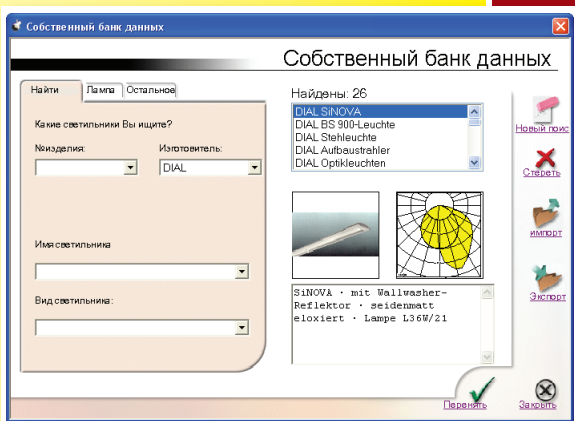
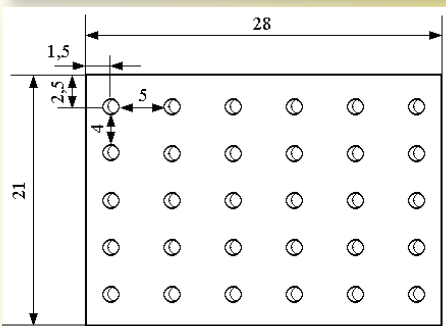
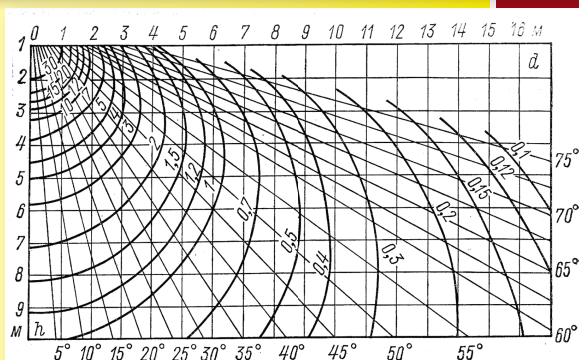
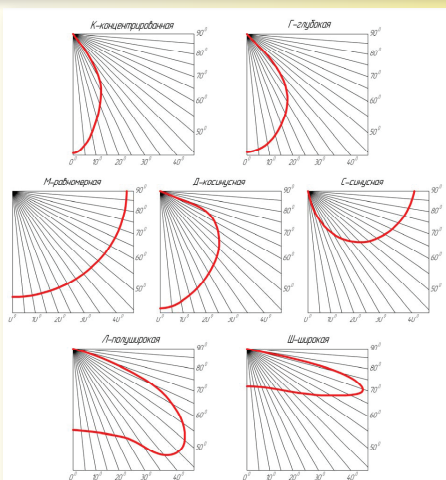




# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Электронное учебное пособие



УДК 628.9:621.32  
ББК 31.294.9



Рецензенты:  
директор ООО «ЭфЛайт» *В.Я. Завьялов*;  
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского  
государственного университета *В.А. Шаповалов*.

Авторы:  
В.В. Вахнина, А.Н. Черненко,  
О.В. Самолина, Т.А. Рыбалко.

Проектирование осветительных установок : электронное учеб.  
пособие / В.В. Вахнина [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. –  
1 оптический диск.

В учебном пособии изложены физические основы работы светотехнических изделий, содержатся сведения о принципах нормирования расчета, проектирования светотехнических установок. В пособии приведены рекомендации по освещению промышленных предприятий, содержится справочный материал, необходимый для расчетов.

Предназначено для студентов, обучающихся очно и заочно по направлению подготовки бакалавра 140400.62 (13.03.02) «Электроэнергетика и электротехника» по дисциплинам «Установки наружного и внутреннего освещения», «Светотехника», «Электроснабжение», «Электроснабжение потребителей и режимы».

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; ПIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Reader.



Редактор *Т.Д. Савенкова*  
Корректор *Т.В. Кутумова*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 21.10.2015.

Объем издания 6,1 Мб.

Комплектация издания:

компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-10-15.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14  
тел. 8(8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ВЕЛИЧИНЫ .....	6
2. ИСТОЧНИКИ СВЕТА .....	11
2.1. Параметры сравнения источников света .....	11
2.2. Виды источников света .....	13
3. СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ .....	36
4. НОРМИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК .....	42
5. ВИДЫ И СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ .....	46
6. ВЫБОР РАСПОЛОЖЕНИЯ И УСТАНОВКИ СВЕТИЛЬНИКОВ .....	49
7. РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ .....	52
8. СХЕМЫ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ .....	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	78
Приложение .....	80

## ВВЕДЕНИЕ

О масштабах современной светотехники можно судить по следующим данным: на освещение ежегодно расходуется примерно 13 % вырабатываемой электроэнергии, примерно 220 млрд кВт·ч.

