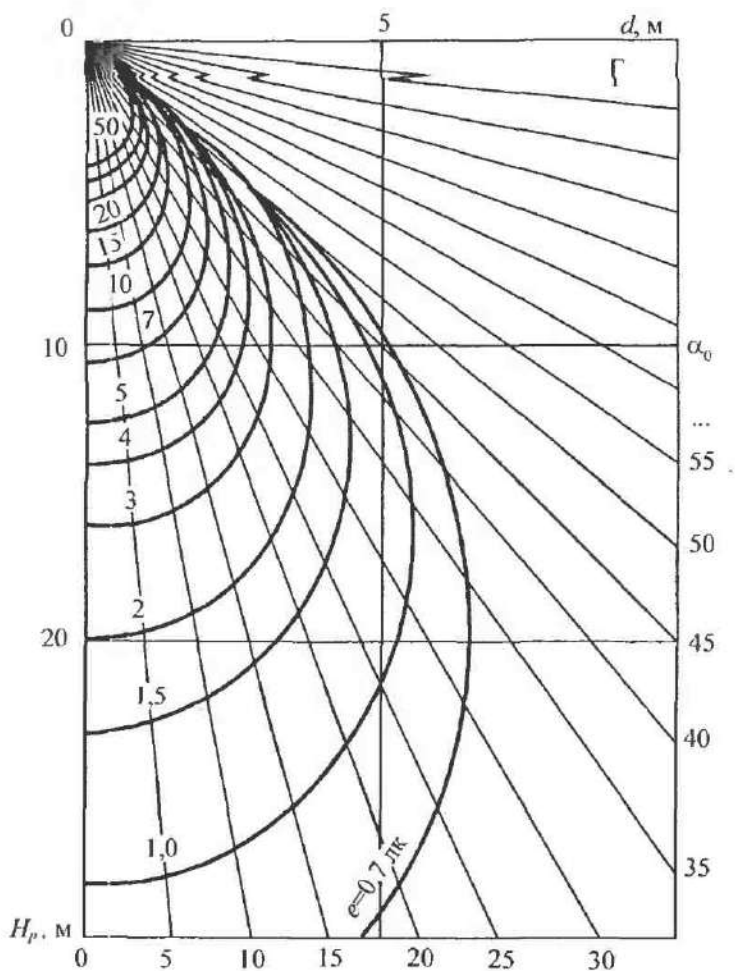


Рис. П3.2. Пространственные изолинии условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Γ

