

*Библиотека*  
**ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**

С. А. КЛЮЕВ

**КАК РАССЧИТАТЬ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ  
ОСВЕЩЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО  
ПОМЕЩЕНИЯ**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»**

601.311  
K52

---

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 128

1268

С. А. КЛЮЕВ

12497

КАК РАССЧИТАТЬ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО  
ПОМЕЩЕНИЯ

*Издание второе, дополненное*

1268

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В., Каминский Е. А., Синьчугов Ф. Н., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

---

ЭЭ-3-3

УДК 628.9.06.001.24

К-52

*В брошюре приводятся основные сведения по устройству электрического освещения производственных помещений. Она знакомит читателей с некоторыми светотехническими величинами, источниками света, системами и способами освещения, нормами освещенности, типами светильников, областями их применения и выбором расположения светильников в производственных помещениях. Описываются различные способы выполнения светотехнических расчетов.*

*Брошюра рассчитана на электромонтеров, бригадиров, мастеров и производителей работ по электроустановкам, не имеющих специальной подготовки по проектированию электрического освещения.*

*Клюев Сергей Александрович.*

**Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения, М. — Л.,**

**издательство „Энергия“, 1964,**

**с. 64 с черт. (Биб-ка электромонтера. Вып. 128)**

**Тематический план 1964 г., № 195.**

Редактор *Э. Я. Бранденбургская*

Техн. редактор *О. П. Печенкина*

Сдано в пр-во 12/II 1964 г.

Подписано к печати 6/IV 1964 г.

Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>

3,28 п. л.

3,5 уч.-изд. л.

T-04259

Тираж 30 000 экз.

Цена 12 коп.

Зак. 1077

---

Московская типография № 10 Главполиграфпрома  
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати  
Шлюзовая наб., 10.

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

Наша социалистическая Родина за годы Советской власти превратилась из отсталой страны со слаборазвитой промышленностью в могущественную индустриальную державу; за годы пятилеток построено много тысяч промышленных предприятий, реконструировано и расширено большое количество старых фабрик и заводов.

XXII съезд КПСС наметил пути создания материально-технической базы, необходимой для перехода к коммунистическому обществу. Для этого в ближайшее двадцатилетие в СССР должно быть построено много новых, расширено и реконструировано большое количество действующих предприятий.

Основной движущей силой современной промышленности является электрическая энергия; она заставляет работать станки и машины, плавит металл, приводит в движение подъемные краны, конвейеры. Перечислить все случаи применения электрической энергии на производстве нет никакой возможности. Большое количество электроэнергии расходуется и на электрическое освещение заводов и фабрик — около 10% всей энергии, потребляемой промышленными предприятиями, тратится на электрическое освещение.

Расходовать электроэнергию на освещение надо так, чтобы она приносила наибольшую пользу.

Каждое производственное помещение должно иметь электрическое освещение; без света не может выполняться никакая работа. Но недостаточно иметь в помещении просто какое-нибудь освещение; от того, хорошо или плохо оно выполнено, зависит успех работы отдельного рабочего, бригады, а иногда и целого цеха. Плохое освещение приводит к снижению производительности труда, увеличению брака в производстве и, что совершенно недопустимо, к несчастным случаям, а также к утомлению зрения.

Правильно выполненное и хорошо эксплуатируемое освещение хотя и требует повышенных затрат, но полностью себя оправдывает, так как оздоравливает условия труда и улучшает производственные показатели промышленного предприятия.

На первый взгляд может показаться, что сделать проект электрического освещения какого-нибудь производственного помещения не слишком трудно и сложно: достаточно повесить на потолке или укрепить на стенах несколько светильников, определить приблизительно мощность ламп, подвести к светильникам электрическую сеть — и помещение будет освещено. Помещение, несомненно, будет освещено, но будет ли такое освещение отвечать условиям работы, окажутся ли все рабочие места хорошо освещенными, будет ли достаточно или чрезмерно светло в цехе, не станет ли освещение вредно действовать на зрение и, наконец, насколько экономично такое освещение, можно сказать, только детально рассмотрев этот наскоро сделанный проект.

В действительности проектирование хорошего или, как принято называть, «рационального» освещения является довольно сложной задачей, требующей специальных знаний. Дело еще больше осложняется имеющимся на практике большим разнообразием производств, производственных процессов и помещений; поэтому при проектировании освещения часто требуется

предварительное ознакомление с условиями и характером работы, особенностями производства, а иногда бывает необходимо опытным путем проверить различные способы и приемы освещения для выбора наилучшего из них.

Данная брошюра рассчитана на читателя, слабо или совсем не знакомого с устройством электрического освещения; она поможет разобраться с основными вопросами проектирования рационального освещения производственных помещений и выполнять простые проекты освещения этих помещений. Так как в небольшой брошюре невозможно охватить всего разнообразия устройства освещения помещений различных отраслей промышленности и видов производства, а также некоторых относительно сложных способов освещения (локализованного, местного), в данной брошюре пришлось ограничиться ознакомлением только с простейшими способами освещения; а именно, когда по всему помещению требуется создать одинаковую освещенность в горизонтальной плоскости, т. е. со случаями, наиболее часто применяемыми в практике проектирования освещения многих помещений различных отраслей промышленности.

Проектирование электрического освещения может быть разделено на две части — светотехническую и электротехническую. Проектирование начинается с первой, светотехнической, части; вопросы, решаемые в ней, и разбираются в данной брошюре. В электротехнической части проекта решаются схемы питания и способы управления освещением, производится выбор трасс и способов прокладки сети освещения и прочие электротехнические и монтажные вопросы, описанные в брошюре «Осветительные сети производственных помещений» (вып. 56 «Библиотеки электромонтера»).

Для читателей, которые захотят более детально ознакомиться с проектированием электрического освещения,

можно рекомендовать книги, помещенные в списке литературы, имеющемся в конце брошюры (пп. 2 и 3) <sup>1</sup>.

Можно также познакомиться с книгой Е. А. Каминского «Как сделать проект простейшей электроустановки», выпущенной в серии «Библиотека электромонтера» [Л. 5], в ней подробно говорится о порядке и задачах разработки проектов электроустановок.

---

<sup>1</sup> В дальнейшем ссылки на соответствующие пункты списка литературы будут обозначаться в квадратных скобках, например [Л. 2, 3].

---

## 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ОСВЕЩЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Чтобы электрическое освещение способствовало успешному выполнению работ, производящихся в помещениях, оно должно отвечать многим требованиям, наиболее важные из которых указываются ниже.

1. Рабочий должен хорошо видеть место своей работы, обрабатываемую деталь и расположенные вокруг рабочего места части помещения. Для этого на рабочем месте и во всем помещении должно быть достаточно светло, или, как это принято называть, должна быть создана необходимая для данных условий работы величина освещенности на рабочем месте и в помещении. Для различных работ и помещений специальными нормами установлены минимальные значения освещенности.

2. Светильники, освещающие помещения и рабочие места, не должны оказывать на глаза рабочих слепящего действия, что может иметь место при неправильном выборе типов светильников, недостаточной высоте их подвеса или неудачном размещении светильников в помещении. Свойство больших яркостей производить ослепленность называется блескостью. Необходимо принимать меры по ослаблению прямой блескости, т. е. слепящего действия ярких частей светильников и ламп, непосредственно попадающих в поле зрения работающих. Часто приходится заботиться также об уменьшении слепящего действия отраженной блескости, вызванной зеркальным отражением ламп и светильников от обрабатываемых и рассматриваемых деталей и частей оборудования.

3. Решающее значение для многих производств оказывает правильный выбор типов источников света (ламп); это относится к цехам, где требуется такое

электрическое освещение, при котором различные цвета и цветовые оттенки различались бы так же хорошо, как при естественном (дневном) освещении. Это можно пояснить следующим примером.

Если на кусок пестрой ткани посмотреть сначала у окна при дневном свете, а затем перенести его в комнату без естественного света, освещаемую обычными лампами накаливания, то в характере окраски ткани будет заметна значительная разница: при лампах накаливания красный цвет менее ярок, чем при естественном освещении; синий цвет при лампах накаливания выглядит темнее. Такое различие в восприятии разных цветов происходит благодаря тому, что естественный свет содержит больше сине-фиолетовых лучей и меньше красных, а свет ламп накаливания — меньше сине-фиолетовых и больше красных.

На текстильных и швейных фабриках, в типографиях и многих других производствах разница в восприятии цветов человеческим глазом при естественном свете и при лампах накаливания сильно вредит производству, и до появления люминесцентных ламп некоторые цехи вынуждены были работать только в дневное время, когда в помещениях было достаточно естественного света. С началом выпуска люминесцентных ламп оказалось возможным освещать такие производства этими новыми источниками света, некоторые типы которых дают свет, близкий по своей цветности к естественному, и разница в восприятии цветов при естественном и искусственном освещении почти полностью исчезает. Кроме того, люминесцентные лампы позволяют в среднем в 2,5 раз повысить величины освещенности по сравнению с лампами накаливания при несколько меньшем расходе электроэнергии; поэтому во многих случаях люминесцентным лампам отдают предпочтение также на производствах, где правильного различения цветов не требуется.

4. Для многих работ не безразлично, как направлен свет на рабочее место. Так, одни работы требуют мягкого, рассеянного света, другие — резконаправленного освещения, иногда под вполне определенным углом. Получение требуемого направления света достигается применением светильников различных типов и правильным их расположением в помещении.

5. Светильники в производственных помещениях должны быть расположены так, чтобы они создавали достаточно равномерную освещенность по всему помещению (или части помещения, для которой нормируется одна и та же величина освещенности). Большая неравномерность освещения приводит к высвечиванию некоторых участков помещения со значительно большей освещенностью, чем требуется, что нарушает спокойный характер освещения и вызывает перерасход энергии.

6. В течение всего времени работы освещения величина освещенности не должна часто и резко изменяться. Совершенно недопустимы колебания освещенности от толчков напряжения в осветительной сети, вызванных, например, пуском мощных электродвигателей или работой электросварочных аппаратов; такие колебания напряжения очень неблагоприятно сказываются на зрении работающих, вызывая утомление зрения и понижение производительности труда.

Не должны также изменяться освещенность и направление света в результате раскачивания светильников, которые в цехах, где такое раскачивание может иметь место, должны иметь жесткое крепление.

7. Типы светильников, устанавливаемых в помещениях, должны отвечать не только светотехническим требованиям, отмеченным ранее, но также соответствовать условиям среды в помещении. Здесь необходимо учитывать такие факторы, как наличие в помещении повышенной влажности, пыли, дыма, копоти, пожаро- и взрывоопасных веществ и газов, выделение в виде газов, паров и пыли веществ, разрушающе действующих на светильники.

8. Наконец, необходимо создавать условия удобного обслуживания электрического освещения и, в частности, позаботиться о свободном доступе к светильникам для смены перегоревших ламп и очистки отражателей и стекол от пыли и грязи.

Если учесть перечисленные требования к электрическому освещению производственных помещений, можно наметить такой перечень вопросов, которые необходимо решать при разработке светотехнической части проекта освещения:

1. Выбор типов источников света.
2. Выбор систем и способов освещения.

3. Выбор величин освещенности.
4. Выбор типов светильников.
5. Выбор расположения и количества светильников.
6. Определение мощности ламп.

Но прежде чем перейти к изложению перечисленных вопросов, необходимо очень коротко познакомиться с некоторыми основными сведениями по светотехнике, без которых будет затруднительно понимание дальнейшего материала.

## 2. О НЕКОТОРЫХ СВОТТЕХНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИНАХ

Каждый источник света, будь то лампа накаливания или люминесцентная лампа, характеризуется рядом светотехнических и электрических величин. Нас будут интересовать только некоторые из них.

Основными электротехническими характеристиками ламп накаливания являются мощность (*вт*) и напряжение (*в*), которое должно быть подведено к лампе. Люминесцентные лампы характеризуются теми же величинами, но напряжение относится не к самой лампе, а к включенному совместно с ней пускорегулирующему аппарату [Л. 6], состоящему обычно из дросселя или дросселя и конденсатора.

Количество видимого глазом света, излучаемого лампой, или, иначе, мощность светового излучения, характеризуется величиной светового потока; единица светового потока — 1 люмен (*лм*). В действующих в СССР стандартах на лампы указываются номинальные величины световых потоков ламп; так, например, нормальная лампа накаливания на напряжение 220 *в* мощностью 150 *вт* излучает световой поток 1900 *лм*, лампа мощностью 500 *вт* — 8100 *лм*; люминесцентная лампа белого света мощностью 40 *вт* — 2480 *лм* и т. д. Данные о характеристиках ламп разных типов приведены в табл. 1 и 2.

На рабочем месте будет тем светлее или, как принято говорить, тем выше будет освещенность, чем больший световой поток падает на рабочую поверхность. Освещенность измеряется в люксах (*лк*). Если на 1 *м*<sup>2</sup> какой-либо поверхности (пол, стол и т. п.) падает световой поток, равный 1 *лм*, то освещенность будет равна 1 *лк*. Один люкс — небольшая величина освещенности, поэтому даже для самых грубых работ, когда

требуется различать только крупные детали или просто ориентироваться в помещении, освещенность должна быть не меньше 10 лк, для работ средней точности 50—200 лк, а для более точных работ требуется освещенность в несколько сотен люкс. Но об этом более подробно будет сказано дальше.

Измерить освещенность можно с помощью специальных приборов, называемых люксметрами. Наиболее простой, так называемый, фотоэлектрический люксметр представляет собой небольшую пластинку из особого вещества — селена, зажатую между стальной пластиной и металлическим кольцом; селен обладает свойством вырабатывать очень слабый электрический ток под воздействием падающего на него света; ток будет тем больше, чем больше освещенность на селеновой пластинке. Если два провода, отходящие от стальной пластины и металлического кольца, присоединить к чувствительному измерительному прибору — гальванометру, то его стрелка будет отклоняться; величина отклонения зависит от величины тока, который в свою очередь зависит от освещенности. На шкале гальванометра нанесены люксы, и, таким образом, стрелка прибора показывает освещенность. Фотоэлектрический люксметр удобен и прост в обращении, им пользуются для контроля освещенности на промышленных предприятиях.

### 3. ВЫБОР ТИПОВ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Как уже говорилось ранее, для освещения помещений в настоящее время наиболее широко используются лампы накаливания, но область применения люминесцентных ламп все более возрастает. О том, какие лампы — накаливания или люминесцентные — применять в конкретных случаях, обычно указывается в задании на проектирование.