В настоящее время отмечаются значительные достижения в области светотехники.

Во-первых, появились новые источники света, которые существенно повысили энергосбережение и снизили материалоемкость осветительных приборов. Миниатюризация разрядных ламп путем создания компактных люминесцентных ламп с электронным пускорегулирующим устройством привела к уменьшению размеров осветительных приборов и сокращению расхода материалов. Потребление электроэнергии таких ламп в 3–4 раза ниже, чем у ламп накаливания той же мощности. Световая отдача таких ламп в пределе достигает 130 лм/Вт, срок службы – до 60 тыс. ч.

Во-вторых, компьютеризация в области светотехники приобрела большой размах. Стало возможно применение ЭВМ для вероятностного проектирования осветительных установок, моделирования осветительных приборов и управления работой светильников. Применение компьютерной графики позволило визуализировать расчеты световых полей освещаемых помещений.

Основная задача проектирования освещения заключается в расчете требуемого количества световых приборов или естественного света для обеспечения нормируемых количественных и качественных характеристик освещения. Наиболее распространенной характеристикой является горизонтальная освещенность на рабочей поверхности (Ег, лк), в случае естественного освещения – коэффициент естественной освещенности (КЕО). Встречается и обратная задача, когда по заданному расположению световых приборов требуется определить уровни освещенности на нормируемых поверхностях, в случае естественного освещения требуются расчет КЕО в заданном помещении и сверка его значения с нормативными параметрами.

## 1. ОСНОВНЫЕ СВОТТЕХНИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И ВЕЛИЧИНЫ

Все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля, способны излучать в окружающее пространство лучистую энергию, которая распространяется в виде электромагнитных колебаний с различной длиной волны. Частота этих колебаний зависит от длины волны излучения. Под длиной волны излучения понимается расстояние, которое проходит волна за время полного периода колебания:

$$\lambda = c / f, \quad (1.1)$$

где  $\lambda$  – длина волны, м;  $c$  – скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$  м/с;  $f$  – частота электромагнитных колебаний, Гц.

Для гигиенической оценки условий труда используются светотехнические единицы, принятые в физике [1].

Часть лучистой энергии, воспринимаемая человеческим глазом как световое ощущение, называют световой энергией, а мощность ее излучения – световым потоком  $\Phi$ .

Световой поток  $\Phi$  – мощность световой энергии, эффективная величина, оцениваемая по производимому ею световому ощущению. Единица светового потока – люмен (лм); 1 лм соответствует световому потоку, излучаемому в единичном телесном угле точечным изотропным источником с силой света 1 кандела.

Источники света, которые можно представить в виде светящейся точки, излучают световую энергию равномерно во всех направлениях. Применяемые для освещения помещений светильники распределяют световую энергию в разных направлениях неодинаково, вследствие чего она имеет различную плотность. Пространственная плотность световой энергии называется силой света.

При неравномерном излучении источником света световой энергии сила света  $I$  численно определяется как отношение бесконечно малого светового потока  $d\Phi$ , равномерно распределенного в пределах бесконечно малого телесного угла  $d\Omega$  с вершиной у источника света, к величине этого телесного угла:

$$I = d\Phi / d\Omega. \quad (1.2)$$

При равномерном распределении световой энергии в пределах телесного угла, имеющего конечные размеры, сила света в направлении оси угла определяется по формуле:

$$I = \Phi/\Omega. \quad (1.3)$$

Телесный угол – часть пространства, ограниченная незамкнутой поверхностью. Мерой телесного угла с вершиной в центре сферы является отношение площади сферической поверхности  $dS$ , на которую он опирается, к квадрату радиуса сферы  $r$ . За единицу телесного угла – стерадиан (ср) – принят центральный телесный угол, вырезающий участок сферы, площадь которого равна квадрату ее радиуса (рис. 1.1).