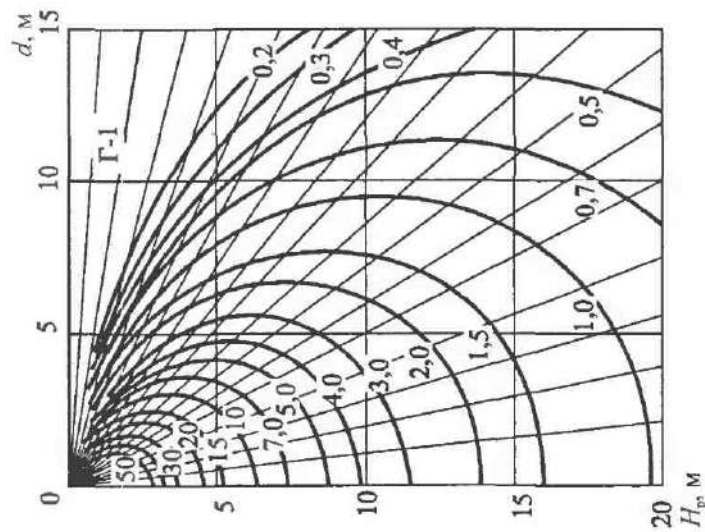


Рис. П3.3. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа $\Gamma-1$

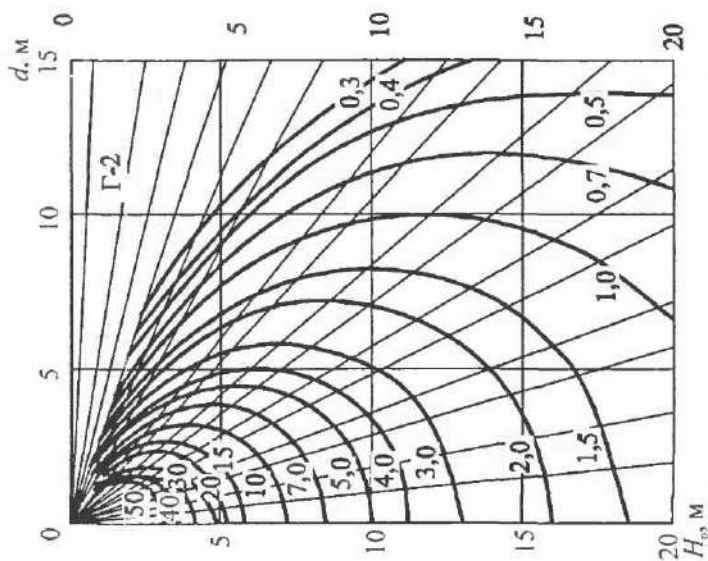


Рис. П3.4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа $\Gamma-2$

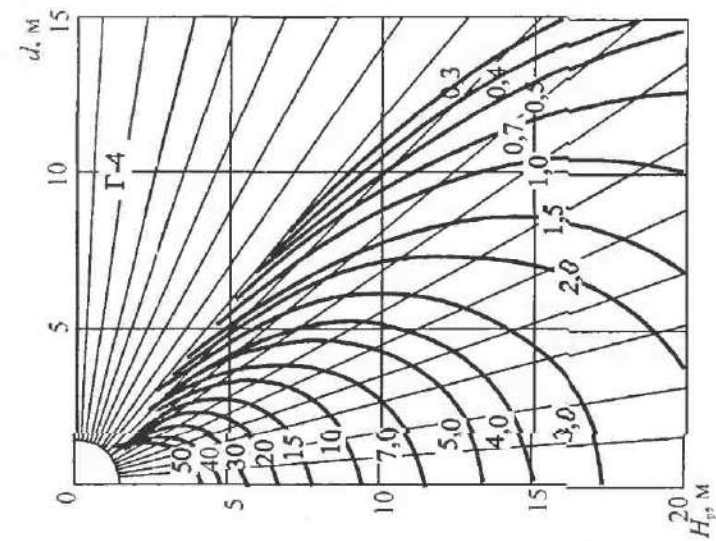


Рис. П3.6. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-4

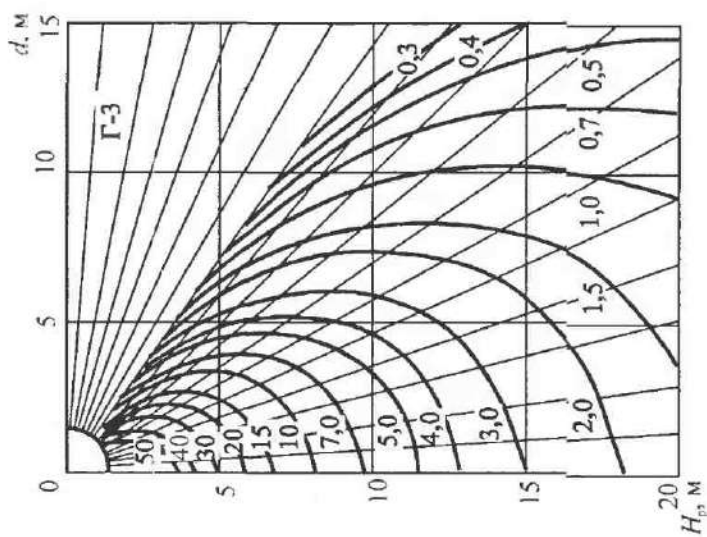


Рис. П3.5. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Г-3

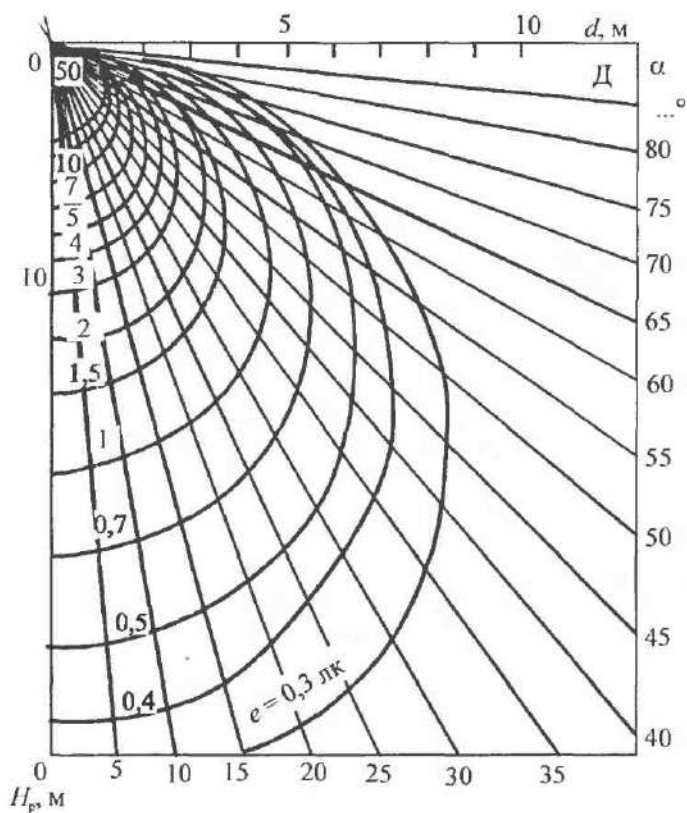


Рис. ПЗ.7. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д

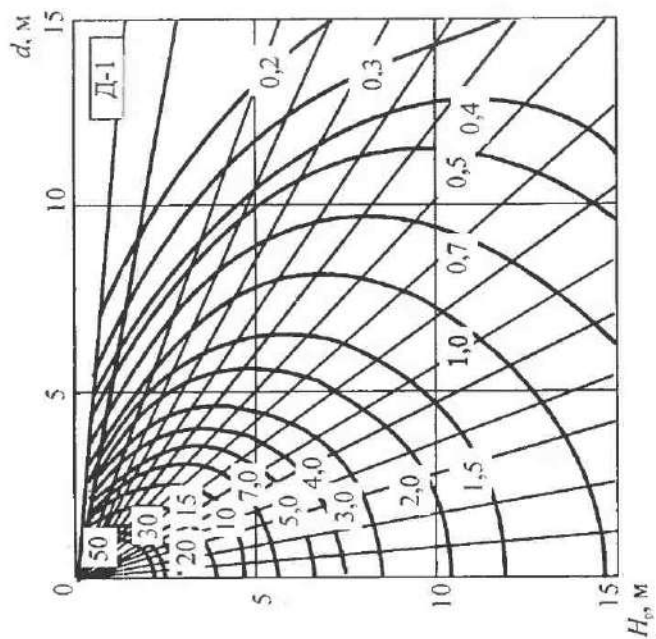


Рис. ПЗ.8. Пространственные изолуксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д-1

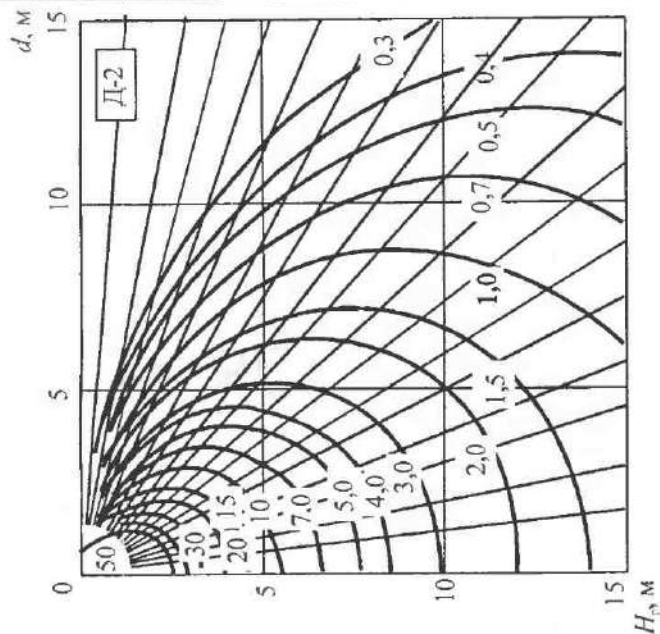


Рис. ПЗ.9. Пространственные изолуксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Д-2