Для общего освещения помещений служат лампы накаливания общего назначения, изготавливаемые по ГОСТ 2239-60. Лампы выпускаются для напряжения 127 и 220 в двух исполнениях: с нормальной и повышенной световой отдачей. Лампы с нормальной световой отдачей изготавливаются для всей шкалы мощностей — от 15 до 1500 вт, а лампы с повышенной световой отдачей — только от 40 до 100 вт. Эти лампы имеют не-

сколькo меньшие размеры и грибообразную форму стеклянного баллона. Выпуск ламп с повышенной световой отдачей значительно меньше, чем ламп с нормальной световой отдачей. Они применяются главным образом для освещения жилых помещений.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных в отношении поражения электрическим током (помещения, загроможденные оборудованием, с токопроводящими полами, сырые и т. д.) при высоте подвеса светильников менее 2,5 м для предотвращения опасности поражения людей электрическим током «Правила устройства электроустановок» (сокращенно ПУЭ) [Л. 1] требуют применения светильников специальной конструкции, у которых доступ к лампе был бы невозможен без специальных приспособлений (например, светильники, закрытые колпаком, открываемым с помощью каких-либо инструментов), а в случае использования светильников, не отвечающих этому требованию, должно применяться напряжение не выше 36 в. В последнем случае для общего освещения используются лампы накаливания на напряжение 36 в мощностью 14, 25, 50, 75 и 100 вт. Основные характеристики ламп накаливания, применяемых для общего освещения, приведены в табл. 1.

Люминесцентные лампы изготавливаются по ГОСТ 6825-61. Они имеют мощность 15, 20, 30, 40 и 80 вт. Организовывается выпуск и более мощных ламп — 125 вт, размеры которых одинаковы с лампами 80 вт. Для ламп 15 и 20 вт пускорегулирующие аппараты выпускаются только для включения в сеть напряжением 127 в, а для ламп 30, 40, 80 и 125 вт — только для 220 в. В производственных помещениях для общего освещения лампы 15, 20 и 30 вт применяются редко. Они используются главным образом в установках местного освещения, где, кроме того, применяются люминесцентные лампы мощностью 8 вт.

По цветности излучаемого ими света люминесцентные лампы выпускаются пяти типов:

а) лампы дневного света, предназначенные для правильной цветопередачи (сокращенно обозначаются ЛДЦ), их свет имеет голубоватый оттенок и приближается к дневному естественному свету;

Таблица 1

## Лампы накаливания для общего освещения

Мощность, вт	Световой поток, лм		Размеры, мм		Тип цоколя
	Лампы на 220 в	Лампы на 127 в	диаметр	длина	
С нормальной световой отдачей					
15	105	130	61	104	P-27
25	205	235	61	104	P-27
40	370	440	66	110	P-27
60	620	740	66	110	P-27
75	840	980	66	121	P-27
100	1 240	1 400	66	121	P-27
150	1 900	2 300	81	170	P-27
200	2 700	3 200	97	200	P-27
300	4 350	5 150	112	232	P-27 или P-40
500	8 100	9 100	112	232	P-40
750	13 100	14 250	152	300	P-40
1 000	18 200	19 500	152	300	P-40
1 500	28 000	29 500	167	335	P-40

## С повышенной световой отдачей

40	430	490	46	87	P-27
60	700	820	51	93	P-27
75	950	1 080	56	97	P-27
100	1 380	1 560	61	102	P-27

## Лампы для напряжения 36 в

14	100	51	82	P-27
25	200	51	82	P-27
50	500	61	107	P-27
75	1 085	66	131	P-27
100	1 600	66	131	P-27

Срок службы всех ламп 1 000 ч. Лампы до 150 вт выпускаются в прозрачных и матированных баллонах, свыше 150 вт — только в прозрачных баллонах.

б) лампы дневного света, не предназначенные для правильной цветопередачи (сокращенно обозначаются ЛД); цвета и цветовые оттенки при них незначительно искажаются;

в) лампы холодно-белого света (обозначаются ЛХБ), свет которых имеет менее голубой оттенок, чем у ламп ЛД;

г) лампы тепло-белого света (обозначаются ЛТБ), близкие по цветности к лампам накаливания;

д) лампы белого света (обозначаются ЛБ), свет которых имеет цветность, промежуточную между лампами ЛДЦ и ЛТБ.

Цветность обозначается на одном из концов стеклянной трубки лампы. У горящих ламп при известном навыке цветность может быть определена глазом: лампы ЛДЦ, ЛД и ЛХБ имеют сине-голубую окраску, более темную у ЛДЦ и самую светлую у ЛХБ, лампы ЛТБ — розоватого цвета, а ЛБ — белого. Разница в цветности особенно отчетливо видна, если включить несколько рядом расположенных ламп разной цветности.

В каких же случаях следует применять люминесцентные лампы той или другой цветности?

В помещениях, где по характеру работы требуется правильное различение цветовых оттенков, должны устанавливаться лампы ЛДЦ и при менее жестких требованиях к правильности цветопередачи — ЛД и ЛХБ.

Когда в производственных помещениях нет надобности в правильном различении цветов, но в этих помещениях выполняются точные и напряженные зрительные работы, целесообразно применять лампы ЛБ. Они используются также в помещениях без достаточного естественного освещения, в которых постоянно находятся люди. Часто лампами ЛБ освещают конструкторские и чертежные бюро и конторские помещения.

Лампы ЛТБ используются преимущественно в установках архитектурно-художественного освещения, часто в сочетании с лампами ЛД и ЛБ.

Характеристики люминесцентных ламп указаны в табл. 2.

Люминесцентные лампы включаются в сеть через специальные пускорегулирующие аппараты. Существуют различные схемы этих аппаратов и включения ламп. Подробнее об этом говорится в брошюре «Люминесцентные лампы и схемы их включения в сеть» Н. В. Волоцкого, выпущенной в «Библиотеке электромонтера» [Л. 6].

Для освещения высоких цехов металлургических, машиностроительных и некоторых других заводов, а также для уличного освещения крупных городов в последнее время начали применяться ртутные лампы с исправленной цветностью типа ДРЛ. Эти лампы в отличие от люминесцентных имеют значительно боль-

## Люминесцентные лампы

Мощность, вт	Световой поток, лм					Размеры, мм		
	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ	диаметр трубки	полная длина со штырька- ми	длина без штырьков
15	450	525	600	630	600	25	451	436
20	620	760	900	980	900	38	604	589
30	1 100	1 380	1 500	1 740	1 500	25	909	894
40	1 520	1 960	2 200	2 480	2 200	38	1 213	1 198
80	2 720	3 440	3 840	4 320	3 840	38	1 515	1 500

Срок службы ламп не менее 5 000 ч.

шую мощность — они изготавливаются мощностью 80, 125, 250, 500, 750 и 1 000 вт, по форме напоминают лампы накаливания — имеют стеклянный баллон овальной формы и резьбовой цоколь Р-40. Лампы ДРЛ экономичнее ламп накаливания той же мощности в 2,5 раза. Их свет содержит много сине-фиолетовых лучей и поэтому их можно применять только в помещениях, где не предъявляется высоких требований к цветности источников света. Ртутные лампы изготавливаются пока в небольших количествах, но их производство в ближайшие годы будет резко расширено. Лампы мощностью 80, 125 и 250 вт используются преимущественно для наружного освещения.

#### 4. ВЫБОР СИСТЕМ И СПОСОБОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Для освещения производственных помещений применяются две системы освещения: система общего освещения и система комбинированного освещения.

При системе общего освещения светильники устанавливаются только в верхней зоне помещения — на потолке, на фермах, иногда на стенах, колоннах или на технологическом оборудовании. Эти светильники называются светильниками общего освещения и служат для освещения всего помещения. Они могут устанавливаться равномерно, на равных расстояниях

один от другого, и тогда говорят, что в помещении создается общее равномерное освещение.

Иногда бывает необходимо создавать более высокую освещенность для отдельных участков помещения, что может быть достигнуто разными способами: над такими участками светильники устанавливаются более часто или на меньшей высоте, а иногда увеличивается мощность ламп. Такое освещение называется локализованным, или системой общего локализованного освещения.

Локализованное освещение применяется, например, в цехах, где часть рабочих операций выполняется на конвейерах (сборка различных приборов и механизмов, швейное производство и др.), где производятся наиболее напряженные зрительные работы, и в этой зоне создается наибольшая освещенность, а на остальных участках цеха, где выполняются вспомогательные операции (складирование, подвозка деталей, разные грубые работы) или используемые для прохода людей и проезда внутрицехового транспорта, освещенность может быть значительно понижена.

При комбинированном освещении в помещении устанавливаются светильники общего освещения и дополнительно на рабочих местах (станках, верстаках, рабочих столах и т. п.) — светильники местного освещения, служащие для повышения освещенности в рабочей зоне. Устройство одного местного освещения без общего не разрешается. При комбинированном освещении общее освещение обычно выполняется равномерным.

При каких условиях и в каких случаях применяется та или другая система освещения?

Составить список производств или помещений, где следует применять каждую из систем, невозможно из-за большого разнообразия производств и помещений, можно дать только общие соображения и рекомендации, руководствуясь которыми в каждом конкретном случае должен производиться выбор системы освещения.

Общее равномерное освещение применяется в производственных помещениях, где работа производится по всей площади помещения, например в крупноборочных, литейных и сварочных цехах машиностроительных заводов, в ткацких цехах текстильных фабрик, чертежно-конструкторских бюро и конторских

помещениях, а также во вспомогательных и непроизводственных помещениях.

Локализованное освещение устраивается в производственных помещениях, где имеются участки цеха или отдельные рабочие места больших размеров, требующие более высокой освещенности, чем остальные участки помещения, например, конвейер или район расположения сборочных столов. Локализованное освещение применяется в печатных цехах типографий, где необходимо создавать повышенную освещенность на больших печатных машинах, в механосборочных цехах на участках сборочных работ, на швейных фабриках при работах на конвейерах и во многих других производственных помещениях.

Комбинированное освещение применяется в помещениях, где имеются рабочие места с тонкими и точными зрительными работами, требующими большой освещенности. Наиболее широко местное освещение распространено в механических и слесарных цехах, где светильники устанавливаются на каждом станке и верстаке.

## 5. ВЫБОР ВЕЛИЧИН ОСВЕЩЕННОСТИ

При проектировании электрического освещения производственного помещения очень важно правильно выбрать величину освещенности. Если создать освещенность меньшую, чем это необходимо по характеру работы, ухудшатся условия труда, глаза рабочих будут быстро утомляться, а это вызовет уменьшение выпуска продукции и снижение ее качества. На некоторых производствах при недостаточной освещенности может возрасти число несчастных случаев.

Если же освещенность окажется значительно выше требуемой, это вызовет увеличение расходов на монтаж и эксплуатацию освещения из-за увеличения количества и мощности светильников, повышения расходов на оплату электроэнергии и увеличения стоимости замены перегоревших ламп.

Выбор величин освещенности для производственных помещений должен производиться в строгом соответствии с характером производственного процесса. В СССР действуют обязательные для всех организаций и ведомств Строительные нормы и правила (сокращенно

СНиП), содержащие «Нормы искусственного освещения», которые также помещены в разделе VI ПУЭ [Л. 1]. Эти нормы дают возможность определять необходимую освещенность в соответствии с характером и особенностями зрительной работы. Но нормы составлены применительно не к определенным производственным помещениям и рабочим местам, а в более общем виде: в них указываются минимально необходимые величины освещенности в зависимости от размера рассматриваемых глазом подробностей и деталей на обрабатываемых предметах, степени контраста рассматриваемых объектов с окружающим их фоном и от некоторых других факторов. Такие нормы практически не используются; ими пользуются главным образом для составления так называемых отраслевых норм освещенности. В отраслевых нормах, составленных для различных отраслей промышленности (металлургическая, машиностроительная, текстильная, швейная, полиграфическая и многие другие), указывается, какая освещенность должна создаваться для каждого помещения, рабочего места или производственного процесса.

Так как количество отраслей промышленности в нашем народном хозяйстве очень велико, нет никакой возможности в небольшой брошюре поместить все или даже часть отраслевых норм освещенности. Однако имеются отдельные помещения, встречающиеся на многих промышленных предприятиях, для которых будет целесообразно указать в этой брошюре требуемые освещенности. К таким помещениям относятся, например, механические, ремонтные, деревообделочные цехи, кузницы, склады, конторские и бытовые помещения и некоторые другие. Освещенности для таких часто встречающихся помещений указаны в табл. 3.

Чтобы правильно пользоваться таблицей норм, необходимо познакомиться с некоторыми их особенностями:

1. В нормах указаны неодинаковые величины освещенности при освещении люминесцентными лампами и лампами накаливания: при люминесцентных лампах нормируется освещенность от 2 до 3 раз более высокая, чем при лампах накаливания. На первый взгляд такое различие может показаться несколько странным, неужели свет люминесцентных ламп хуже, чем у ламп на-

## Нормы освещенности для некоторых производственных и вспомогательных помещений

№ п/п.	Наименование помещений и рабочих мест	Наименование рабочей поверхности	Минимальная освещенность, лк						Коэффициент запаса	
			при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ			при лампах накаливания				
			Комбинированное освещение		Одно общее освещение	Комбинированное освещение		Одно общее освещение	при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ	при лампах накаливания
			общее плюс местное	от общего освещения		общее плюс местное	от общего освещения			
1	Механический цех; металлообрабатывающие станки, слесарные верстаки	Плоскость на уровне 0,8 м от пола	500	200	Одно общее освещение не рекомендуется	500	50	Одно общее освещение не рекомендуется	1,5	1,3
2	Инструментальный цех; металлообрабатывающие станки, разметочные плиты, столы приемки и браковки	То же	2 000	200	То же	1 000	100	То же	1,5	1,3
3	Сборочный цех крупных изделий и машин:									
	а) стенды	То же	150	100	150	150	50	50	1,5	1,3
	б) конвейеры	То же	200	100	200	200	50	75	1,5	1,3

№ п/п.	Наименование помещений и рабочих мест	Наименование рабочей поверхности	Минимальная освещенность, лк						Коэффициент запаса	
			при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ			при лампах накаливания				
			Комбинированное освещение		Одно общее освещение	Комбинированное освещение		Одно общее освещение		
			общее плюс местное	от общего освещения		общее плюс местное	от общего освещения			
4	Сборочный цех мелких изделий: а) стенды, столы	Плоскость на уровне 0,8 м от пола	1 000	200	300	500	100	150	1,5	1,3
5	б) конвейеры Сборочный цех точных приборов и механизмов		1 500	200	400	750	100	200	1,5	1,3
		2 000	200	Одно общее освещение не рекомендуется	1 000	100	Одно общее освещение не рекомендуется	1,5	1,3	
6	Кузнечный цех: а) ковочные молоты, механические молоты б) на прессах в) прочие участки цеха	То же	—	—	150	—	—	50	1,8	1,5
		То же	—	—	200	—	—	75	1,8	1,5
		Пол	—	—	100	—	—	30	1,8	1,5