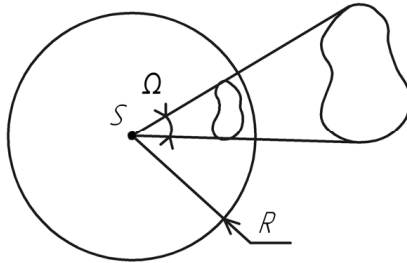


Рис. 1.1. Определение телесного угла

Телесный угол определяется по формуле:

$$\Omega = S/R^2. \quad (1.4)$$

Единицей пространственного угла является стерадиан (ср). Величина телесного угла в 1 ср представляет собой телесный угол, который вырезает на поверхности сферы площадь, равную квадрату радиуса данной сферы.

За единицу измерения силы света принята кандела (кд); 1 кд представляет силу света точечного источника, излучающего равномерно световую энергию мощностью 1 лм, внутри телесного угла в 1 ср.

Распределение в пространстве потока излучения точечного источника однозначно определяется его фотометрическим телом – частью пространства, ограниченного поверхностью, проведенной через концы радиусов-векторов

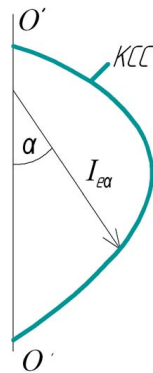


Рис. 1.2. Кривая силы света в продольной плоскости

силы излучения. Сечение фотометрического тела плоскостью, проходящей через начало координат и точечный источник, определяет кривую силы света источника для данной плоскости сечения. Если фотометрическое тело имеет ось симметрии, источник излучения характеризуют кривой силы света (КСС) в продольной плоскости, общий вид представлен на рис. 1.2.

Световой поток любого осветительного прибора можно систематизировать по КСС согласно ГОСТ 17677-82. Основные типы КСС: К – концентрированная, Г – глубокая, Д – косинусная, Л – полуширокая, Ш – широкая, М – равномерная и С – синусная (рис. 1.3).

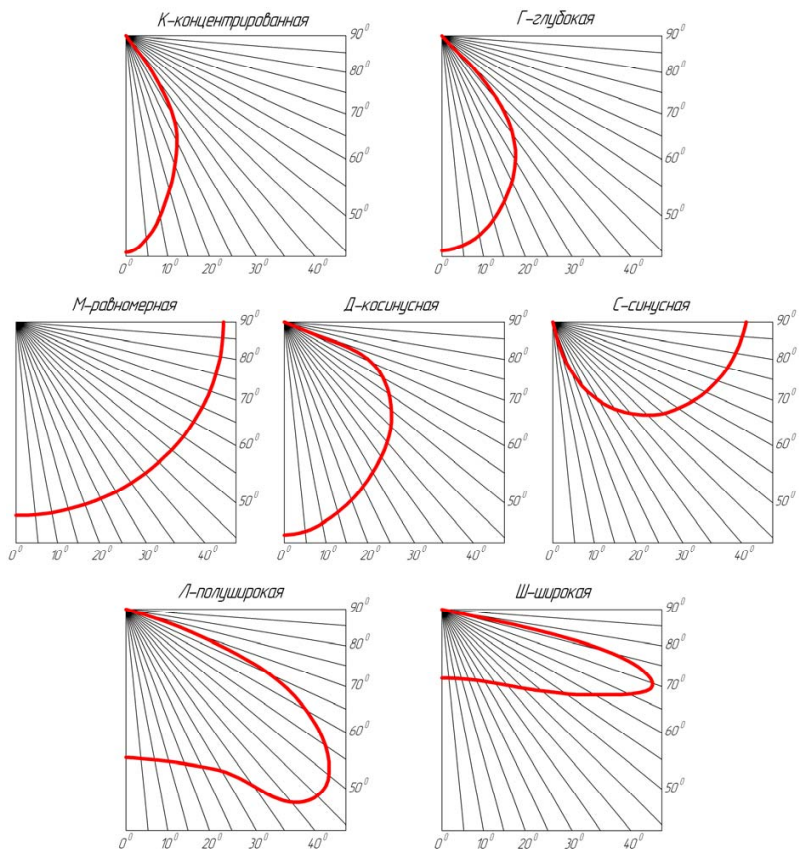


Рис. 1.3. Основные типы КСС



В зависимости от типа освещаемого объекта подбирается соответствующий тип КСС светильника.

Для освещения производственных помещений – цехов, складов и т. д. применяют светодиодные светильники с КСС типа К – концентрированной, Г – глубокой и Д – косинусной.

Чем больше высота подвеса, тем более концентрированным и направленным должен быть луч света.

Для общественного освещения офисов, административных, медицинских, учебных помещений в основном используются светодиодные светильники рассеянного света с диаграммой Д – косинусной, иногда Г – глубокой.

Для архитектурной подсветки, освещения особых зон или выделенных зон используются светильники с направленной КСС типа К – концентрированной.