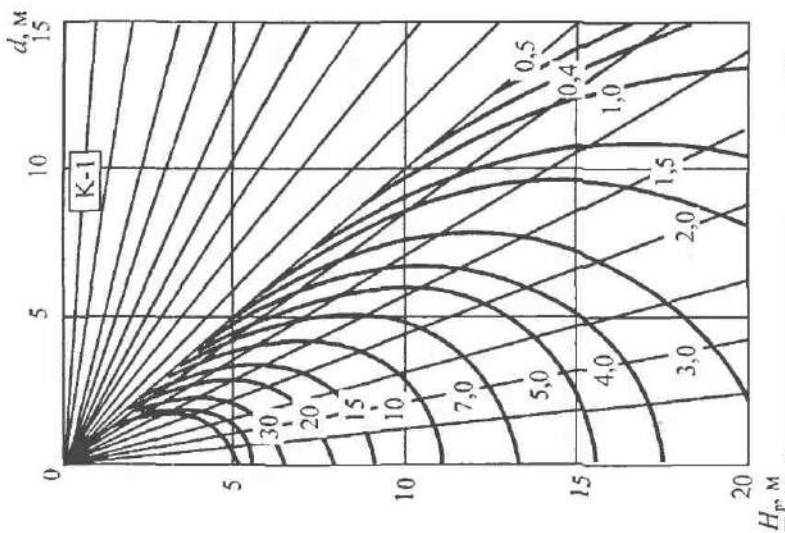


Рис. П3.11. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-1

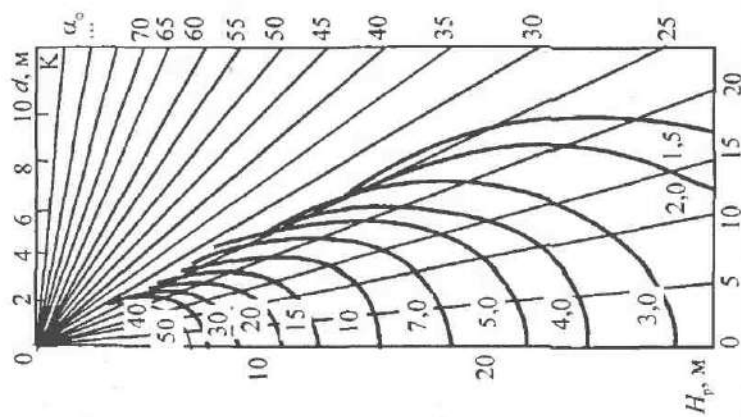


Рис. П3.10. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К

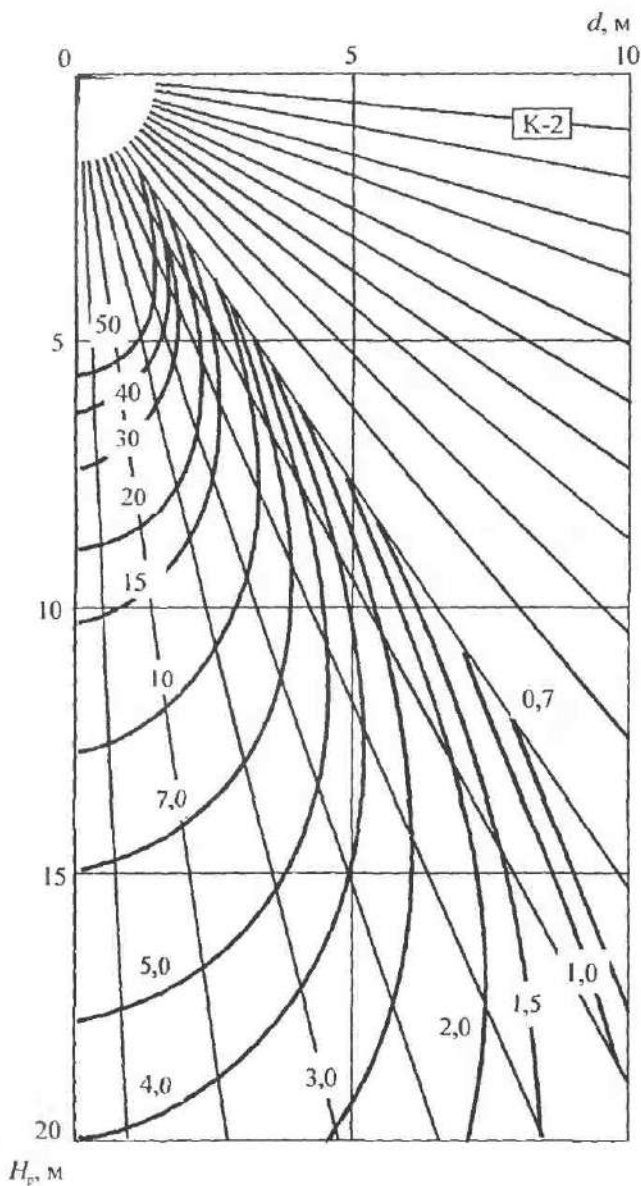


Рис. ПЗ.12. Пространственные изолинии условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-2

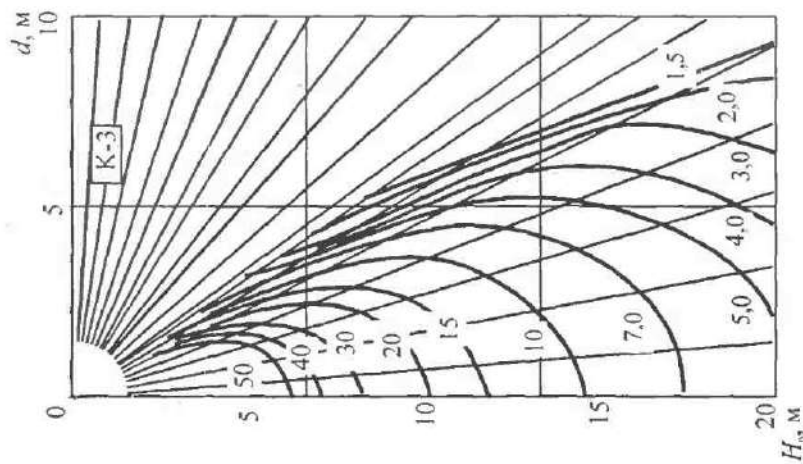


Рис. ПЗ.13. Пространственные изолуксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа К-3

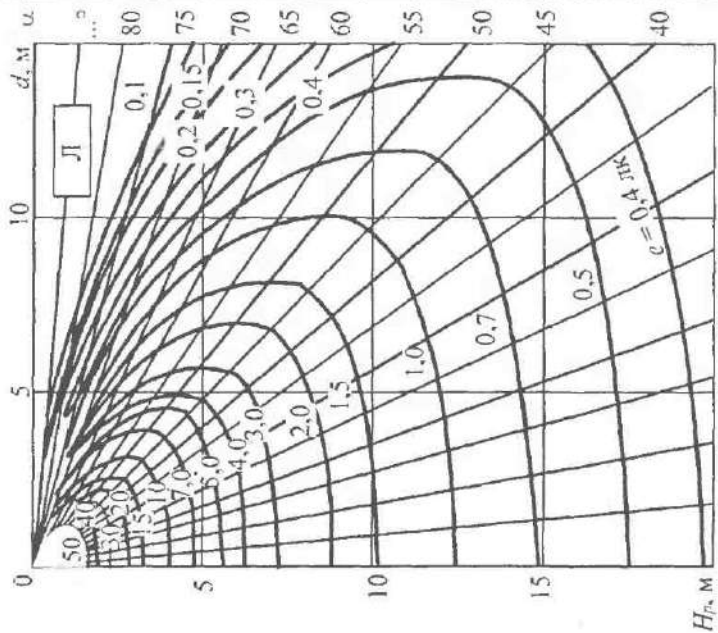


Рис. ПЗ.14. Пространственные изолуксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Л