№ п/п.	Наименование помещений и рабочих мест	Наименование рабочей поверхности	Минимальная освещенность, лк					Коэффициент запаса		
			при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ			при лампах накаливания		при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ	при лампах накаливания	
			Комбинированное освещение		Одно общее освещение	Комбинированное освещение				Одно общее освещение
			общее плюс местное	от общего освещения		общее плюс местное	от общего освещения			
7	Термический цех	Пол	—	—	150	—	—	50	1,8	1,5
8	Прессовый цех и холодноштамповый цех	Плоскость на уровне 0,8 м от пола	—	—	200	—	—	75	1,5	1,3
9	Деревообрабатывающие цехи и модельные мастерские:									
	а) станки и верстаки	То же	400	100	200	400	50	100	1,8	1,5
	б) чертежно-разметочные работы на дереве	То же	1 000	200	400	500	100	150	1,8	1,5
	в) загрузочные площадки, пути подачи древесины	Пол	—	—	75	—	—	20	1,8	1,5
10	Машинные залы крупных насосных, компрессорных	Пол	—	—	150	—	—	50	1,5	1,3
11	Небольшие насосные, компрессорные	Пол	—	—	100	—	—	30	1,5	1,5

№ п/п.	Наименование помещений и рабочих мест	Наименование рабочей поверхности	Минимальная освещенность, лк					Коэффициент запаса		
			Комбинированное освещение			Одно общее освещение	Комбинированное освещение		при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ	при лампах накаливания
			при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ		при лампах накаливания					
			общее плюс местное	от общего освещения	Одно общее освещение	общее плюс местное	от общего освещения	Одно общее освещение		
12	Вентиляционные камеры	Пол	Люминесцентное освещение не рекомендуется	—	—	—	30	—	1,5	
13	Материальные склады, инструментальные кладовые	Пол	То же	—	—	—	20	—	1,3	
14	Склад кислот красок, горючих жидкостей	Пол	То же	—	—	—	20	—	1,3	
15	Склад моделей, оборудования, запасных частей	Пол	То же	—	—	—	10	—	1,3	
16	Склад строительных материалов, сыпучих веществ	Пол	То же	—	—	—	5	—	1,3	
17	Склад угля	Пол	То же	—	—	—	5	—	1,7	
18	Кабинеты и рабочие комнаты для конторских занятий	Плоскость на уровне 0,8 м от пола	—   —	200	—	—	75	1,5	1,3	

№ п/п.	Наименование помещений и рабочих мест	Наименование рабочей поверхности	Минимальная освещенность, лк						Коэффициент запаса	
			при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ			при лампах накаливания				
			Комбинированное освещение		Одно общее освещение	Комбинированное освещение		Одно общее освещение	при люминесцентных лампах и лампах ДРЛ	при лампах накаливания
			общее плюс местное	от общего освещения		общее плюс местное	от общего освещения			
19	Проектные, конструкторские, чертежные бюро, машинописные и машиносчетные бюро	Плоскость на уровне 0,8 м от пола	—	—	300	—	—	150	1,5	1,3
20	Комнаты общественных организаций	То же	—	—	150	—	—	75	1,5	1,3
21	Залы столовых и буфетов, варочные, заготовочные и моечные при столовых	То же	—	—	200	—	—	75	1,5	1,3
22	Санитарные узлы в административных и промышленных зданиях	Пол	—	—	75	—	—	30	1,5	1,3
23	Главные лестницы, коридоры и проходы в административных и промышленных зданиях	Пол	—	—	75	—	—	20	1,5	1,3
24	Прочие лестницы, коридоры и проходы в административных и промышленных зданиях	Пол	—	—	50	—	—	10	1,5	1,3

каливания, и поэтому приходится увеличивать освещенность? Нет, здесь дело не в качестве света, у тех и других ламп свет одинаков для зрения; различие же норм объясняется следующими причинами.

Освещенность, указанная в нормах для ламп накаливания, является тем минимумом, при котором работа выполняется без чрезмерного зрительного напряжения; если такую же освещенность получить от люминесцентных ламп, то условия работы для глаза не изменятся. Но поскольку люминесцентные лампы в 2,5—3 раза экономичнее ламп накаливания при люминесцентных лампах можно при меньшем расходе электроэнергии значительно повысить освещенность, что благоприятно отразится на зрении рабочих и на эффективности их работы.

Есть еще причина целесообразности повышения освещенности при люминесцентных лампах: для многих работ и помещений при лампах накаливания требуется сравнительно небольшая освещенность — 10, 20, 30, 50 лк. Если в двух одинаковых помещениях создать одинаковую освещенность, например 30 лк, в одном — лампами накаливания, а в другом — люминесцентными лампами, то будет казаться, что в первом помещении светлее, чем во втором, тогда как в действительности глаза будут испытывать одинаковое зрительное напряжение при работе как в одном, так и в другом помещении. Такое впечатление недостаточности, или, как это называют, сумеречности, освещения при малых освещенностях от люминесцентных ламп объясняется тем, что освещенность в несколько десятков люкс бывает на улице в вечерние часы, в сумерки (в дневное время освещенность от естественного света достигает несколько тысяч и даже десятков тысяч люкс), а так как цветность люминесцентных ламп близка к цветности дневного света, то небольшие освещенности при этих лампах производят впечатление недостаточного, сумеречного освещения.

В табл. 3 в разных столбцах указаны нормы освещенности при освещении лампами накаливания и люминесцентными лампами.

2. В отраслевых нормах для многих работ и помещений приводятся разные величины освещенности для двух разных систем освещения:

а) при устройстве только одного общего освещения;

б) при комбинированном освещении.

При этом для системы комбинированного освещения указывается отдельно, какая освещенность должна создаваться по всему помещению светильниками общего освещения и какая освещенность должна быть на рабочем месте от совместного действия светильников общего и местного освещения.

3. Указанная в нормах освещенность должна создаваться на так называемой рабочей поверхности; для одних помещений за рабочую поверхность принимается пол, для других — горизонтальная плоскость на уровне 0,8 м от пола и т. д. При расчете освещения необходимо знать, как располагается рабочая поверхность; для этого в табл. 3 в отдельной графе указывается, на какой поверхности должна создаваться нормируемая освещенность.

4. Если измерить освещенность от только что смонтированных светильников, а спустя несколько недель или месяцев вновь произвести измерение, можно убедиться в том, что освещенность уменьшилась. Это происходит от нескольких причин: новые лампы дают больше света, чем уже проработавшие некоторое время. Особенно сильно уменьшается световой поток у люминесцентных ламп. Постепенно уменьшается и количество света, выходящего из светильников, из-за их запыления и загрязнения. На уменьшение освещенности оказывает влияние также загрязнение стен и потолка помещения, от которых отражается меньше света, чем в первый период эксплуатации. При расчете освещения приходится учитывать такое уменьшение освещенности, и поэтому в расчеты вводят так называемый коэффициент запаса, величина которого зависит от степени запыленности помещения, наличия в нем дыма, копоти, испарений, а также типа источников света.

Величина коэффициента запаса при лампах накаливания берется в зависимости от характера помещения 1,3; 1,5 и 1,7, при люминесцентных лампах 1,5; 1,8 и 2. Если для какого-нибудь помещения норма освещенности равна, например, 50 лк, а коэффициент запаса 1,5, то новая осветительная установка должна создавать освещенность, равную  $50 \cdot 1,5 = 75$  лк.

В табл. 3 указаны величины коэффициента запаса для каждого цеха и помещения отдельно для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

## 6. ВЫБОР ТИПОВ СВЕТИЛЬНИКОВ

Освещение производственных помещений голыми, т. е. открытыми, лампами является наиболее простым способом освещения. Однако этот способ недопустим по многим причинам.

Открытые лампы излучают световой поток равномерно по всем направлениям, поэтому во многих случаях общая мощность освещения получается значительно бóльшая, чем при установке ламп в светильниках. Происходит это оттого, что значительная часть светового потока ламп падает на стены и потолок помещения и при темной окраске или значительном загрязнении стен и потолка этот свет будет безвозвратно потерян. Если же лампы установить в светильниках, имеющих отражатели, хорошо отражающие свет, то на рабочую поверхность попадает бóльшее количество света и световой поток ламп будет использоваться более рационально. Иными словами, светильники перераспределяют световой поток ламп, посылая его в требуемом направлении.

Лампы, не защищенные отражателями или рассеивающими свет стеклянными колпаками (матированными, молочными и т. п.), оказывают вредное слепящее действие на глаза людей, работающих или находящихся в помещении, и поэтому применение открытых ламп запрещается. Кроме того, светильники надежно предохраняют лампы от возможных повреждений и вредного воздействия на лампу и патрон сырости, дыма, копоти, кислотных, щелочных и других испарений, которые имеются во многих производственных помещениях. Во взрывоопасных и пожароопасных помещениях светильники препятствуют возникновению взрыва или пожара, которые могут произойти, например, от искрения в патроне или вследствие короткого замыкания в проводах, вводимых в патрон.

Выпускаемые промышленностью светильники различаются по многим признакам, основными из которых являются: коэффициент полезного действия (к. п. д.), характер светораспределения и способы уменьшения

спящего действия ламп, конструктивное исполнение, способ установки, мощность и количество ламп.

Коэффициентом полезного действия (к. п. д.) светильника называется отношение светового потока, выходящего из светильника к световому потоку установленной в нем лампы. К. п. д. измеряется в долях единицы (например, 0,65) или в процентах (65%). Величина к. п. д. в известной степени характеризует экономичность светильника. В зависимости от назначения, конструкции, светораспределения и характера применяемых светорассеивающих и отражающих свет материалов к. п. д. светильников колеблется в среднем в пределах от 45 до 82%. Минимальные значения к. п. д. светильников разных типов обусловлены соответствующими стандартами и техническими условиями на светильники.

По характеру светораспределения светильники различаются в зависимости от того, какая часть светового потока, выходящего из светильника, направлена вниз или вверх от светильника, или в верхнюю и нижнюю полусферы. Существует пять групп светильников, каждая из которых имеет свою область применения.

Светильники прямого света (рис. 1,а) — излучают в нижнюю полусферу не менее 90%<sup>1</sup> всего светового потока.

Светильники преимущественно прямого света (рис. 1,б) — излучают в нижнюю полусферу от 60 до 90%<sup>1</sup> всего светового потока.

Светильники рассеянного света (рис. 1,в) — излучают в каждую полусферу от 40 до 60%<sup>1</sup> всего светового потока.

Светильники преимущественно-отраженного света (рис. 1,г) — излучают в верхнюю полусферу от 60 до 90%<sup>1</sup> всего потока.

Светильники отраженного света (рис. 1,д) — излучают в верхнюю полусферу не менее 90%<sup>1</sup> всего потока.

Светильники прямого света используются в помещениях с темными, плохо отражающими свет потолком, полами и стенами, например, в цехах с металлическими фермами, световыми фонарями и большими окнами, — в прокатных, мартеновских, литейных, механических и других цехах, где выделяется много пыли, дыма, копоти

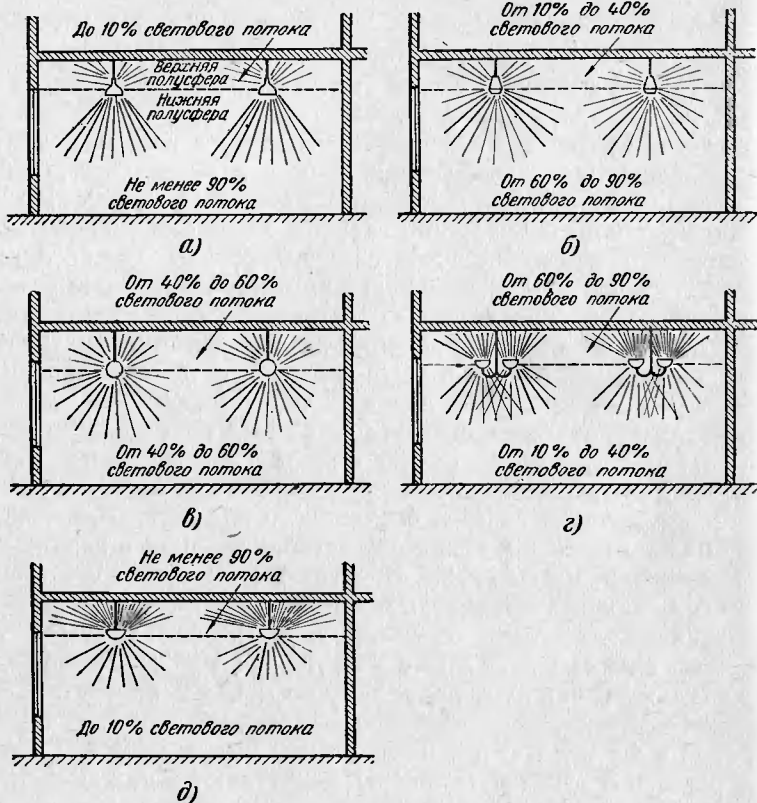


Рис. 1. Светораспределение светильников.

*а* — светильники прямого света; *б* — светильники преимущественно-прямого света; *в* — светильники рассеянного света; *г* — светильники преимущественно-отраженного света; *д* — светильники отраженного света.

и разных испарений. От светильников прямого света получаются довольно резкие тени, не смягчаемые светом, отраженным от стен и потолка.

Светильники преимущественно-прямого света устанавливаются в цехах, имеющих стены, потолки и полы, хорошо отражающие свет. Эти светильники дают довольно мягкие тени; смягчение теней имеет большое значение для многих цехов и видов работ, особенно при отсутствии местного освещения.

Светильники рассеянного света применяются в случаях, когда требуется осветить не только нижнюю часть

помещения, например, на химических заводах, в котельных и других помещениях, где вверху расположены различные трубопроводы, конвейеры и прочее оборудование, требующее наблюдения. Светильники рассеянного света используются также в конторских и бытовых помещениях со светлыми потолками и стенами.

Светильники преимущественно-отраженного и отраженного света необходимы в случаях, когда по характеру работы нежелательны даже незначительные тени (например, чертежно-конструкторские бюро); они находят применение и в установках архитектурно-художественного освещения.

Наиболее экономичными являются светильники прямого света, затем следуют преимущественно-прямого, а ними рассеянного, преимущественно-отраженного и отраженного света. Но чем экономичнее светильники, тем более глубокие тени они создают, а это не всегда бывает допустимо по условиям работы. Поэтому при выборе типов светильников надо отдавать предпочтение более экономичным светильникам, но с учетом назначения помещения и характера выполняемых в нем работ, а также его строительных особенностей. Это значит, например, что не следует устанавливать светильники прямого света в таких вспомогательных помещениях, как вестибюли, коридоры, лестницы, так как при таких светильниках верхняя часть помещения освещается слабо, что придает неблагоприятный вид всему помещению.

Для защиты от слепящего действия ламп одни светильники имеют непрозрачный отражатель, другие — рассеивающие свет колпаки из молочного, опалового или матированного стекла, закрывающие лампу. Некоторые типы светильников имеют и рассеиватель, и отражатель. Иногда для уменьшения слепящего действия в светильниках устанавливаются лампы не с прозрачной, а с матированной колбой.