Для освещения автомобильных дорог, туннелей, переходов, коридоров применяются светильники с диаграммами типа Ш – широкой, Л – полуширокой.

Для освещения автодорог местного значения, придворовых территорий, невысоких производственных помещений применяются светильники с КСС типа Д – косинусной.

Для освещения объектов сферы ЖКХ применяются светильники с КСС типа М – равномерной или типа Д – косинусной.

Световая энергия, падая на любую поверхность, освещает ее. Для количественной оценки плотности светового потока на освещаемой поверхности пользуются понятием «освещенность».

Освещенность  $E$  – плотность светового потока на освещаемой поверхности.

В случае неравномерного освещения поверхности освещенность  $E$  определяется выражением

$$dE = d\Phi / dS, \quad (1.5)$$

где  $d\Phi$  – бесконечно малая величина светового потока, равномерно распределяющегося в пределах бесконечно малого участка  $dS$  освещаемой поверхности.

Средняя освещенность при неравномерном распределении светового потока по освещаемой поверхности

$$E_{cp} = \Phi/S. \quad (1.6)$$

За единицу освещенности принят люкс (лк). Освещенность в 1 лк имеет поверхность, на 1 м<sup>2</sup> которой падает и равномерно по ней распределяется световой поток в 1 лм.

Яркость в направлении  $\alpha$  тела или участка (его поверхности) равна отношению силы света в направлении  $\alpha$  к проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению:

$$L_{\alpha} = dI / (dS \cos\alpha), \quad (1.7)$$

где  $L_{\alpha}$  – яркость участка поверхности  $dS$  в направлении  $\alpha$ , проекция которого на плоскость, перпендикулярную этому направлению, равна  $(dS \cos\alpha)$ ;  $I$  – сила света, испускаемая поверхностью  $dS$  в направлении  $\alpha$ .

За единицу измерения яркости (кд/м<sup>2</sup>) принята яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади 1 м<sup>2</sup>.

## 2. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

### 2.1. Параметры сравнения источников света

Все параметры источников света можно разбить на две группы – технические и эксплуатационные. Технические параметры подразделяются на электрические, световые и механические.

Основные электрические параметры – номинальное напряжение ( $U_{\text{ном}}$ ), номинальная мощность ( $P_{\text{ном}}$ ) или номинальный ток и род питающего тока.

Номинальное напряжение – напряжение, на которое рассчитана лампа или на которое она может включаться с предназначенной для этого специальной аппаратурой.

Номинальная мощность – расчетная мощность, потребляемая лампой накаливания при ее включении на номинальное напряжение. Для газоразрядных ламп под номинальной мощностью понимают расчетную мощность, которую потребляет лампа при ее включении со специально предназначенной для этого аппаратурой. Для некоторых ламп вместо номинальной мощности указывается номинальный ток. Для газоразрядных ламп иногда указывается род тока, так как некоторые типы ламп, например шаровые ксеноновые, могут работать только на постоянном токе.

К световым параметрам относятся номинальный световой поток ( $\Phi_{\text{ном}}$ ), световая отдача ( $\eta_v$ ), индекс цветопередачи ( $R_a$ ), коэффициент пульсации освещенности ( $k_n$ ).

$\Phi_{\text{ном}}$  – световой поток, который создает лампа при ее номинальной мощности.

Экономичность источника света характеризуется световой отдачей ( $\eta_v$ ), т. е. отношением светового потока, излучаемого лампой, к ее электрической мощности:

$$\eta_v = \Phi / P. \quad (2.1)$$

Единица измерения световойдачи – лм/Вт.

Световая отдача – это коэффициент полезного действия, выраженный в световых величинах.

Качество цветопередачи при освещении искусственным светом принято оценивать общим индексом цветопередачи. За стандартный источник был принят свет тепловых излучателей, то есть ламп накаливания, их индекс цветопередачи по соглашению международных организаций равен 100. При освещении газоразрядными лампами цвет предметов в той или иной степени отличается от действительного, который они имеют при солнечном освещении. Чем больше искажение цвета, тем ниже индекс цветопередачи. Принята следующая система оценки качества цветопередачи:

$R_a \geq 90$  – отличное;

$90 > R_a > 80$  – очень хорошее;

$80 > R_a > 70$  – хорошее;

$70 > R_a > 60$  – удовлетворительное;

$60 > R_a > 40$  – приемлемое;

$R_a < 40$  – плохое.