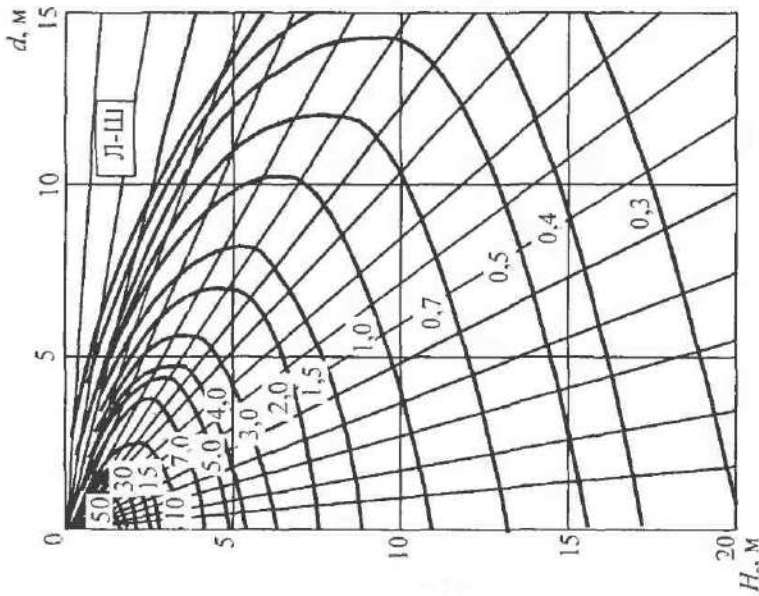


Рис. ПЗ.15. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа Л-Ш

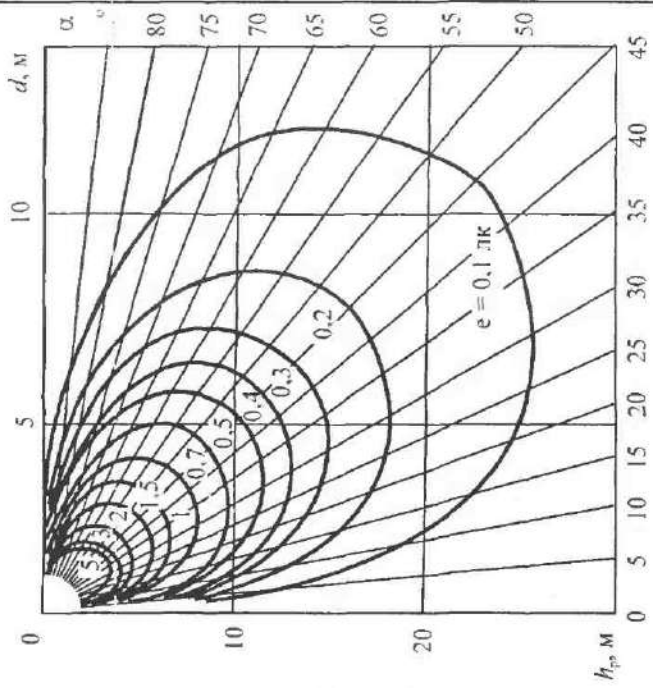


Рис. ПЗ.16. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа С

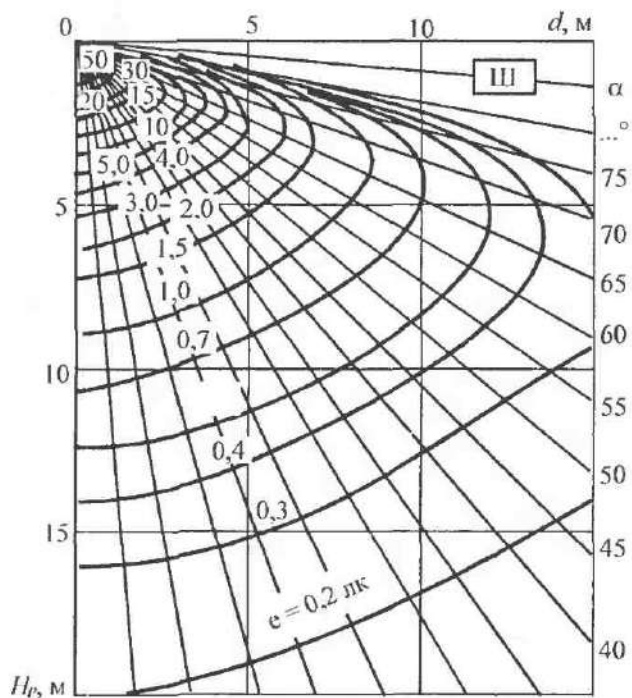


Рис. ПЗ.17. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа III

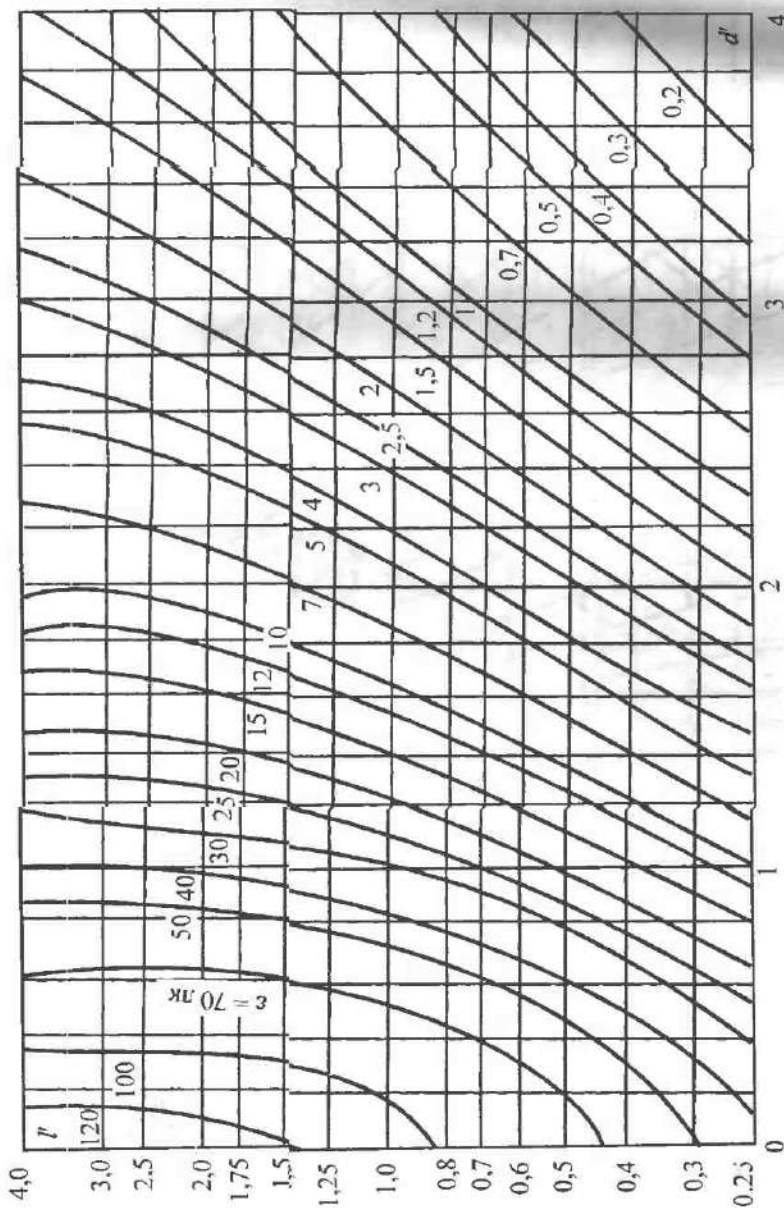


Рис. ПЗ.18. Линейные изолюксы для светильников с КСС типа Г-1

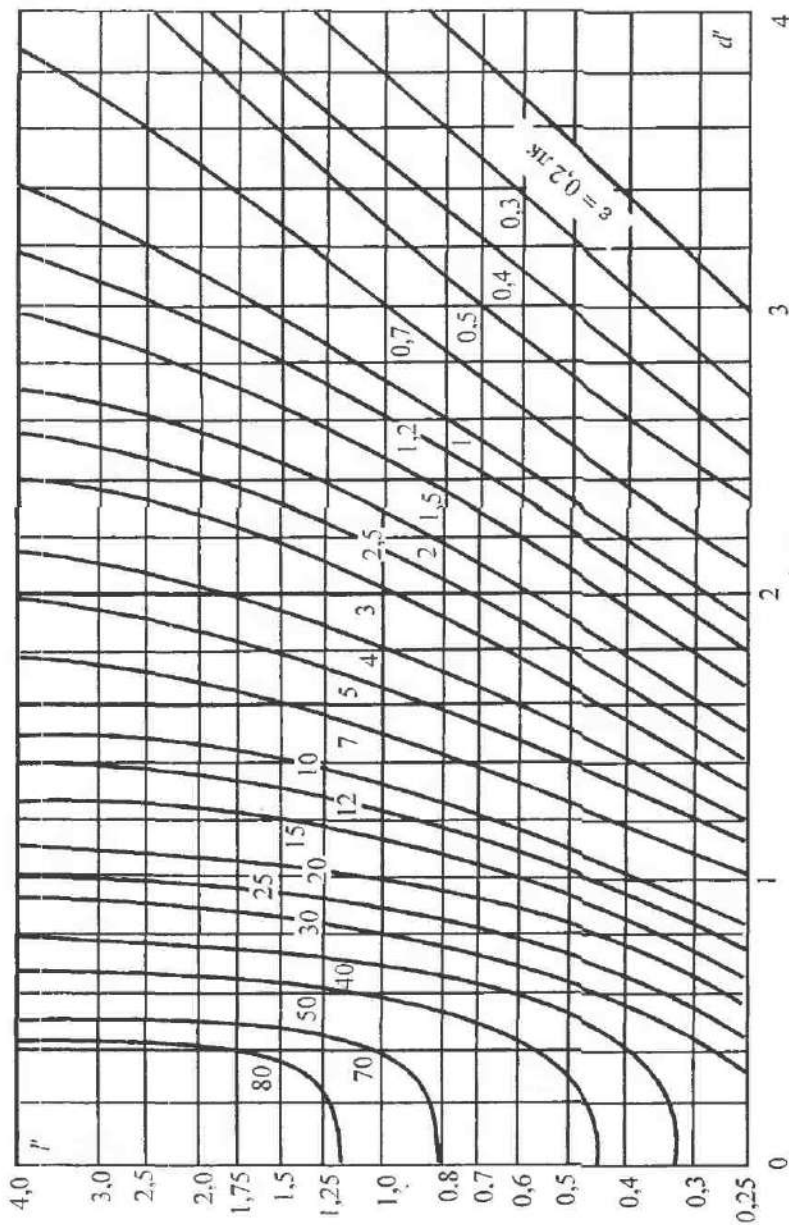


Рис. ПЗ.19. Линейные изолюксы для светильников с КСС типа Г-2

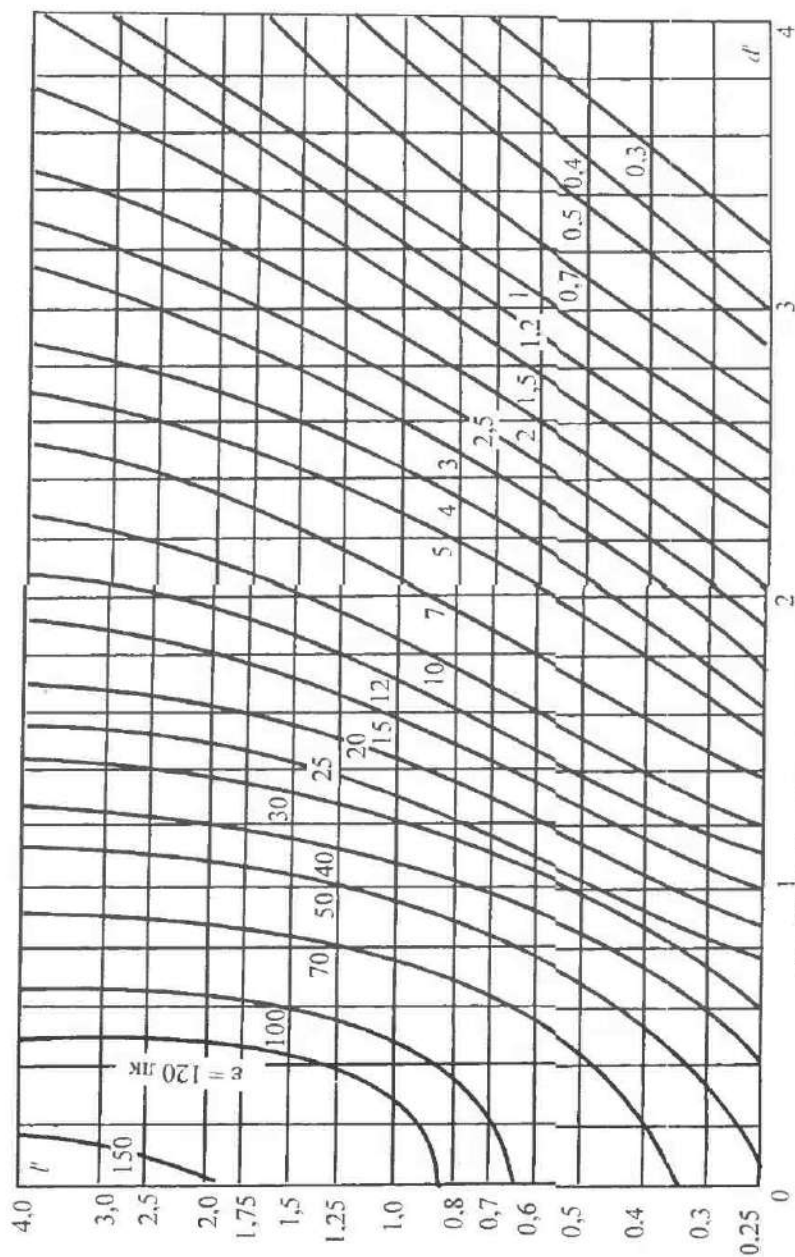


Рис. ПЗ.20. Линейные изолюксы для стерилизиков с КСС типа Д-1