У светильников для люминесцентных ламп, имеющих большие размеры, отражатели закрывают лампу только сбоку; поэтому люминесцентные светильники иногда имеют специальные защитные решетки, расположенные под лампой.

Чем выше подвешиваются светильники, тем менее слепящее действие они оказывают. Поясним это простым примером. В ясный безоблачный день, в дневные часы,

когда солнце стоит высоко в небе, если не поднимать глаза вверх, мы не испытываем слепящего действия солнца. Ближе к вечеру солнце опускается все ниже и ниже над горизонтом, и если обернуться на запад, то даже если мы не будем поднимать глаза вверх, яркий солнечный диск будет вызывать ослепление.

Таблица 4

**Наименьшая допустимая высота подвеса над полом светильников с лампами накаливания**

Наименование светильников	Наименьшая высота подвеса над полом, м, при лампах		
	в матированной колбе (до 150 <i>вт</i> )	в прозрачной колбе	
		до 200 <i>вт</i> включительно	свыше 200 <i>вт</i>
Универсаль без стекла или с прозрачным стеклом, Глубокоизлучатель эмалированный, ПУ с отражателем и с прозрачным стеклом	2,5	3	4
Универсаль с матированным стеклом, ПУ с отражателем и с матированным стеклом	—	2,5	3,5
ПУ без отражателя с матированным стеклом, плафоны с матированными стеклами	—	3	4
Люцетта молочного стекла	2,5	3	4
Шар молочного стекла, плафоны с молочными стеклами	—	2,5	3
Фарфоровый до 60 <i>вт</i> , с матовой лампой или с матовым стеклом	Высота подвеса может быть любой	—	—

Примечания: 1. Высота подвеса может быть любая для светильников, имеющих матированные стекла и лампы мощностью не более 60 *вт*.

2. Указанные в табл. 4 высоты могут быть уменьшены на 0,5 м в следующих случаях:

- а) в помещениях, для которых при одном общем освещении нормируется освещенность меньше 50 *лк*;
- б) в помещениях, длина которых не более двойной высоты подвеса светильников над полом;
- в) в помещениях для временного пребывания людей.

То же самое происходит и в помещениях, освещаемых светильниками; представим себе, что светильник с непрозрачным отражателем подвешен в помещении на высоте, немного большей человеческого роста. Тогда, отойдя совсем немного от светильника и глядя вдаль, не поднимая глаза вверх, мы почувствуем, что яркая нить лампы попадает в поле нашего зрения и мешает спокойно рассматривать и хорошо различать, что происходит в глубине помещения. Стоит только поднять светильник немного выше, лампа выйдет из поля зрения, глазам станет намного спокойнее, и мы станем хорошо различать объекты нашего наблюдения.

В целях уменьшения слепящего действия ламп установлена минимально допустимая высота подвеса светильников над полом в зависимости от их светотехнических характеристик и мощности ламп. Наименьшие допустимые высоты подвеса светильников с лампами накаливания указаны в табл. 4, для люминесцентных светильников — в табл. 5.

Таблица 5

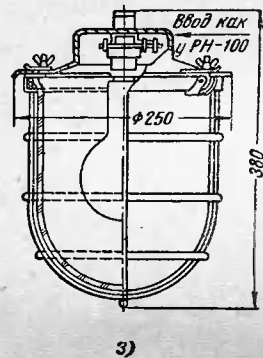
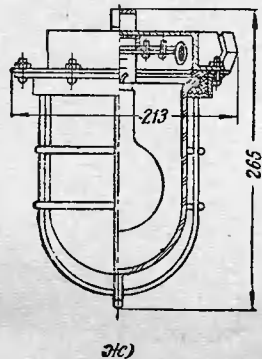
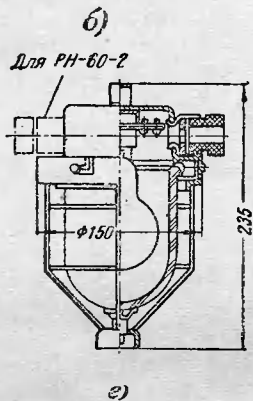
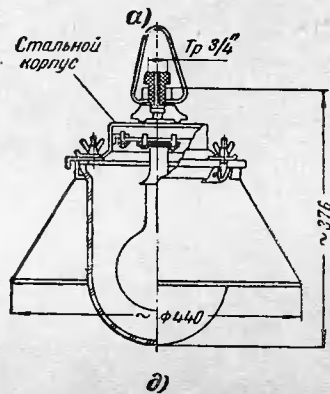
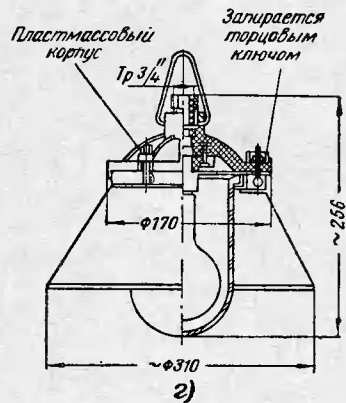
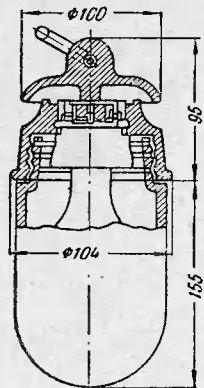
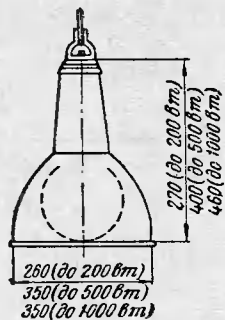
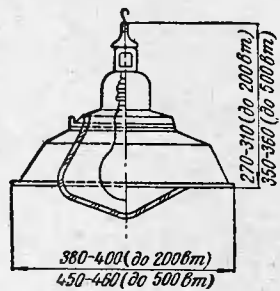
**Наименьшая допустимая высота подвеса люминесцентных светильников**

Типы светильников	Наименьшая допустимая высота подвеса над полом, м
Двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при одиночной установке или при непрерывных рядах из одиночных светильников . . . . .	3,5
Двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при непрерывных рядах из сдвоенных светильников . . . . .	4
Двухламповые светильники ШЛД, ШОД . . . . .	2,5
Двухламповые уплотненные светильники ПВЛ . . . . .	3

По степени защиты светильников от воздействия окружающей среды, проникновения в них паров, пыли и т. п. светильники подразделяются на следующие исполнения:

**Открытые**, в которых лампа не отделена от внешней среды.

**Защищенные**, в которых лампа и патрон закрыты защитным, пропускающим свет колпаком, прикреп-



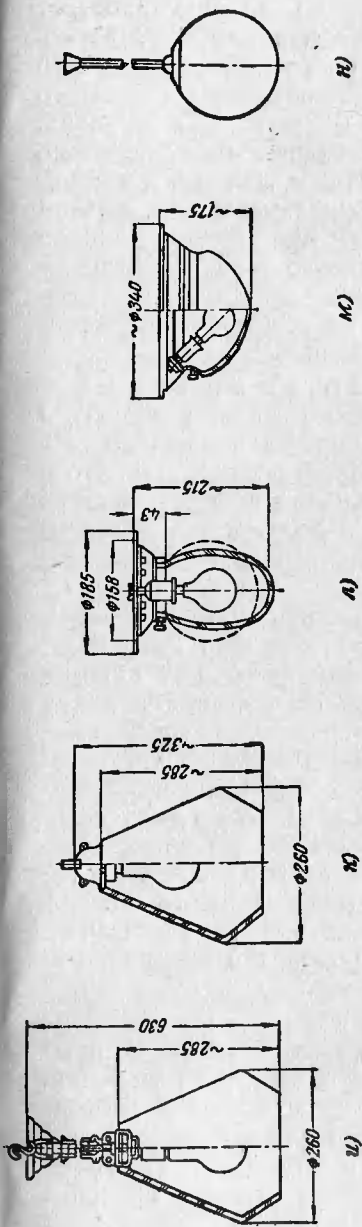


Рис. 2. Светильники для ламп накаливания.

а — Универсаль; б — Глубокоизлучатель эмалированный; в — фарфоровый до 60 вт; г — ПУ-100; д — ПУ-200; е — РН-60; ж — РН-100; з — РН-200; и — Люцетта; к — Люцетта с фарфоровым патроном; л — плафон одноламповый; м — плафон двухламповый; н — шар.

ленным к корпусу светильника без уплотнения так, чтобы не препятствовать обмену воздуха между внутренними частями светильника и окружающей средой.

Влагозащитные, корпус и патрон которых хорошо переносят воздействие влаги и хорошо сохраняется изоляция введенных в светильник проводов.

Закрытые, имеющие корпус и защитный колпак, препятствующие проникновению к лампе и патрону пыли.

Взрывозащитные, предназначенные для установки во взрывоопасных помещениях.

Для освещения производственных помещений наиболее широко используются следующие типы светильников.

### Светильники

для ламп накаливания (рис. 2).

Универсаль (рис. 2, а) — светильник прямого света, изготавливается двух размеров — для ламп до 200 и до 500 вт; рассчитан

на нормальные условия среды, но хорошо работает в помещениях с повышенной влажностью и пыльностью. В большинстве случаев применяется без защитного стекла и тогда он является светильником открытого типа. При небольших высотах подвеса и в случаях, когда необходимо уменьшить слепящее действие ламп, снабжается матированным защитным стеклом, а в помещениях с горючей пылью — прозрачным стеклом (для уменьшения пожарной опасности); при наличии колпака считается светильником защищенного типа. Подвешивается обычно на высоте 3—6 м.

Универсаль является одним из основных светильников для производственных помещений.

**Г л у б о к о и з л у ч а т е л ь э м а л и р о в а н н ы й** (рис. 2,б) — светильник прямого света, открытого типа; изготавливается трех размеров — для ламп до 200, 500 и 1 000 *вт*. Применяется в тех же помещениях, что и Универсаль, без защитного стекла, но в более высоких помещениях (6 м и выше). Как и Универсаль, эмалированный Глубокоизлучатель является одним из наиболее распространенных светильников.

В последнее время светотехническая промышленность начала осваивать новые типы светильников Глубокоизлучатель, отражатели которых выполняются из обработанного термохимическим способом алюминия. Такая обработка придает поверхности отражателя свойства направленно-рассеянного отражения, что делает светораспределение светильников более концентрированным, чем у эмалированных Глубокоизлучателей. Будут выпускаться светильники типа Гс (со средней концентрацией светового потока) для ламп до 500, 1 000 и 1 500 *вт* и типа Гк (с повышенной концентрацией светового потока) для ламп мощностью до 1 000 *вт*. Эти светильники предназначены для освещения помещений с большой высотой.

**Ф а р ф о р о в ы й с в е т и л ь н и к д о 60 вт** (рис. 2,в) — рассеянного света, влаго- и пылезащищенный; имеет прозрачное защитное стекло. Для уменьшения слепящего действия должен применяться с матовой лампой. Выпускается в исполнении для подвешивания и с отдельным вводом каждого из проводов. Пригоден для сырых, особо сырых, с химически активной средой и пыльных помещений при небольшой высоте.

Фарфоровый светильник получил большое распространение, но в последнее время его выпуск сокращается и он заменяется другими светильниками для аналогичной области применения, но с корпусами, выполненными из других материалов (металл, пластмасса).

Светильник промышленный уплотненный типа ПУ (рис. 2,г и д) — влаго- и пылезащищенный; изготавливается двух размеров — до 100 и до 200 *вт* (ПУ-100 и ПУ-200). Выпускается с матированным защитным стеклом, без отражателя (светильник рассеянного света) и с отражателем (светильник прямого света). Широко применяется для сырых, особо сырых, пыльных и пожароопасных помещений и помещений с химически активной средой. Для доступа к лампе у светильника ПУ-100 колпак снимается только с помощью специального ключа или других инструментов; поэтому светильники ПУ-100 можно устанавливать при напряжении 127 и 220 *в* на высоте меньше 2,5 *м*.

Светильник рудничный типа РН (рис. 2,е, ж и з) — рассеянного света, влаго- и пылезащищенный; изготавливается трех размеров — до 60, 100 и 200 *вт* (РН-60, РН-100 и РН-200). Светильники РН-60 и РН-100 имеют стеклянный колпак из матированного стекла, РН-200 — из матированного или молочного стекла. Применяются в тех же случаях, что и светильники ПУ, но имеют большой недостаток, заключающийся в сложности снятия стекла, и поэтому рекомендуется отдавать предпочтение светильникам ПУ.

Для сырых и с химически активной средой помещений начали выпускаться светильники типа СХ для ламп до 60 *вт* (СХ-60), до 200 *вт* (СХ-200) и до 500 *вт* (СХ-500). Светильники выпускаются в двух исполнениях: рассеянного света, имеющие матированное светорассеивающее стекло, и преимущественно-прямого света, у которых лампа закрыта прозрачным стеклом и, кроме того, имеется отражатель, направляющий большую часть светового потока вниз.

Люцетта цельного молочного стекла (рис. 2,и и к) — преимущественно-прямого света, открытого типа; имеет молочное стекло, открытое снизу. Выпускается для ламп до 200 *вт*; широко применяется для конторских, вспомогательных и бытовых по-

мещений (коридоры, лестницы, гардеробы и др.), а также для производственных помещений высотой не более 4—5 м с небольшой пыльностью и светлыми стенами и потолками и для складов, особенно при наличии в них стеллажей.

При установке в Люцетте фарфорового патрона с ушком и с отдельным вводом проводов, под кольцо которого поджимается стекло Люцетты, этот светильник может использоваться для сырых бытовых и производственных помещений.

Плафоны на одну и две лампы до 60 *вт* (рис. 2, л и м) — имеют матированные или молочные стекла; применяются для бытовых и вспомогательных помещений небольшой высоты — коридоров, лестниц, гардеробов и др.

Шар молочного стекла (рис. 2, н) — светильник рассеянного света; выпускается диаметром 150, 250, 350 и 500 мм для ламп соответственно до 60, 150, 300 и 1000 *вт*. Подвешивается на металлических штангах; применяется для чертежно-конструкторских бюро, учебных и лечебных заведений и в установках архитектурно-художественного освещения.

Кроме указанных здесь светильников, промышленностью выпускаются и другие типы, в том числе для освещения взрывоопасных помещений; технические данные и область применения этих светильников указаны в книгах и справочниках по светотехнике [Л. 2 и 3].