Нормируется еще один качественный показатель освещения – коэффициент пульсации освещенности, в %:

$$k_n = \frac{2(E_{\max} - E_{\min})}{E_{\max} + E_{\min}} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

где  $E_{\max}$  и  $E_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за полупериод основной частоты напряжения.

Нормами установлено, что  $k_n$  не должен превышать 15÷20 %.

К механическим параметрам ламп относятся габаритные и установочные размеры, масса, тип цоколя, рабочее положение (для некоторых типов допустима работа только в одном положении, и это указывается в технической документации).

Важнейшим из эксплуатационных параметров ламп является срок службы. Кроме него работу лампы характеризует устойчивость к внешним климатическим факторам (температуре, давлению и влажности окружающего воздуха), к механическим воздействиям и колебаниям напряжения питающей электрической сети.

Различают полный, средний, минимальный и гарантированный срок службы. Полный или физический срок службы – это время от начала эксплуатации источника света до его выхода из строя. Этот параметр в документации не указывается, так как является величиной вероятностной. Под средним сроком службы при номинальном

напряжении понимают время работы большой группы ламп, в течение которого 50 % от их количества может выйти из строя. Минимальный срок службы – это время работы до выхода из строя первой лампы из группы. Этот параметр указывается редко, только для особо надежных ламп специального назначения. Чаще нормируется гарантированный срок службы – время, в течение которого вероятность отказа ламп не превышает установленного значения. Например, для ламп типа ЛБ8-6 гарантированный срок службы составляет 5000 часов при вероятности безотказной работы лампы в течение этого срока не ниже 0,95.

## **2.2. Виды источников света**

Для искусственного освещения промышленных предприятий в настоящее время в основном применяются лампы накаливания (ЛН), газоразрядные лампы и светоизлучающие диоды [2; 3].

Принципиально различают несколько способов производства света: термоизлучение, газовый разряд низкого и газовый разряд высокого давления.

### **2.2.1. Лампы накаливания**

Твердое тело при его нагревании выделяет лучистую энергию, количество которой увеличивается с повышением температуры. При низких температурах телом излучаются почти исключительно невидимые инфракрасные волны, длина которых больше, чем у видимых. По мере повышения температуры происходит не только увеличение излучаемой телом лучистой энергии, но и изменение состава спектра. При этом быстро увеличивается видимое излучение, имеющее более короткие длины волн. Тело начинает светиться сначала вишнево-красным, затем красным, оранжевым и, наконец, белым светом. На принципе теплового излучения и основана работа электрических ламп накаливания. При появлении тока в цепи нити накала лампы она нагревается и излучает тем больше света, чем выше ее температура. В связи с этим нити накала изготавливают из тугоплавкого металла – вольфрама с температурой

плавления около  $3400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При номинальном токе нить накала нагревается до  $2500\div 2700\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Лампы накаливания имеют низкий коэффициент полезного действия. Только  $3\text{--}7\%$  потребляемой электрической энергии превращается в световую, около  $70\text{--}80\%$  преобразуется в энергию невидимых излучений, остальная часть энергии в виде тепла посредством конвекции и теплопроводности передается в окружающую среду. Несмотря на столь низкую экономичность таких ламп, благодаря простоте их конструкции, дешевизне они широко применяются для освещения жилых домов, вспомогательных помещений промышленных и общественных зданий, а также наружного освещения.

Устройство лампы накаливания показано на рис. 2.1.

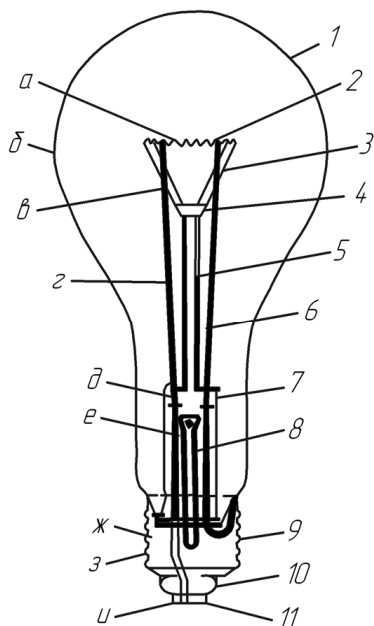


Рис. 2.1. Конструкция осветительной лампы накаливания общего назначения: 1 – колба; 2 – спираль; 3 – крючки; 4 – линза; 5 – штабик; 6 – электроды; 7 – лопатки; 8 – штенгель; 9 – цоколь; 10 – изолятор; 11 – нижний контакт. Материалы: *a* – вольфрам; *б* – стекло; *в* – молибден; *г* – никель; *д* – медь, сталь, никель; *е* – медь; *ж* – цокольная мастика; *з* – латунь или сталь; *и* – свинец, олово

Лампы накаливания мощностью до 150 Вт выполняются пустотными (вакуумными). Отсутствие воздуха в колбе лампы предохраняет вольфрамовую нить от окисления и тем самым увеличивает ее срок службы. Кроме того, отсутствие воздуха снижает тепловые потери посредством конвекции.