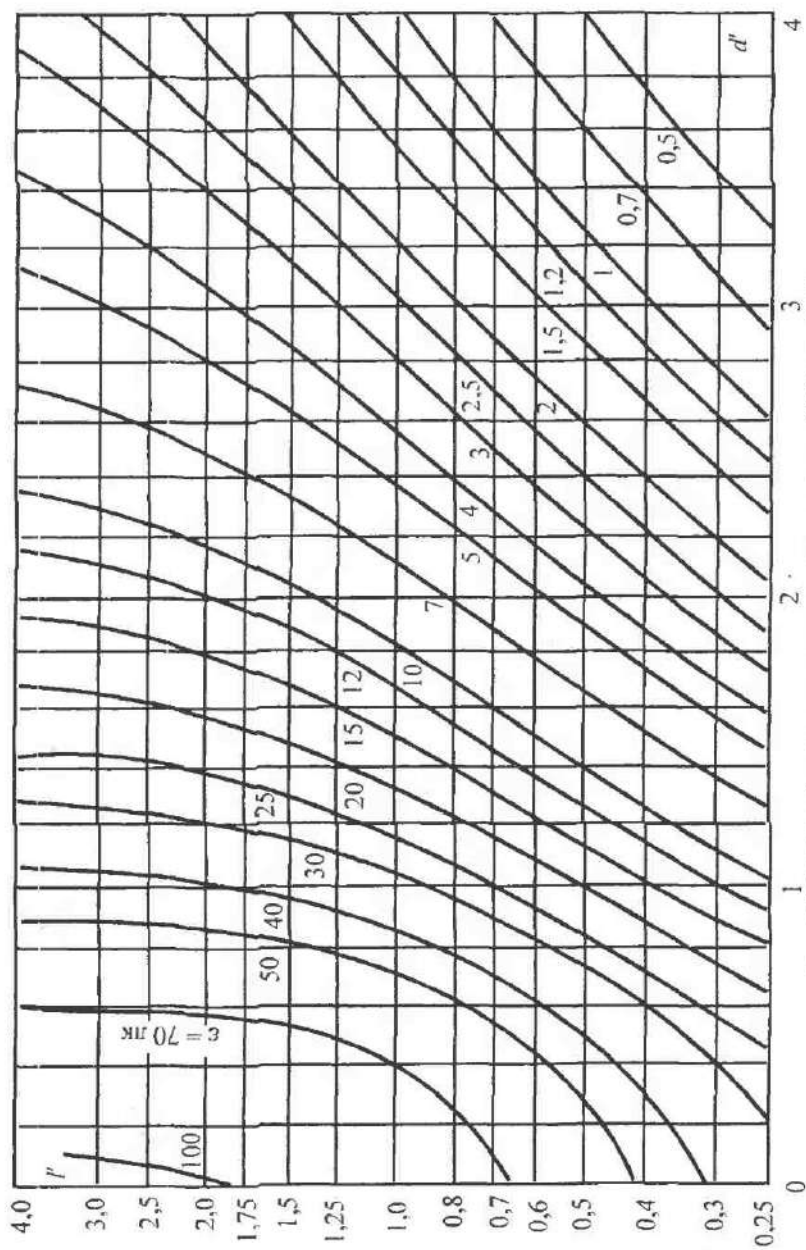


Рис. ПЗ.21. Линейные изолюксы для свистильников с КСС типа Д-2

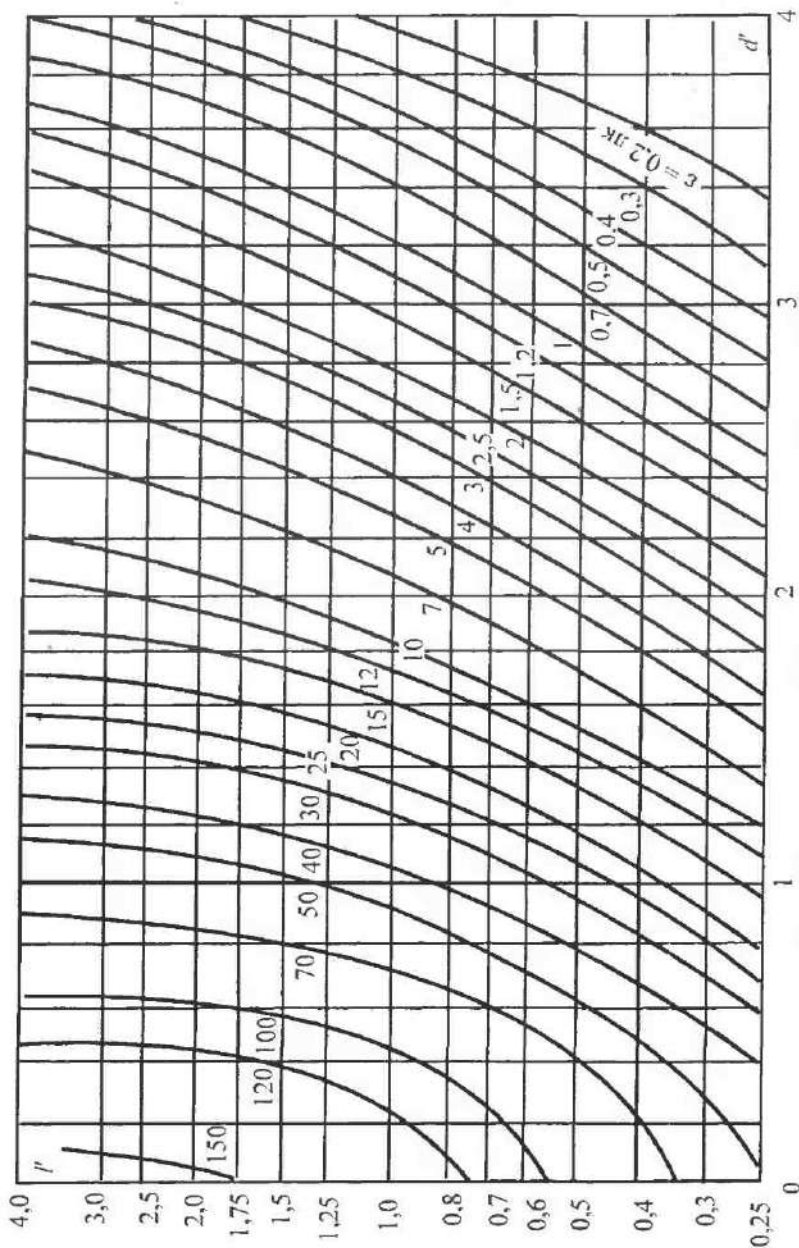


Рис. ПЗ.22. Линейные изолюксы для светильников с КСС типа М

Условные обозначения элементов осветительной сети на картах и схемах

Условные обозначения элементов осветительной сети на планах	
	– линия состоит из пяти проводников
	– линия сети аварийного освещения
	– линия из пяти проводников на тропе и его концевое крепление
	– светильник с лампой накаливания
	– светильник с лампой типа ДРЛ, ДРИ
	– светильник с люминесцентными лампами
	– светильники с люминесцентными лампами, установленными в линию