### **Светильники для люминесцентных ламп (рис. 3).**

Светильники типа ОД (рис. 3, а) — прямого света, открытого типа, на две лампы по 30, 40 и 80 *вт*, обозначаются ОД-2-30, ОД-2-40 и ОД-2-80. Имеют открытый снизу металлический эмалированный отражатель; для уменьшения слепящего действия ламп светильники ОД для ламп 40 и 80 *вт* изготавливаются также с металлической защитной решеткой, закрывающей лампы снизу, обозначаются ОДР-2-40 и ОДР-2-80. При одиночной установке каждый светильник подвешивается на двух штангах или цепочках длиной около 30 см, но могут устанавливаться и вплотную к потолку. Часто люминесцентные светильники устанавливаются непрерывными рядами; тогда они прикрепляются к специальному магистральному коробу или к газовой трубе, внутри кото-

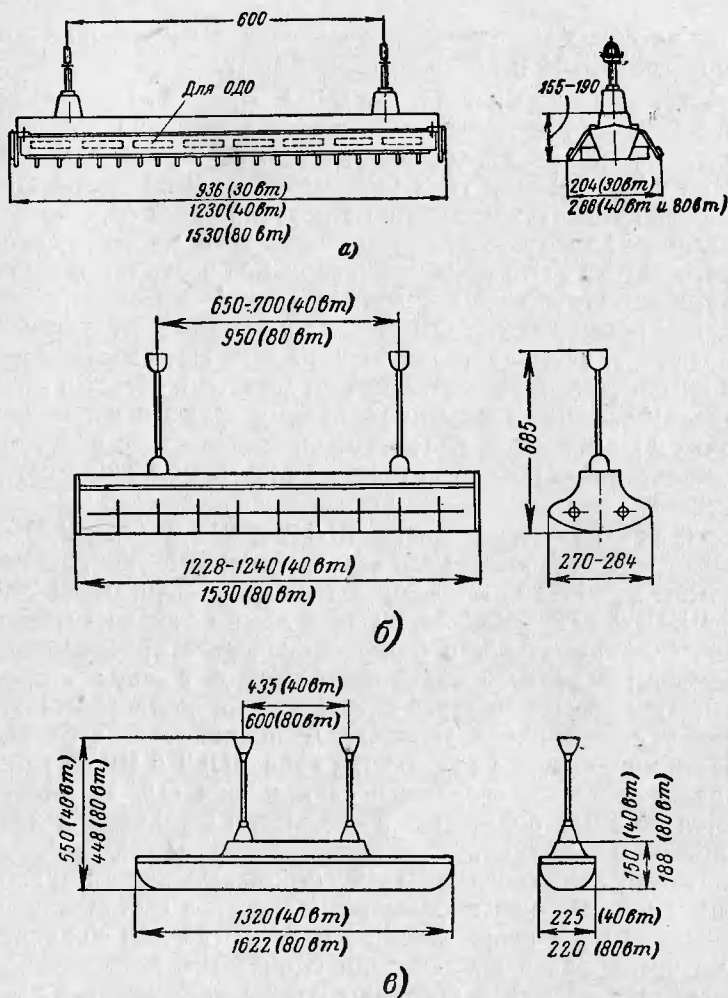


Рис. 3. Светильники для люминесцентных ламп.

а — типов OД, OДР, OДO, OДOP; б — типов ШЛД, ШOД; в — типов ПВЛ.

рых прокладываются провода, питающие светильники.

Светильники OД применяются для производственных помещений с темными стенами и потолками, с нормальными условиями среды, а также для помещений с небольшой пыльностью и влажностью. Используются

также для локализованного освещения конвейеров, сборочных столов и других рабочих мест.

Светильники типа ОДО (рис. 3,а) — преимущественно-прямого света, открытого типа, на две лампы по 40 или 80 *вт*, обозначаются ОДО-2-40 и ОДО-2-80. Как и светильники типа ОД, имеют металлический эмалированный отражатель, но в верхней части отражателя сделаны продольные прорезы, через которые часть светового потока ламп попадает в верхнюю часть помещения; изготавливаются также с металлической защитой решеткой — обозначаются ОДОР-2-40 и ОДОР-2-80. Устанавливаются, как и светильники типа ОД. Применяются для производственных помещений со светлыми стенами и потолками, с нормальными условиями среды и в помещениях с повышенной пыльностью и влажностью; могут использоваться также для освещения конторских помещений.

Светильники типа ШЛД и ШОД (рис. 3,б) — преимущественно-прямого света, открытого типа, на две лампы по 40 и 80 *вт*, обозначаются ШЛД-2-40, ШОД-2-40 и ШЛД-2-80 и ШОД-2-80. Снизу лампы закрыты металлической решеткой, с боков — опаловым органическим стеклом; в верхней части светильников с двух сторон имеются две щели, через которые часть света (большая, чем у светильников типа ОДО) попадает в верхнюю часть помещения. Светильники типа ШЛД и ШОД устанавливаются так же, как и светильники ОД. Применяются главным образом для освещения школьных и конторских помещений.

Когда для получения требуемой освещенности приходится устанавливать большое количество светильников, соединенных в непрерывные ряды, иногда для сокращения числа рядов по два ряда одиночных светильников скрепляют вместе и получают один ряд сдвоенных светильников.

Необходимо иметь в виду, что светильники типов ОД и ОДО (без защитных решеток) можно применять только в случаях, когда линия зрения работающих в рабочем положении направлена поперек светильников. Если же зрение рабочих направлено вдоль светильников, обязательно должны применяться светильники с решетками (типов ОДР и ОДОР).

Светильники типа ПВЛ (рис. 3,в) — рассеян-

ного света, защищенного типа, на две лампы по 40 *вт* (ПВЛ-1) и по 80 *вт* (ПВЛ-5); имеют сплошной рассеиватель из замутненного органического стекла, плотно прилегающего к корпусу светильника, что защищает внутренние части светильников от проникновения пыли и влаги. Светильники устанавливаются на двух штангах. Применяются для освещения помещений со значительной пыльностью и влажностью.

## 7. ВЫБОР РАСПОЛОЖЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА СВЕТИЛЬНИКОВ

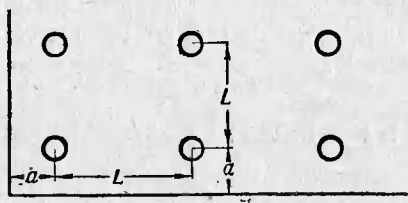
Требуемую по нормам освещенность в каком-нибудь помещении можно получить, устанавливая светильники с лампами разной мощности; при маломощных лампах потребуется установить больше светильников, чем при более мощных. Но с уменьшением числа светильников приходится увеличивать расстояние между ними, а это создает неравномерность освещения — под светильниками освещенность может оказаться в несколько раз большей, чем между светильниками, что в свою очередь увеличивает общую мощность освещения и создает неодинаковые условия для работы на разных участках цеха. Если же установить большое количество маломощных светильников, что будет невыгодно из-за увеличения стоимости монтажа освещения; кроме того, лампы небольшой мощности менее экономичны, чем более мощные. В этом можно убедиться на простом примере.

Возьмем 10 ламп мощностью по 75 *вт* на напряжение 220 *в*; общая их мощность равна 750 *вт*. Из табл. 1 находим, что каждая такая лампа излучает световой поток 840 *лм*, а общий поток всех ламп равен  $840 \cdot 10 = 8400$  *лм*. Из той же таблицы мы видим, что одна лампа мощностью 750 *вт* на 220 *в* дает световой поток 13 100 *лм*, или на 56% больше, чем поток десяти ламп по 75 *вт*. Иначе говоря, лампа мощностью 750 *вт* на 56% экономичнее лампы 75 *вт*.

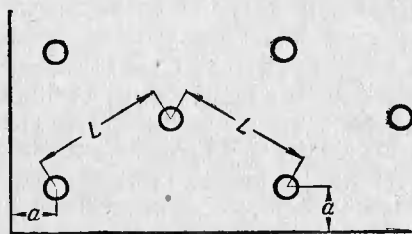
Повышение экономичности ламп накаливания с увеличением мощности объясняется тем, что у более мощных ламп вольфрамовая нить накала толще, чем у менее мощных. С увеличением толщины раскаленная проволока нити меньше подвержена испарению и допускает большую температуру, а с увеличением температуры интенсивность свечения возрастает сильнее, чем увеличивается расход электроэнергии.

Итак, создается такое положение, что оказывается неэкономичным слишком большое как уменьшение, так и увеличение мощности ламп, и необходимо принимать какую-то промежуточную, наиболее экономичную мощность, при которой будет обеспечиваться хорошая равномерность освещения.

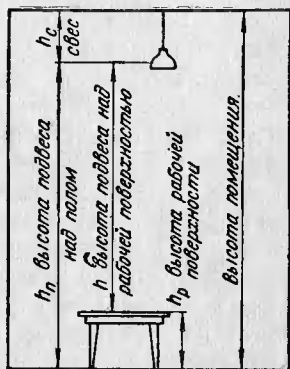
Как же определить, лампы какой мощности окажутся наиболее экономичными?



а)



б)



в)

Рис. 4. Расположение светильников.

а — прямоугольное; б — в шахматном порядке; в — на разрезе.

Прямого ответа на этот вопрос получить нельзя, так как наиболее экономичное решение зависит от многих причин и условий и к решению этой задачи приходится подходить постепенно.

Первым шагом здесь будет выявление наивыгоднейшего расстояния между светильниками вдоль и поперек помещения; затем надо подсчитать, сколько светильников можно установить в помещении, соблюдая наивыгоднейшее расстояние между ними, и только после этого приступить к определению мощности ламп, при которых в помещении будет создана требуемая освещенность.

Для каждого типа светильника существует наивыгоднейшее соотношение расстояния между светильниками к высоте их подвеса над рабочей поверхностью (рис. 4).

На рис. 4 изображено расположение светильников на плане и в разрезе помещения; расстояние между светильниками на плане обозначено  $L$ , высота подвеса над рабочей поверхностью  $h$  и высота подвеса над полом  $h_n$ ; высота рабочей поверхности обозначена  $h_p$  и расстояние от потолка до светильника — свес светильника  $h_c$ . Для люминесцентных светильников, установленных непрерывными рядами, за  $L$  принимается расстояние между рядами.

Установим в каком-либо помещении светильники, например, типа Универсаль на высоте 3 м над рабочей поверхностью и расстояние между ними примем 4 м; измерим фотоэлектрическим люксметром и запишем величину освещенности в нескольких точках. После этого увеличим в одинаковое количество раз высоту и расстояние между светильниками, скажем, в 1,5 раза; тогда высота подвеса станет равной  $3 \times 1,5 = 4,5$  м, а расстояние между светильниками  $4 \times 1,5 = 6$  м. Вновь измерив и записав освещенность в тех же точках, мы увидим, что освещенность уменьшилась во всех точках примерно в одинаковое число раз (в нашем примере уменьшение будет в 2,25 раза). Но как в первом, так и во втором случае равномерность освещения или, иначе говоря, соотношение освещенностей в разных точках окажется одинаковой. Также одинаковым в обоих случаях остается отношение расстояния между светильниками к высоте подвеса; в первом случае оно равно  $4 : 3 = 1,33$  и во втором тоже  $6 : 4,5 = 1,33$ .

Из приведенного примера мы видим, что равномерность освещения зависит не от размеров в метрах  $L$  и  $h$ , а от их отношения, т. е. от величины  $L : h$ .

Для светильников каждого типа существует наилучшая величина отношения  $L : h$ , при которой общая мощность освещения будет наименьшей, а равномерность освещения достаточно хорошей. В табл. 6 указаны наилучшие и наибольшие допустимые величины отношения  $L : h$  для разных светильников.

Как же надо практически выбирать размещение светильников при расчете освещения производственных помещений?

Прежде всего, принимая во внимание высоту, строительные и другие особенности освещаемого помещения, надо наметить целесообразную высоту подвеса светильников над полом, при этом надо проследить за тем, чтобы эта высота не была меньше указанной в табл. 4 и 5 для выбранного типа светильника. Свес светильников  $h_c$  принимается обычно 0,5—0,7 м; в высоких помещениях, где нет кранов или других приспособлений, с ко-

## Наивыгоднейшее расположение светильников

Наименование светильников	<i>L:h</i>	
	Наивыгоднейшее	Наибольшее допустимое
Люминесцентные с защитной решеткой ОДР, ОДОР, ШЛД, ШОД . . . . .	1,1—1,3	1,4
Глубокоизлучатель эмалированный, Люцетта . . . . .	1,6	1,8
Универсаль без стекла и с матированным стеклом, ПУ с отражателем . . . . .	1,8	2,5
Люминесцентные без защитной решетки типов ОД, ОДО . . . . .	1,4	1,5
ПУ без отражателя, РН, плафоны, шар молочный . . . . .	2,3	3,2

*L* — расстояние между светильниками.

*h* — высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

торых можно обслуживать светильники, свес можно увеличивать с тем, чтобы высота подвеса над полом не была больше 5—5,5 м, так как при большей высоте обслуживать светильники с приставных лестниц и стремянок становится затруднительным и опасным. Однако увеличивать свес более чем до 1,5—2 м не следует — при большом весе светильники будут сильно раскачиваться даже от незначительного движения воздуха. При необходимости выполнения более длинных свесов можно рекомендовать, например, подвеску светильников к горизонтально натянутым тросам.

В цехах, где имеются мостовые краны, высота подвеса светильников зависит от высоты расположения кранов, с которых светильники обслуживаются, при этом необходимо помнить, что часто расстояние от верхней точки крана до ферм или балок бывает очень незначительным — 15—20 см, и тогда светильники приходится подвешивать на уровне низа ферм и балок.

Далее необходимо определить высоту установки светильников над рабочей поверхностью, для чего из принятой высоты подвеса светильников над полом надо вычесть высоту рабочей поверхности (эта высота принимается по табл. 3).

Когда определена высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, пользуясь указанными в табл. 6

наивыгоднейшими отношениями  $L : h$ , остается определить расстояние между светильниками. Для этого высота светильников над рабочей поверхностью  $h$  умножается на взятую из табл. 6 для выбранного светильника наивыгоднейшую величину  $L : h$ .

Полученное таким образом расстояние между светильниками нельзя считать совершенно обязательным; оно может несколько увеличиваться или уменьшаться в зависимости от строительных особенностей помещения, расположения технологического оборудования и некоторых других причин. Увеличивать расстояние между светильниками не следует больше, чем это обуславливается наибольшим допустимым отношением  $L : h$  по табл. 6. Уменьшать же расстояние иногда приходится довольно значительно против наивыгоднейшего; в одних случаях это делается потому, что для получения необходимой освещенности оказывается недостаточным то количество светильников, которое получается при наивыгоднейшем отношении  $L : h$ , в других — из-за несимметричности расположения светильников по отношению к окнам, балкам, фермам и другим элементам здания или по отношению к технологическому оборудованию.

Вообще надо стараться располагать светильники с учетом имеющихся в помещении окон, балок, ферм, колонн и других частей здания, особенно при общем равномерном освещении. Не следует, например, устанавливать светильники в одном пролете на фермах, а в соседнем — между фермами; это ухудшает внешний вид помещения и усложняет монтаж.