Для уменьшения потерь нить накала лампы свертывают в спираль. Более значительное снижение потерь получается при изготовлении нити в виде двойной спирали (биспиральные лампы). Биспиральные лампы мощностью 40, 60 и 100 Вт выпускаются как вакуумные, так и с криптоновым наполнением.

Световая отдача ламп накаливания возрастает с увеличением их мощности и тем выше, чем меньше напряжение, на которое лампа рассчитана. Это объясняется тем, что у мощных ламп и ламп более низкого напряжения диаметр нити накала больше, чем у ламп малой мощности и ламп с более высоким номинальным напряжением. Поэтому они допускают более высокую температуру нагрева нити, а следовательно, имеют более высокую светоотдачу.

У ламп напряжением 220 В световая отдача изменяется от 7 лм/Вт для лампы мощностью 15 Вт до 18,7 лм/Вт для лампы мощностью 1500 Вт. У ламп с номинальным напряжением 127 В световая отдача на 10–12 % выше, чем у ламп, выполненных на напряжение 220 В.

Световой поток, световая отдача и срок службы лампы существенно зависят от величины подводимого к ней напряжения. Изменения этих параметров приведены в табл. 2.1.

Как следует из табл. 2.1, при снижении напряжения в сети световая отдача и световой поток значительно уменьшаются, в то время как срок службы возрастает. При увеличении напряжения в сети световая отдача возрастает, а срок службы резко снижается. Снижение напряжения у ламп по сравнению с номинальным значением приводит к тому, что спектр излучения меняется. При этом освещаемые предметы кажутся окрашенными в другие цвета. Например, предметы желтого цвета кажутся белыми, темно-синего – черными и т. д. Это более заметно при маломощных лампах.

Таблица 2.1

Зависимость выходных параметров лампы  
от подводимого напряжения

Подводимое напряжение в % от номинального значения	Световой поток в % от номинального значения	Световая отдача в % от номинального значения	Срок службы в % от номинального значения
90	70	80	390
95	84	90	160
98	93	95	105
100	100	100	100
103	111	105	80
105	119	110	60
110	137	125	40

Основные *достоинства* ламп накаливания:

- изготовление в широком сортаменте, на разные мощности и напряжения;
- разнообразие конструкций, приспособление к определенным условиям применения;
- непосредственное включение в сеть без дополнительных аппаратов;
- работоспособность (хотя и с резко изменяющимися характеристиками) даже при значительных отклонениях напряжения сети от номинального;
- почти полная независимость от условий окружающей среды, в том числе от температуры.

*Недостатками* ЛН являются их низкая световая отдача, преобладание в спектре излучений желто-красной части, ограниченный срок службы (не более 2000 ч).

Существуют определенные обозначения ламп накаливания. Лампы общего назначения – вакуумные (В), биспиральные аргоновые (Б), биспиральные криптоновые (БК), газополные моноспиральные (Г) (ГОСТ 2239-79) – предназначены для освещения помещений и открытых пространств, рассчитаны на напряжения 127 и 220 В. Срок службы ламп – 1000 ч. Учитывая нестабильность напряжения в сетях,



ГОСТ 2239-79 предусматривает выпуск ЛН на расчетные напряжения 130, 220, 225, 235 и 240 В (на лампе указывают диапазон напряжений: 125–135, 215–225, 220–230, 230–240 и 235–245 В).

На рис. 2.2 показан внешний вид наиболее распространенных ЛН.