	– щиток рабочего освещения
	– щиток аварийного освещения
	– выключатель однополюсный
	– выключатель однополюсный, двойной
	– выключатель двухполюсный
300 лк	– нормируемая освещенность в люксах
$A - B \frac{C \times D}{H}$	A – количество светильников; B – тип светильников; C – количество ламп в светильнике; D – мощность лампы, Вт; H – высота установки, м
Условные обозначения элементов осветительной сети в схемах	
	– щиток рабочего освещения
	– щиток аварийного освещения
	– автоматический воздушный выключатель (A – тип выключателя; B – тип расцепителя (К – комбинированный; Э – электромагнитный); C – ток расцепителя)

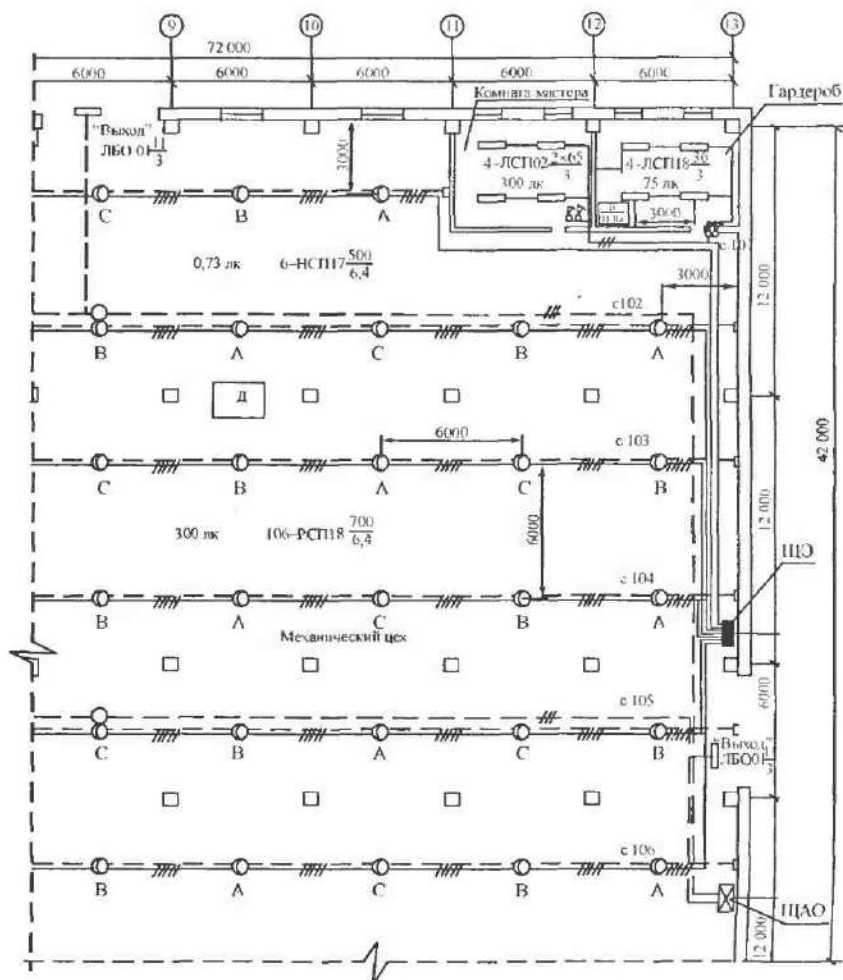