Необходимо еще знать, как определить расстояние от стен помещения до крайних светильников, обозначенное  $a$  на рис. 4. Если у стен расположены рабочие места и на этом участке надо получить нормируемую освещенность, размер  $a$  принимается равным  $\frac{1}{3}$  расстояния между светильниками; когда же у стен находятся проходы или другие участки, где освещенность может быть понижена,  $a$  принимается равным половине расстояния между светильниками.

Наметив расположение светильников в помещении, мы одновременно определяем и количество их. Иногда может выявиться не один, а два и более возможных вариантов расстановки светильников; тогда предпочтение надо отдавать варианту, где количество светильников

наименьшее, — это удешевляет монтаж и часто приводит к уменьшению общей мощности освещения благодаря тому, что при меньшем числе светильников в них устанавливаются более экономичные мощные лампы.

Но в дальнейшем при определении мощности ламп предварительно намеченное размещение светильников может меняться и корректироваться, о чем будет сказано в следующем разделе.

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЛАМП

После того как выбран тип светильников и намечено их размещение, остается определить мощность ламп, которые должны быть установлены в светильниках для получения заданной освещенности. Существуют следующие способы определения мощности ламп: метод удельной мощности, метод коэффициента использования и точечный метод, каждый из которых имеет свою область применения.

### Расчет по удельной мощности

Наиболее простым является расчет по удельной мощности. Этот способ имеет широкую область применения и дает достаточно точные результаты. Он применяется для расчета общего равномерного освещения, но не пригоден для расчета локализованного освещения, и в случаях, когда для отдельных участков освещаемой площади или рабочих мест часть установленных в помещениях светильников затеняется (загораживается) производственным оборудованием или другими предметами. Расчет по удельной мощности не может применяться также в случаях, когда необходимо получить заданную освещенность не на горизонтальной, а на наклонной или вертикальной плоскости.

Что же называется удельной установленной мощностью?

Возьмем для примера производственное помещение площадью  $270 \text{ м}^2$ , в котором установлено 14 светильников Универсаль без рассеивающего стекла, с лампами по 200 вт. Предположим, что измеренная с помощью фотоэлектрического люксметра освещенность в помещении равна 50 лк.

Общая мощность ламп во всех светильниках равна  $200 \cdot 14 = 2800 \text{ вт}$ . Если эту мощность разделить на количество квадратных метров площади помещения, то мы получаем, что на  $1 \text{ м}^2$  прихо-

дится  $2800 : 270 = 10,3$  *вт* мощности ламп (или  $10,3$  *вт/м<sup>2</sup>*); это и называется удельной установленной мощностью.

Таким образом, в нашем примере для получения освещенности 50 *лк* необходима удельная мощность  $10,3$  *вт/м<sup>2</sup>*.

Но если бы мы заранее не знали, какой мощности лампы надо установить в рассматриваемом помещении, а только было известно, что для получения освещенности 50 *лк* от светильников Универсаль без рассеивающего стекла удельная мощность равна  $10,3$  *вт/м<sup>2</sup>*, то мы очень просто смогли бы определить мощность ламп. Действительно, взяв площадь помещения, равную в нашем примере  $270$  *м<sup>2</sup>*, и помножив ее на удельную мощность, получим общую мощность ламп:  $270 \cdot 10,3 = 2800$  *вт*. Теперь, разделив эту мощность на число светильников, определяем мощность одной лампы:  $2800 : 14 = 200$  *вт*.

Таким образом, зная величину удельной мощности, необходимую для получения требуемой освещенности в данном помещении при выбранном типе светильника, можно легко определить общую мощность ламп, а по ней и мощность одной лампы.

Для каждого типа светильника, применяемого для освещения производственных помещений, составлены таблицы удельной мощности. Так как количество типов светильников довольно велико и для каждого из них имеется одна, а для некоторых светильников две таблицы, то поместить их все в этой небольшой брошюре оказалось невозможным. Таблицы удельной установленной мощности имеются в литературе по проектированию электрического освещения [Л. 7, 8]. Но чтобы познакомить читателей с особенностями этих таблиц и научить пользоваться ими, в качестве примера в брошюре помещены две такие таблицы — для светильника типа Универсаль с матированным стеклом — табл. 7 и для Люцетты — табл. 8.

Если внимательно посмотреть на табл. 7 и 8 можно заметить, что величина удельной установленной мощности зависит от следующих причин:

а) от высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью — с увеличением высоты удельная мощность увеличивается;

б) от размеров освещаемого помещения — с увеличением площади помещения удельная мощность уменьшается;

в) от величины нормируемой освещенности — с увеличением освещенности удельная мощность увеличивается.

Удельная мощность общего равномерного освещения для светильника Универсаль с матовым стеклом (при любой окраске потолка, стен и пола),  $вт/м^2$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь помещения, $м^2$	Норма освещенности, лк									
		5	10	20	30	50	75	100	150	200	300
От 2 до 3	От 10 до 15	3,7	6,3	10,5	15,2	24	39	43	57	73	109
	" 15,1 " 25	8,2	5,4	8,8	12,8	20	28	36	49	62	93
	" 25,1 " 50	2,7	4,6	7,8	11,2	17,3	24	31	43	53	78
	" 50,1 " 150	2,3	4	6,7	9,6	14,8	20,5	26,5	37	45	68
	" 150,1 " 300	2,1	3,6	6,2	8,4	13,2	18,5	23,5	33	40	60
	Больше 300	1,7	3,2	5,7	7,8	12	17,3	22	30	37	56
От 3,1 до 4	От 10 до 15	4,3	6,9	13	18,3	29,5	38	48	72	94	144
	" 15,1 " 20	3,6	6	11	15,8	23,5	34	41	63	82	126
	" 20,1 " 30	3	5,3	9,6	13,8	20,5	29	36	54	72	110
	" 30,1 " 50	2,7	4,5	8,4	11,7	17,7	25	31	45	61	93
	" 50,1 " 120	2,3	3,8	7,1	9,8	15,3	21	25,5	38	51	79
	" 120,1 " 300	1,9	3,2	6	8,3	12,8	17,3	22	33	44	68
	Больше 300	1,7	2,8	5,3	7,4	11,3	15,5	19,5	29	39	61
От 4,1 до 6	От 10 до 17	5,6	9,4	15	20,5	31	46	62	92	124	184
	" 17,1 " 25	4	7,2	12,5	17,3	25,5	39	51	79	104	160
	" 25,1 " 35	3,2	6	10,7	15,2	22	34	44	69	93	140
	" 35,1 " 50	2,8	5,2	9,5	13,2	19,3	29	39	60	82	125
От 4,1 до 6	От 50,1 до 80	2,4	4,3	8,2	11,3	16,3	25	33	50	69	105
	" 80,1 " 150	2	3,8	6,8	9,5	14	21	28	43	58	90
	" 150,1 " 400	1,7	3,3	5,7	8,1	12	17,5	24	36	50	78
	Более 400	1,5	2,8	5	6,8	10,5	15,5	21	31	43	66

Таблица 8

Удельная мощность общего равномерного освещения для светильника Люцетта (потолок средней светлоты, стены и пол темные),  $вт/м^2$

Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м	Площадь помещения, $м^2$	Норма освещенности, $лк$								
		5	10	20	30	50	75	100	150	200
От 1,5 до 2	От 10 до 15	3,2	5,2	8,8	12,1	17,5	24,5	32	43	55
	"  15,1  "  25	2,7	4,5	7,8	10,8	15,5	21,5	28,5	32,5	49
	"  25,1  "  50	2,4	3,9	6,8	9,3	13,6	19	25	34	43
	"  50,1  "  150	2,1	3,4	5,9	8	12	16,3	21,5	30	38
	"  150,1  "  300	2	3,1	5,6	7,3	11,1	15	19,8	28	35
	Больше 300	1,9	2,9	5	7	10,6	14,5	19	27	32
От 2,1 до 3	От 10 до 15	3,4	5,8	10	13,6	21,5	29,5	38	56	76
	"  15,1  "  25	2,8	4,9	8,2	11,1	17,3	23,5	30	45	60
	"  25,1  "  50	2,3	4	6,8	9,2	14,6	20	25,5	38	51
	"  50,1  "  150	2	3,3	5,8	7,8	12,5	16,5	21	31	42
	"  150,1  "  300	1,8	2,9	5,2	6,7	10,8	15	18,8	28	37
	Больше 300	1,7	2,7	4,8	6	10	14,3	17,5	26,5	35
От 3,1 до 4	От 10 до 15	4,1	6,8	12,4	17,3	27,5	41	55	87	118
	"  15,1  "  20	3,5	5,9	10,8	14,7	23	35	46	73	102
	"  20,1  "  30	3	5,1	9,2	12,6	19,3	30	38	61	83
	"  30,1  "  50	2,5	4,1	7,3	10,2	15,3	23	31	47	65
	"  50,1  "  120	1,9	3,3	5,6	8,2	12,3	19	24,5	38	51
	От 120,1 до 300	1,7	2,7	4,8	6,7	10,2	15	20,5	30	43
Больше 300	1,5	2,5	4,3	6,2	9,4	14	18,7	28	39	
От 4,1 до 6	От 10 до 17	4,8	8,5	14,5	22	37	56	82	118	168
	"  17,1  "  25	3,9	6,9	11,8	18,3	30	47	68	102	140
	"  25,1  "  35	3,2	5,7	10,2	15,3	25,5	39	55	84	117
	"  35,1  "  50	2,7	4,8	8,6	12,5	21	32	45	69	96
	"  50,1  "  80	2,3	3,9	7	10,1	16,7	25,5	35	56	77
	"  80,1  "  150	1,8	3,2	5,6	8,3	13,5	20,5	29	44	64
"  150,1  "  400	1,5	2,6	4,6	6,8	11,3	17,3	23,5	37	52	
Больше 400	1,3	2,2	4	6	9,9	15	20,5	32	45	

Для светильников прямого света, каким, например, является Универсаль, удельная мощность мало зависит от того, светлую или темную окраску имеют стены и потолок, о чем указано в заголовке табл. 7. При светильниках же преимущественно-прямого света, рассеянного, преимущественно-отраженного и отраженного света окраска потолка, стен и пола, как уже отмечалось раньше, имеет большое значение, так как в зависимости от того, светлые или темные потолок, стены и пол, они отражают или поглощают падающий на них световой поток; поэтому в табл. 8 для Люцетты, являющейся светильником преимущественно-прямого света, указано, что эта таблица составлена для помещений с потолками средней светлоты и темными стенами и полом. Если же стены будут средней светлоты, а потолки светлые, то для таких помещений потребуется меньшая удельная мощность и в этом случае надо пользоваться другой таблицей, имеющейся в справочных материалах.

При пользовании таблицами необходимо знать, что удельная мощность для светильников с лампами накаливания дана с учетом следующих условий:

а) коэффициент запаса равен 1,3; если для рассчитываемого помещения коэффициент запаса должен быть 1,5, то удельная мощность берется для ближайшего меньшего интервала площадей, где величина удельной мощности несколько выше;

б) лампы приняты для напряжения 220 в; при лампах для 127 в удельная мощность берется для ближайшего большего интервала площадей (несколько меньшая, так как лампы на 127 в экономичнее, чем на 220 в).

В таблицах удельной мощности для люминесцентных светильников учтен коэффициент запаса, равный 1,5. При расчете освещения помещений с коэффициентом запаса 1,8 удельная мощность принимается по таблицам для ближайшего меньшего интервала площадей.

Способ расчета освещения по удельной установленной мощности применяется в очень многих, но все же не во всех случаях. Этим способом можно рассчитывать только общее освещение помещений площадью больше 10 м<sup>2</sup>, не загроможденных оборудованием, при общем равномерном расположении светильников и нормировании по всему помещению одинаковой освещенности на

горизонтальной плоскости. Для длинных и узких помещений, в которых светильники устанавливаются в один — два ряда, удельная мощность должна браться из таблиц не по строке, соответствующей общей площади освещаемого помещения, а по площади условного помещения, длина которого в 2,5 раза больше ширины.

Так, например, если требуется определить удельную мощность для помещений длиной 50 м и шириной 4 м, площадь которого равна 200 м<sup>2</sup>, удельная мощность берется из таблицы для помещения площадью 4×10=40 м<sup>2</sup>, где указана большая величина удельной мощности, чем для помещения площадью 200 м<sup>2</sup>.

Нетрудно сообразить, что в узком и длинном помещении на каждый его участок падает свет от меньшего количества светильников, чем в более широком помещении такой же площади, и поэтому для получения необходимой освещенности в узком помещении потребуется большая мощность для освещения, а следовательно, и удельная мощность должна быть большей.

### Метод коэффициента использования

Метод коэффициента использования применяется в тех же случаях, что и метод удельной мощности, от которого он отличается несколько большей точностью. Так же, как и при расчете по удельной мощности, методом коэффициента использования можно рассчитывать только общее равномерное освещение, когда освещенность нормируется в горизонтальной плоскости.

Расчет выполняется в такой последовательности: сперва подсчитывается величина общего светового потока всех ламп, установленных в светильниках, который необходим для получения требующейся по нормам освещенности при выбранном типе светильника. Затем определяется либо мощность ламп каждого светильника, если количество светильников было предварительно задано или намечено, либо определяется количество светильников, если была задана мощность ламп.

Решение первой части поставленной задачи производится с помощью следующей достаточно простой формулы:

$$F = \frac{EkSz}{\eta}, \quad (1)$$

где  $F$  — расчетный световой поток (лм) всех ламп, которые необходимо установить в светильниках для получения требуемой освещенности в горизонтальной плоскости;

$E$  — минимальная нормируемая освещенность, лк;

$k$  — коэффициент запаса (см. выше);

$S$  — площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$\eta$  — коэффициент использования светового потока (в долях единицы);

$z$  — отношение средней освещенности к минимальной.

Чтобы выполнить расчет по формуле (1) необходимо понять значение входящих в нее расчетных коэффициентов  $\eta$  и  $z$  и знать, как их определять. Попытаемся это объяснить; начнем с основного — коэффициента использования.

Коэффициентом использования называется отношение светового потока, выходящего из светильников и падающего на расчетную поверхность (прямого и отраженного от потолка, стен и пола) к суммарному световому потоку всех ламп. Чем выше коэффициент использования, тем экономичнее осветительная установка. Величина коэффициента использования зависит от многих причин: к. п. д. светильника, характера его светораспределения, коэффициентов отражения потолка, стен и пола помещения и от его размеров и высоты.

В справочниках и других пособиях по проектированию электрического освещения помещены таблицы коэффициентов использования для светильников разных типов [Л. 9]. В качестве примера в табл. 9 приведены коэффициенты использования для некоторых светильников с лампами накаливания.

Из табл. 9 видно, что коэффициенты использования для светильников каждого типа даны в зависимости от вероятных в практике сочетаний коэффициентов отражения потолка, стен и пола и от величины так называемого индекса помещения  $i$ , учитывающего размеры и высоту помещения и высоту подвеса светильников. В справочных таблицах коэффициенты использования обычно даются в процентах, например, 28, 35 и т. д., но при расчетах по формуле (1) они должны быть указаны в долях единицы (0,28; 0,35 и т. д.).