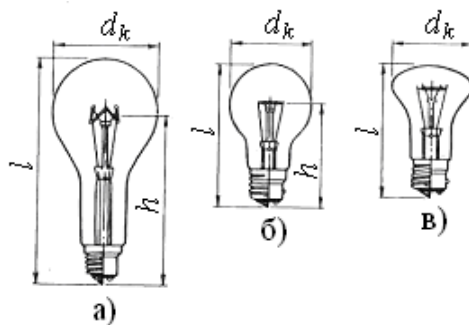


Рис. 2.2. Лампы накаливания общего назначения: *a* – моноспиральная с аргоновым наполнением; *б* – вакуумная или биспиральная с аргоновым наполнением; *в* – биспиральная с криптоновым наполнением

При эксплуатации ЛН должны соблюдаться следующие условия:

- использование ламп в соответствии с назначением, т. е. в тех светильниках, для которых они предназначены, поэтому на каждом светильнике или в паспорте на него указываются максимально допустимая мощность лампы, ее тип и другие данные;
- соответствие напряжения, указанного на лампе, напряжению сети;
- соответствие климатических факторов предусмотренным техническими условиями на лампы, например, ЛН нормального исполнения рассчитаны для работы при относительной влажности не более 98 % в интервале от  $-60$  до  $+50$  °С и при внешнем давлении 80–1010 ГПа (550–760 мм рт. ст.).

В табл. 2.2 представлены параметры ламп накаливания общего назначения.

Таблица 2.2

Параметры ЛН общего назначения с расчетными напряжениями 130 и 220 В

Тип лампы	Номинальное значение					Тип цоколя по ГОСТ 17100-79*
	Φ, лм	$\eta_v$ , лм/Вт	$d_k$ , мм	$l$ , мм	$h$ , мм	
B125-135-15	135	9,0	61	105	—	—
B125-135-25	260	10,4	61	105	—	—
B125-135-40	490	12,2	61	110	80	—
BK125-135-40	520	13,0	51	98	77	—
B125-135-60	810	13,5	61	110	80	—
BK125-135-60	890	14,8	51	98	77	—
B125-135-100	1540	15,4	61	110	80	E27/27
BK125-135-100	1670	16,8	56	105	77	—
Г125-135-150	2420	16,1	81	166,5	128	—
Г125-135-150-1	2420	16,1	71	130	93	—
Г125-135-200	3350	16,7	81	166,5	128	—
Г125-135-300-1	5050	16,8	91	184	133	E27/30
Г125-135-300	5050	16,8	111	240	178	—
Г125-135-500	9200	18,4	111	240	178	E40/45
Г125-135-1000	20 000	20,0	151	309	225	—
Г125-1 35-1000-1	20 000	20,0	131	275	202	—
B215-225-15	120	8,0	61	105		—
B215-225-25	220	8,8	61	105		—
B215-225-40	430	10,8	61	110	80	—
BK215-225-40	475	11,9	51	98	77	—
B215-225-60	730	12,2	61	110	80	—
BK215-225-60	800	13,3	51	98	77	—
B215-225-75	960	12,8	61	110	80	—
BK215-225-75	1030	13,7	56	105	77	—
B215-225-100	1380	13,8	61	110	80	E27/27
BK215-225-100	1500	15,0	56	105	77	—
B215-225-150	2220	14,8	81	166,5	128	—
B215-225-150-1	2220	14,8	71	130	93	—
Г215-225-150	2090	13,9	81	166,5	128	—
Г215-225-150-1	2090	13,9	71	130	93	—
B215-225-200	3150	15,7	81	166,5	128	—
Г215-225-200	2950	14,7	81	166,5	128	E27/30

Тип лампы	Номинальное значение					Тип цоколя по ГОСТ 17100-79*
	$\Phi$ , лм	$\eta_v$ , лм/Вт	$d_k$ , мм	$l$ , мм	$h$ , мм	
G215-225-300-1	4850	16,1	91	184	133	—
G215-225-300	4850	16,1	111	240	178	—
G215-225-500	8400	16,1	111	240	178	—
G215-225-750	13 100	17,5	151	309	225	—
G215-225-1000	18 800	18,8	151	309	225	E40/45
G215-225-1000-1	18 800	18,8	131	275	202	—

\* С цоколем B22 по ГОСТ 17100-79, допускаемым для ламп мощностью до 150 Вт включительно, длина лампы  $l$  уменьшается на 1,5 мм, а высота светового центра  $h$  – на 8 мм.

*Примечание.* Расчетное напряжение лампы равно среднему из первых двух чисел обозначения типа, мощность – третьему числу.