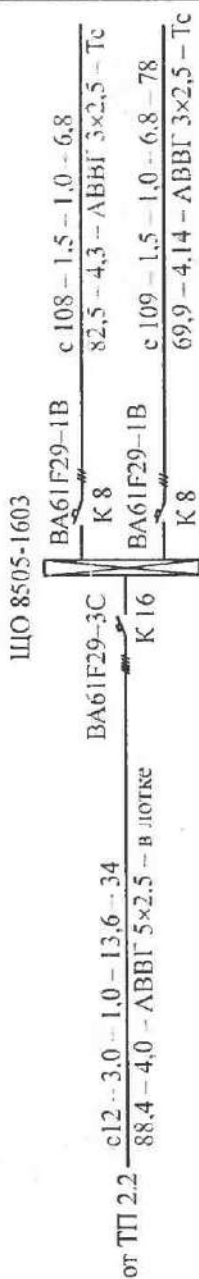


Рис. П.5.1. Фрагмент плана осветительной сети механического цеха



1. На расчетной схеме указываются:

- тип осветительного щитка, типы автоматических выключателей, установленных в нем, типы распределителей (К - комбинированный; Э - электромагнитный) и токи расцепителей, А.

2. Над осветительной линией указываются:

- маркировка линии - расчетная нагрузка, кВт - коэффициент мощности - расчетный ток, А - длина участка, м.

3. Под осветительной линией указываются:

- момент нагрузки, кВт·м - потеря напряжения, % - марка, сечение проводника - способ прокладки (Тс - трос; Т - металлическая труба; П - пластмассовая труба).