Значения коэффициентов использования некоторых светильников с лампами накаливания

Индекс помещения	Коэффициент отражения, %:	Универсаль без стекла				Универсаль с матированным стеклом				Глубокоизлучатель эмалированный				Люцетта цельного молочного стекла							
		Потолок		Стены		Пол		30		50		70		50				70			
		30	50	70		30	50	70		30	50	70		30		50		30		50	
		10	30	50		10	30	50		10	30	50		10	30	10	30	10	30	10	30
0,6		23	26	31	33	18	21	24	26	21	24	28	29	22	24	26	27	24	25	29	30
0,7		30	32	37	39	23	25	29	31	26	28	32	34	27	28	31	32	29	31	34	36
0,8		34	36	41	44	25	28	32	34	29	32	36	38	31	32	35	36	33	35	38	41
0,9		37	40	44	47	27	30	34	36	32	34	39	41	34	35	37	39	36	38	41	44
1,0		39	42	47	50	29	32	36	38	34	37	41	43	36	37	40	42	39	41	44	47
1,1		41	44	49	52	30	33	37	40	35	38	42	45	38	39	42	44	41	44	46	50
1,25		43	46	51	55	32	35	39	42	37	40	45	48	40	42	44	46	44	47	49	53
1,5		46	49	54	58	34	37	41	45	40	43	47	51	43	45	47	50	47	50	52	57
1,75		48	52	56	61	36	39	43	47	42	45	49	53	46	47	50	52	50	54	54	60
2,0		50	54	58	63	38	41	45	49	44	47	51	55	48	50	52	54	52	56	56	63
2,25		52	55	60	65	39	42	46	51	46	49	52	57	49	52	53	56	55	59	58	65
2,5		53	57	61	66	41	43	47	52	47	50	53	58	51	53	55	58	56	61	60	67
3,0		55	59	63	69	43	45	49	54	49	52	55	61	53	56	57	60	59	64	62	70
3,5		57	61	64	71	44	46	50	56	50	53	56	62	54	58	58	62	61	67	64	72
4,0		59	62	66	73	45	47	51	57	52	54	57	64	56	60	60	64	63	69	66	74
5,0		61	64	67	76	47	49	52	59	53	55	58	66	58	63	62	66	65	73	68	77

Величина индекса помещения подсчитывается по формуле

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (2)$$

где  $S$  — площадь помещения,  $m^2$ ;  
 $A$  и  $B$  — длина и ширина помещения,  $m$ ;  
 $h$  — высота подвеса светильников над расчетной поверхностью,  $m$ .

Если освещенность подсчитывается на уровне пола, то за расчетную высоту принимается высота подвеса светильников над полом, если на столе, то над столом.

При выборе сочетания коэффициентов отражения различных частей помещения следует руководствоваться следующими общими соображениями: коэффициент отражения потолка в чистых помещениях, например, конторских, столовых и т. п., принимается 70%, в чистых производственных помещениях — 50 или 30%, в грязных закопченных — 10%. Коэффициент отражения стен даже в чистых помещениях, учитывая их большее загрязнение, чем потолка, наличие на стенах различных плакатов, а также размещение у стен мебели, принимается только 50%, а в производственных помещениях — 30 или 10%. Коэффициент отражения пола берется обычно 10% и лишь в редких случаях — 30%.

Коэффициент  $z$ , учитывающий неравномерность освещения, вводится в расчет ввиду того, что освещенность, подсчитанная по формуле (1) без этого коэффициента, является не минимальной, а средней освещенностью в помещении, тогда как по требованию норм должна быть обеспечена минимальная освещенность. Введение в расчет поправочного коэффициента  $z$  устраняет указанное несоответствие.

Таблица 10  
 Значение коэффициента  $z$

Тип светильника	Значения $z$ при отношении $L : h$			
	0,8	1,2	1,6	2,0
Универсаль без затеителя . . . . .	1,2	1,15	1,25	1,5
Глубокоизлучатель эмалированный . .	1,15	1,1	1,2	1,4
Люцетта . . . . .	1,0	1,0	1,2	2,2

$L$  — расстояние между светильниками;  
 $h$  — высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

В табл. 10 приводится значение  $z$  для некоторых светильников с лампами накаливания. Для светильников с люминесцентными лампами при их расположении, близком к наивыгоднейшему (см. табл. 6),  $z$  принимает-ся 1,1—1,2.

После определения по формуле (1) расчетного светового потока ламп можно приступить к определению их мощности. Если количество светильников было намечено заранее, необходимо общий расчетный световой поток разделить на количество светильников. При многоламповых светильниках, например люминесцентных, общий расчетный поток следует разделить на общее количество ламп во всех светильниках. По полученному таким образом расчетному световому потоку одной лампы  $F_{л}$  в соответствии с табл. 1 и 2 можно выбрать стандартную лампу, световой поток которой достаточно близок к расчетному.

Так как расчетный световой поток лампы  $F_{л}$  обычно не совпадает с потоком стандартных ламп  $F_{с}$ , расчетная освещенность  $E_p$  будет несколько отличаться от нормируемой  $E$ ; ее значение может быть подсчитано по формуле

$$E_p = E \frac{F_c}{F_{л}}. \quad (3)$$

Если количество светильников заранее определено не было, подсчитанный по формуле (1) расчетный световой поток делят на световые потоки стандартных ламп разной мощности, что позволяет определить необходимое число светильников и выбрать наиболее рациональный вариант.

### Точечный метод

В отличие от расчета по удельной мощности и методом коэффициента использования, которые не дают возможности определить освещенность в различных точках или зонах помещения, а только позволяют выявить количество и мощность ламп, необходимых для получения минимальной нормируемой освещенности в горизонтальной плоскости, точечный метод дает возможность определить в любой точке помещения освещенность как в горизонтальной, так и в вертикальной или наклонной плоскостях.

При расчете точечным методом учитывается освещенность, создаваемая только прямым светом светильников, и не учитывается свет, отраженный от потолка и стен помещения.

Точечный метод применяется при расчете локализованного и наружного освещения в случаях, когда часть светильников закрывается расположенным в помещении

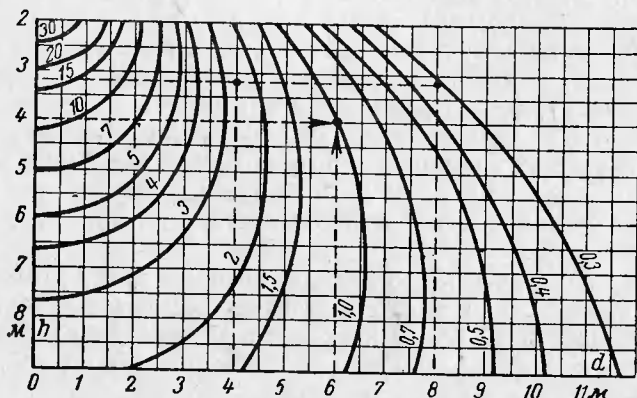


Рис. 5. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильника Универсаль с матированным стеклом.

оборудованием при освещении наклонных или вертикальных поверхностей, а также для расчета освещения производственных помещений с темными стенами и потолком (литейные, кузнечные цехи, большинство цехов металлургических заводов и др.).

Расчет точечным методом, и особенно от светильников с люминесцентными лампами, более сложен, чем расчет по удельной мощности и методом коэффициента использования. Расчет ведется по специальным формулам, номограммам, графикам и вспомогательным таблицам. Наиболее простым является определение освещенности в горизонтальной плоскости от светильников с лампами накаливания с помощью графиков пространственных изолюкс. Такие графики строятся для светильников каждого типа и имеются в справочниках и книгах по проектированию электрического освещения. В качестве примера на рис. 5 приведен график пространственных

изолюкс для светильника типа Универсаль с матовым затенителем. Поясним, что «изолюксой» называется линия, соединяющая точки с одинаковой освещенностью.

Чтобы понять назначение пространственных изолюкс и сущность расчета по ним, сделаем следующее простое построение (рис. 6). Пусть в помещении установлен светильник  $C$  на высоте  $h$  над расчетной поверхностью,

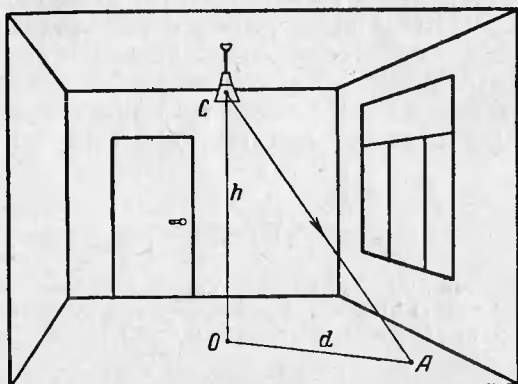


Рис. 6. К расчету освещения точечным методом.

$C$  — светильник;  $O$  — проекция светильника на расчетную плоскость;  $A$  — контрольная точка.

например, над полом. Возьмем на полу точку  $A$ , в которой необходимо определить освещенность. Обозначим расстояние от проекции светильника на расчетную плоскость  $O$  до точки  $A$  через  $d$ .

На рис. 5 по вертикальной оси отложена высота установки светильника над расчетной поверхностью  $h$  в метрах, а по горизонтальной оси — расстояние  $d$  в метрах. У каждой кривой, нанесенной на рис. 5, указано число: 30, 20, 15, 10, 7 и т. д., которое обозначает освещенность в люксах от светильника, имеющего лампу со световым потоком, равным 1000 лм. На рис. 5 нанесены пространственные изолюксы для светильника типа Универсаль с матовым затенителем.

Чтобы определить горизонтальную освещенность в точке  $A$  необходимо знать величины  $h$  и  $d$ . Предположим, что  $h=4$  м,  $d=6$  м. Проведем на рис. 5 горизонтальную линию от цифры 4 на вертикальной оси и верти-

кальную линию от цифры 6 на горизонтальной оси (эти линии указаны на рис. 5 пунктиром). Проведенные линии пересекаются в точке, через которую проходит кривая, обозначенная числом 1. Это обозначает, что в точке *A* светильник *C* создает условную освещенность  $e=1$  лк.

Но как было сказано выше, пространственные изолюксы построены для условной лампы со световым потоком 1 000 лм. Чтобы определить расчетную освещенность  $E_p$  от лампы, фактически установленной в светильнике со световым потоком  $F_c$ , а также учесть обязательный при светотехнических расчетах коэффициент запаса  $k$ , необходимо сделать соответствующий пересчет по формуле

$$E_p = e \frac{F_c}{1\,000k}. \quad (4)$$

Если, например, в нашем случае в светильнике установлена лампа 500 вт 220 в со световым потоком 8 100 лм, а коэффициент запаса равен 1,3, то расчетная освещенность будет равна:

$$1 \frac{8\,100}{1\,000 \cdot 1,3} = 6,2 \text{ лк.}$$

Если в помещении устанавливается не один, а несколько светильников с лампами одинаковой мощности, то для точки *A* определяется условная освещенность от каждого светильника, а затем условные освещенности складываются и определяется расчетная освещенность при лампах заданной мощности и коэффициенте запаса.

Для практического выполнения расчетов точечным методом необходимо на плане помещения нанести все светильники, наметить контрольные точки и, измеряя масштабной линейкой расстояние от этих точек до каждого светильника, определить расстояние  $d$ .

Для небольших помещений площадью меньше 10 м<sup>2</sup> и для лестничных клеток расчет общего освещения обычно не производится, а мощность ламп выбирается по специальным таблицам, имеющимся в справочниках.

Часто при расчете освещения не все проходит просто и гладко.

Может случиться так, что при намеченном количестве светильников мощность ламп получается больше мощности, допустимой по нормам, или больше мощности ламп,

на которые рассчитан светильник. Тогда приходится увеличивать количество светильников и изменять их расположение.

Так, при расчете по удельной мощности часто получается, что в светильниках должны быть установлены лампы не стандартной, а какой-нибудь промежуточной мощности, например, 165, 280 *вт* и т. д.; мощность ламп, полученная по расчету, называется расчетной. Когда расчетная мощность ламп не совпадает со стандартной, для установки в светильниках выбирается ближайшая по мощности стандартная лампа. Стандартная лампа меньшей мощности, чем расчетная, может применяться, если ее мощность отличается от расчетной не более чем на 10%; при большей разнице должна устанавливаться ближайшая бóльшая лампа.

Когда в светильниках будут установлены лампы меньшей или большей мощности, чем расчетная, освещенность в помещении окажется соответственно меньшей или большей, чем та, на которую мы вели расчет. Как же подсчитать эту изменившуюся освещенность?

Сделать это довольно просто: надо расчетную освещенность разделить на расчетную мощность лампы и затем полученный результат помножить на мощность выбранной стандартной лампы. Поясним это на примере.

Допустим, что расчет велся на освещенность 50 *лк* и расчетная мощность ламп получилась 255 *вт*; тогда освещенность в помещении будет приблизительно равна:

$$\frac{50 \cdot 300}{255} = 59 \text{ лк.}$$

Здесь необходимо еще раз напомнить, что освещенность, полученная по расчету, может несколько отличаться от измеренной люксметром после монтажа освещения; это объясняется тем, что в расчет мы вводим коэффициент запаса, учитывающий понижение освещенности в процессе эксплуатации; кроме того, напряжение в сети часто отличается от номинального напряжения ламп как в бóльшую, так и в меньшую сторону, что сильно сказывается на световом потоке, особенно ламп накаливания. Светотехнические характеристики установленных светильников, характер окраски потолка и стен помещения не всегда точно соответствуют принятым при составлении таблиц удельной мощности, что также ска-

зывается на отклонении фактической освещенности в помещении от расчетной.

Однако эти отклонения обычно не бывают слишком велики, и правильно рассчитанное освещение создает освещенность, достаточно близкую к нормированной, а следовательно, и хорошие условия для работы в помещении.

## 9. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Чтобы лучше усвоить сказанное в брошюре о расчете освещения, полезно разобрать на конкретном примере, как на практике выполняется светотехническая часть проекта освещения какого-нибудь помещения.

Пусть нам требуется спроектировать общее освещение инструментального цеха, план которого изображен на рис. 7. Известно, что высота помещения 4,5 м, а в качестве источников света в задании на проектирование указаны лампы накаливания на напряжение 220 в.

Прежде всего выберем норму освещенности и коэффициент запаса, в табл. 3 находим, что для инструментального цеха при освещении лампами накаливания минимальная освещенность от светильников общего освещения на рабочей поверхности, расположенной на высоте 0,8 м от пола, должна быть 100 лк, а коэффициент запаса 1,3.

Теперь выберем тип светильника. Для производственных помещений высотой 4,5 м наиболее подходящим является светильник Универсаль. Так как в инструментальном цехе выполняются точные работы с блестящими, хорошо отражающими свет деталями, для уменьшения слепящего действия ламп в светильниках, отражение которых может попадать в глаза рабочих (отраженная блескость), светильники целесообразно применить с матированным стеклом.