Рис. П.5.2. Пример оформления надписей на расчетной схеме осветительной сети

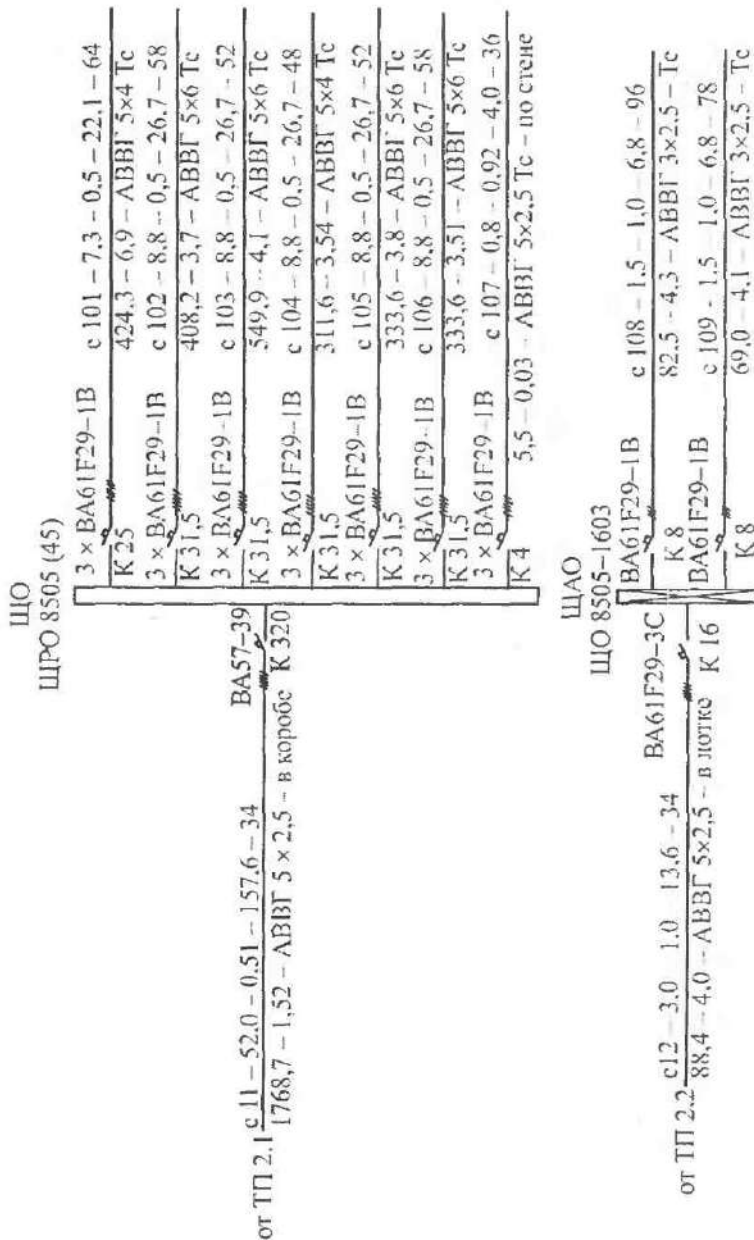


Рис. П.5.3. Пример оформления расчетной схемы осветительной сети

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	5
1. Основные понятия и единицы светотехники.....	7
2. Выбор системы освещения и нормированной освещенности....	16
3. Классификация помещений и зон по условиям окружающей среды.....	21
4. Категории размещения, климатические исполнения и защита электрооборудования.....	27
5. Источники света.....	34
5.1. Лампы накаливания.....	35
5.2. Газоразрядные лампы низкого давления.....	40
5.3. Газоразрядные лампы высокого давления.....	48
5.4. Светодиоды.....	58
5.5. Достоинства и недостатки различных источников света.....	63
5.6. Выбор источников света.....	65
6. Световые приборы.....	74
6.1. Основные характеристики световых приборов.....	74
6.2. Светильники для помещений производственных и общественных зданий.....	80
7. Размещение светильников.....	103
8. Расчет электрического освещения.....	105
8.1. Метод коэффициента использования светового потока... 106	
8.1.1. Расчет освещенности по удельной мощности.....	112
8.2. Точечный метод расчета освещенности.....	120
8.2.1. Расчет освещенности на горизонтальной поверхности.....	121
8.2.2. Расчет освещенности от светящей линии.....	128
9. Схемы электрических осветительных сетей.....	132
10. Конструктивное исполнение осветительных электрических сетей.....	138
11. Защита осветительных сетей	146
12. Расчет электрической осветительной сети.....	150
12.1. Определение электрических нагрузок осветительных установок.....	150
12.2. Выбор сечения проводников по нагреву.....	156
12.3. Выбор сечения проводников по допустимой потере напряжения.....	163

12.4. Выбор системы заземления и сечения нулевых проводников.....	167
12.5. Выбор сечения проводников по условию соответствия аппаратам защиты.....	175
12.6. Пример расчета осветительной сети.....	177
13. Определение расхода электроэнергии на освещение.....	181
14. Выбор осветительных щитков и мест их размещения.....	183
15. Управление освещением.....	190
16. Техническое обслуживание осветительных установок.....	196
17. Рациональное использование электроэнергии в осветительных установках.....	200
18. Оформление чертежей графической части проектов осветительных установок	205
Литература.....	207
Предметный указатель.....	209
Приложения.....	211

Справочное издание

Козловская Влада Борисовна
Радкевич Владимир Николаевич
Сацукевич Валерий Николаевич

Электрическое освещение

Справочник

Ответственный за выпуск *Г. П. Хаткевич*
Компьютерная подготовка издания: *Е. М. Земцова,*
С. П. Широчин, Д. В. Алахов,

Подписано в печать 06.07.2007 г. Формат 84×108 1/32.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 14,3. Уч.-изд. л. 13,1. Тираж 1500. экз. Заказ 1676

Закрытое акционерное общество «Техноперспектива».

ЛИ № 02330/0133345 от 29.06.2004.

220100, Минск, Сурганова, 47, корпус 5, комната 12

Отпечатано с готовых диапозитивов заказчика

в РУП «Типография «Победа».

ЛП № 02330/0056832 от 30.04.2004.

222310, г. Молодечно, ул. Тавлая, 11



**Закрытое акцiонерное общество
«Техноперспектива»**

предлагает техническую и учебную литературу
220100, г. Минск, Сурганова, 47, комн. 12
Тел. (+375-17) 296-65-56, тел./факс (+375-17) 231-03-18
e-mail: tpbook@rambler.ru

По вопросам приобретения обращаться:

в г. Минске:

ЗАО «Делсар», тел./факс 284-16-55, 210-50-32,
маг. «Академическая книга», тел./факс 292-50-43;

в г. Гродно:

маг. «Кругозор», тел./факс 48-73-12,

в г. Витебске:

«Витебсккнига», тел. 36-95-17;

в г. Гомеле:

«Гомелькнига», тел. 74-31-70;

в г. Бресте:

«Бресткнига», тел. 20-55-58

Наши партнеры в России

в г. Москве:

ООО «Техническая книга», тел. 778-92-27;

в г. Санкт-Петербурге:

маг. «Новая техническая книга», тел. 251-41-10

ISBN 978-985-6591-39-9



9 789856 591399