Далее определим высоту подвеса светильников над полом и над рабочей поверхностью. Высота помещения равна 4,5 м; принимая свес светильников с потолка  $h_c = 0,5$  м и высоту рабочей поверхности  $h_p = 0,8$  м, получаем:

- а) высота подвеса светильников над полом  $h_n = 4,5 - 0,5 = 4$  м;
- б) высота подвеса светильников над рабочей поверхностью  $h = 4 - 0,8 = 3,2$  м.

Затем подсчитаем расстояние между светильниками. Пользуясь рекомендациями по выбору наиболее выгодного расположения светильников, указанными в табл. 6, мы находим, что для светильника Универсаль наиболее выгодное отношение расстояния между светильниками к высоте их подвеса над рабочей поверхностью равно 1,8, а наибольшее допустимое 2,5. Отсюда подсчитываем расстояние между светильниками при определенной раньше их высоте над рабочей поверхностью, равной 3,2 м:

- а) наиболее выгодное расстояние  $3,2 \times 1,8 = 5,75$  м;
- б) наибольшее допустимое  $3,2 \times 2,5 = 8$  м.

Теперь мы можем определить общее количество светильников в нашем помещении. Из плана (рис. 7) видим, что длина помещения 24 м, ширина 18 м; значит, вдоль помещения можно установить четыре, а поперек три светильника; всего, таким образом, в помещении устанавливается 12 светильников.

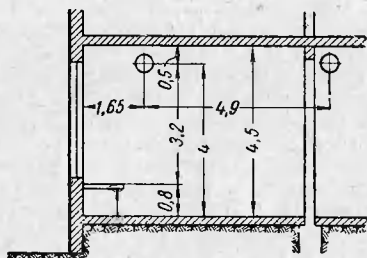
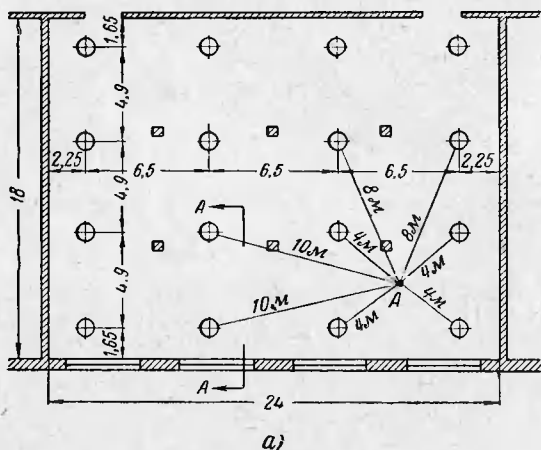


Рис. 7. К примеру расчета освещения.  
а — план помещения; б — разрез по А—А.

Для дальнейших расчетов необходимо будет определить площадь освещаемого помещения. В нашем примере она равна  $24 \times 18 = 432 \text{ м}^2$ .

Подсчитаем теперь общую мощность ламп во всех светильниках. Расчет можно выполнить или по удельной мощности, или методом коэффициента использования. Остановимся на первом способе, как более простом. По табл. 7 определяем, что при освещении светильниками Универсаль с матированным стеклом высота подвеса их над рабочей поверхностью от 3,1 до 4 м (в на-

шем примере 3,2 м) в помещении площадью более 300 м<sup>2</sup> (у нас 432 м<sup>2</sup>) для получения освещенности 100 лк удельная мощность должна быть равна 19,5 вт/м<sup>2</sup>. Значит, мощность всех ламп должна составлять:

$$432 \times 19,5 = 8\,424 \text{ вт.}$$

Предварительно мы определили, что в помещении должно быть установлено 12 светильников; следовательно, расчетная мощность каждой лампы получается:

$$8\,424 : 12 = 700 \text{ вт.}$$

Но в светильниках Универсал можно установить лампы мощностью не более 500 вт; значит, количество светильников придется увеличить. Разделив общую расчетную мощность на 500 вт, мы узнаем, сколько светильников с лампами по 500 вт необходимо установить в помещении:

$$8\,424 : 500 = 16,8$$

или, округленно, 17 светильников. Но в нашем помещении удобнее разместить не 17, а только 16 светильников, увеличив число светильников по ширине помещения с предварительно намеченных трех до четырех, при этом общая мощность ламп, установленных в помещении, составит  $500 \times 16 = 8\,000$  вт, а расчетная освещенность в помещении будет равна:

$$\frac{100 \cdot 8\,000}{8\,424} = 95 \text{ лк.}$$

Теперь нам остается только уточнить расположение светильников на плане помещения. В инструментальном цехе станки, верстаки и прочие рабочие места обычно размещаются довольно густо — они могут находиться как в середине, так и у стен помещения. Поэтому расстояние от стен до крайних светильников должно быть равно  $\frac{1}{3}$  расстояния между светильниками. Тогда при установке вдоль помещения четырех светильников вся длина помещения, равная 24 м, окажется разделенной на пять участков, из которых три равны  $L$ , а остальные два равны  $\frac{1}{3} L$ . Тогда можно написать:

$$3L + \frac{1}{3}L + \frac{1}{3}L = 24 \text{ м, или } \frac{11L}{3} = 24 \text{ м,}$$

откуда

$$L = \frac{24 \cdot 3}{11} = 6,5 \text{ м.}$$

Следовательно, расстояние между светильниками вдоль помещения должно быть принято 6,5 м, а от стен до крайних светильников  $6,5 : 3 = 2,25$  м.

Таким же способом определяем расстояние между светильниками по ширине помещения:

$$3L + \frac{1}{3}L + \frac{1}{3}L = 18 \text{ м, или } \frac{11L}{3} = 18 \text{ м,}$$

откуда

$$L = \frac{18 \cdot 3}{11} = 4,9 \text{ м.}$$

Расстояние от стен до крайних светильников по ширине помещения будет равно  $4,9 : 3 = 1,65 \text{ м}$ .

Выполним этот же расчет методом коэффициента использования. Для определения величины коэффициента использования, подсчитаем по формуле (2) индекс помещения. Принимая площадь помещения  $432 \text{ м}^2$ , его длину и ширину  $24$  и  $18 \text{ м}$  и высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью  $3,2 \text{ м}$ , произведем расчет:

$$i = \frac{432}{(24 + 18) \cdot 3,2} = 3,2,$$

или приблизительно  $3$ .

Из таблицы 9 определяем, что для  $i=3$  и коэффициентов отражения потолка, стен и пола соответственно  $0,5$ ,  $0,3$  и  $0,1$  коэффициент использования светильника Универсаль с матированным стеклом равен  $45\%$ , или  $0,45$ .

Далее по формуле (1) подсчитываем расчетный световой поток всех ламп, которые необходимо установить в светильниках для получения освещенности  $100 \text{ лк}$ . Коэффициент запаса принимаем  $1,3$ , а коэффициент  $z$ , учитывающий неравномерность освещения,  $1,1$ :

$$F = \frac{100 \cdot 1,3 \cdot 432 \cdot 1,1}{0,45} = 137\,000 \text{ лм.}$$

Принимая для освещаемого помещения  $16$  светильников, определяем расчетный световой поток одной лампы:

$$F_{\text{л}} = \frac{137\,000}{16} = 8\,600 \text{ лм.}$$

Из табл. 1 находим, что световой поток, достаточно близкий к расчетному, имеет лампа накаливания мощностью  $500 \text{ вт}$ ,  $220 \text{ в}$  —  $8\,100 \text{ лм}$ . Эту лампу и принимаем для установки в светильниках.

Остается подсчитать по формуле (3) расчетную освещенность в помещении при принятых нами лампах:

$$F_{\text{р}} = 100 \cdot \frac{8\,100}{8\,600} = 94 \text{ лк.}$$

Теперь можно сопоставить результаты расчетов по удельной мощности и методом коэффициента использования. Расчетные освещенности, подсчитанные тем и другим методом, оказались довольно близкими —  $95$  и  $94 \text{ лк}$ , что говорит о равноценности этих методов. Теперь определим освещенность в какой-нибудь точке помещения точечным методом. Возьмем, например, точку  $A$  (рис. 7), расположенную на пересечении диагоналей, соединяющих четыре крайних светильника. Определим измерением масштабной линейкой расстояние  $d$  по плану от выбранной нами контрольной точки до светиль-

ников. На рис. 7 эти расстояния обозначены и оказываются равными: для четырех ближайших светильников — 4 м, до двух более удаленных — 8 м и для следующих двух — 10 м. Учитывать более удаленные светильники нет надобности, так как освещенность, создаваемая ими, крайне мала и не может оказать заметного влияния на освещенность в контрольной точке.

Определим по кривым рис. 5 освещенность в точке *A*; для этого на вертикальной оси графика наметим точку, соответствующую принятой в нашем примере расчетной высоте подвеса светильников 3,2 м, и проведем из этой точки пунктирную прямую параллельно горизонтальной оси. Как нам уже известно, каждый из четырех ближайших светильников удален от точки *A* на 4 м; наметим на горизонтальной оси графика точку, соответствующую расстоянию *d*, равному 4 м, и проведем вертикальную пунктирную линию, параллельную вертикальной оси до пересечения с ранее проведенной горизонтальной пунктирной линией. Точка пересечения, как видно на рис. 5, лежит между кривыми обозначающими освещенность 2 лк и 3 лк. Следовательно, каждый из четырех ближайших светильников будет создавать в точке *A* освещенность, лежащую в пределах от 2 до 3 лк. По положению точки пересечения пунктирных прямых, находящейся ближе к кривой 3 лк, можно считать, что условная освещенность будет равна приблизительно 2,7 лк.

Аналогичным образом можно определить, что условная освещенность в точке *A* от светильника, удаленного на расстояние 8 м, будет равна 0,3 лк. На рис. 5 нет кривых, обозначающих какую-либо освещенность от светильников, удаленных на расстояние 10 м от точки *A*, т. е. такие светильники учитывать при расчете освещения не надо.

Таким образом, суммарная условная освещенность *e* в точке *A* будет равна:

$$e = 2,7 \cdot 4 + 0,3 \cdot 2 = 11,4 \text{ лк.}$$

Далее по формуле (4) подсчитываем расчетную освещенность в точке *A* от устанавливаемых в помещении светильников типа Универсаль с лампами по 500 вт, имеющими световой поток 8 600 лм, с учетом принятого коэффициента запаса 1,3:

$$E_p = \frac{11,4 \cdot 8\,600}{1\,000 \cdot 1,3} = 78 \text{ лк.}$$

В действительности освещенность в точке *A* будет несколько выше 78 лк, так как расчет точечным методом не учитывает освещенности от светового потока, отраженного от потолка, стен и пола помещения.

Итак, вся светотехническая часть проекта нами выполнена и теперь можно приступить к разработке электротехнической части. Как выполнить электротехническую часть проекта, можно познакомиться в брошюре «Осветительные сети производственных помещений», вып. 56 «Библиотека электромонтера».

## Литература

1. Правила устройства электроустановок, раздел VI, Электрическое освещение, Издательство «Энергия», 1964.
  2. Кнорринг Г. М., Справочник для проектирования электрического освещения, Госэнергоиздат, 1960.
  3. Кнорринг Г. М., Проектирование осветительных установок, Госэнергоиздат, 1958.
  4. Волоцкой Н. В., Зильбер Д. А., Кнорринг Г. М., Люминесцентное освещение, Госэнергоиздат, 1955.
  5. Каминский Е. А., Как сделать проект простейшей электроустановки, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1960.
  6. Волоцкой Н. В., Люминесцентные лампы и схемы их включения в сеть, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1962.
  7. Громова В. В. и Шмуйлович Л. Я., Таблицы удельной мощности для светильников с лампами накаливания, «Светотехника», 1961, № 4.
  8. Шмуйлович Л. Я., Таблицы удельной мощности для светильников с люминесцентными лампами, «Светотехника», 1962, № 3.
  9. Епанешников М. М. и Жданов Г. И., Таблицы коэффициентов использования осветительной установки для стандартных светильников, «Светотехника», 1960, № 12.
  10. Ключев С. А., Осветительные сети производственных помещений, «Библиотека электромонтера», Госэнергоиздат, 1961.
-

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
1. Основные требования к электрическому освещению производственных помещений . . . . .	7
2. О некоторых светотехнических величинах . . . . .	10
3. Выбор типов источников света . . . . .	11
4. Выбор систем и способов освещения . . . . .	15
5. Выбор величин освещенности . . . . .	17
6. Выбор типов светильников . . . . .	26
7. Выбор расположения и количества светильников . . . . .	39
8. Определение мощности ламп . . . . .	44
9. Пример выполнения расчетов освещения . . . . .	58
Литература . . . . .	63



Цена 12 коп.

## ИМЕЮТСЯ В ПРОДАЖЕ

- Ашкенази Г. И. и др. Электрооборудование театрально-зрелищных зданий. Госэнергоиздат, 1961 г. 35 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 57).
- Демчев В. И. и Царьков В. М., Проекторное освещение. Госэнергоиздат, 1962 г. 60 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 61), 11 к.
- Дормакович П. А. и др. Изготовление и обслуживание газосветных установок. Госэнергоиздат, 1962 г. 50 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 72) 12 к.
- Иевлев В. И. и Рябцев Ю. И., Монтаж трансформаторов напряжением 500 кв. Госэнергоиздат, 1961 г. 39 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 52), 8 к.
- Каetanoвич М. М. Как работают провода, изоляторы и арматура линий электропередачи. Госэнергоиздат, 1962 г. 63 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 63), 13 к.
- Камнев В. С. Подшипники качения в электрических машинах, Госэнергоиздат, 1960 г. 62 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 20), 15 к.
- Колузаев А. М., Ремонт и обслуживание быстродействующих выключателей типа ВАБ-2. Госэнергоиздат, 1962 г. 47 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 75), 9 к.
- Мусаэлян Э. С. Проверки и испытания при монтаже турбогенераторов, Госэнергоиздат, 1962 г. 79 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 66), 15 к.
- Плетнев Л. Ф. Реле прямого действия, их наладка и проверка. Госэнергоиздат, 1961 г. 46 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 48).
- Харитонов М. Г. Опыт обслуживания и ремонта КРУ Запорожского завода. Госэнергоиздат, 1960 г. (Б-ка электромонтера. Вып. 17), 9 к.
- Чериев К. К. Обслуживание распределительных устройств высокого напряжения. Госэнергоиздат, 1961 г. 55 стр. (Б-ка электромонтера. Вып. 47).

Перечисленные выше книги требуют в магазинах Книготорга. В случае их отсутствия в местных магазинах, заказ можно направить по адресу: Москва, К-50, ул. Медведова 1, отдел «Книга — почтой» магазина № 8 «Техническая книга». Заказ будет выполнен наложенным платежом.

Издательство заказов на книги не принимает и книг не высылает.