## 2.2.2. Галогенные лампы накаливания

Галогенные лампы впервые появились в США в 1959 году. Для уменьшения испарения вольфрама в них используется вольфрамowo-галогенный цикл. Галогены – это соединения элементов седьмой группы таблицы Менделеева, к ним относятся фтор, хлор, бром, йод. На начальном этапе производства этих ламп использовались только соединения йода, поэтому такие лампы назывались йодными. В настоящее время чаще используют бромистый метан и бромистый метилен. Первоначально галогенная лампа представляла собой цилиндр диаметром 7–12 мм, изготовленный из тугоплавкого кварцевого стекла, наполненный небольшим количеством йода и очищенным инертным газом (аргоном, ксеноном или криптоном). Вольфрамовая нить располагалась на оси цилиндра. Для осуществления вольфрамowo-галогенного цикла необходимы два условия: температура нити накала должна быть не ниже 1600 °С, а температура стенок колбы – 500–600 °С. Первое условие в лампах накаливания выполняется всегда, так как температура нити накала не менее 1700 °С. Для выполнения второго условия пришлось значительно уменьшить размеры колбы и выполнить ее из термостойкого материала. При высоких температурах нить накала испаряется и атомы вольфрама оседают на стенках колбы. С ними вступают в реакцию

пары йода, образуя газообразное соединение — йодистый вольфрам. Это вещество, прикасаясь к раскаленной нити, разлагается на йод и вольфрам. Йод вновь включается в цикл работы лампы, а вольфрам оседает на нити. Таким образом создается непрерывный цикл, в результате которого происходит очищение стенок колбы от вольфрама и частичное восстановление спирали.

Малые габариты ламп позволяют использовать более тяжелый из инертных газов — ксенон, давление которого в работающей колбе составляет 10–12 атмосфер. Это позволяет повысить температуру нити накала и световую отдачу ламп при одновременном увеличении срока службы. Для сравнения: обычная лампа накаливания мощностью 150 Вт на напряжение 220 В имеет светоотдачу 14 лм/Вт и срок службы 1000 часов, а у аналогичной галогенной лампы эти параметры составляют 19 лм/Вт и 1500 часов.

Кроме линейных в настоящее время выпускаются малогабаритные (компактные) галогенные лампы. Принцип их работы не отличается от линейных. Высокая температура на колбах не позволяет использовать привычные резьбовые цоколи. Линейные лампы имеют специальные торцевые цоколи, выдерживающие большие температуры. В малогабаритных лампах в качестве цоколя используется сама колба с жестко фиксированными выводами из вольфрамовой проволоки.

Линейные лампы маркируются буквами КГ или КИ (кварцевые галогенные или йодные) и цифрами, обозначающими номинальную мощность и номинальное напряжение. Они выпускаются на напряжение 110, 127, 220 В мощностью от 100 до 20 000 Вт. Линейные галогенные лампы в основном применяются для освещения открытых пространств, фасадов зданий, рекламных щитов.

В последнее время широко используются галогенные лампы с зеркальными отражателями различной формы. Отражатель в таких лампах жестко соединен с колбой специальной высокотемпературной мастикой.

Малогабаритные галогенные лампы обозначаются буквами КГМ или КГМН (кварцевая галогенная малогабаритная и кварцевая галогенная малогабаритная низкого напряжения) и АКГ (автомобильная кварцевая галогенная). Малогабаритные галогенные

лампы с отражателями или в светильниках используются для освещения музейных или выставочных экспонатов, торговых витрин, в настольных светильниках и т. п. Малогабаритные лампы выполняются на низкие напряжения от 6 до 36 В, мощностью от 3 до 200 Вт.

Галогенные лампы накаливания значительно дороже аналогичных ламп накаливания обычного исполнения, так как в них используются более дорогие материалы, а технология их изготовления сложнее.

### **2.2.3. Газоразрядные лампы низкого давления**

Рассмотрим физическую сущность процесса электрического разряда. Если запаянную с обоих концов стеклянную трубку наполнить инертным газом или небольшим количеством металла с высокой упругостью паров, например ртутью, и по концам трубки расположить электроды, приложив к ним разность потенциалов, то электрическое поле, возникающее между электродами, начнет воздействовать на свободные электроны и ионы, всегда присутствующие в газе. В результате этого воздействия возникает перемещение электронов к аноду, а ионов к катоду, т. е. появляется электрический ток.

По мере увеличения напряжения на электродах скорость перемещения частиц увеличивается, электроны получают достаточную кинетическую энергию для ионизации встречающихся на их пути атомов газа. В результате ионизации появляются новые электроны и ионы, поэтому сила тока в трубке увеличивается.

Вследствие относительно малой скорости переноса ионы группируются у катода, образуя объемный положительный заряд, в то время как более подвижные электроны быстро переносятся к аноду. В результате вдоль трубки возникает неравномерное распределение потенциала. Это приводит к тому, что ионы получают значительное ускорение и ударом о катод освобождают с его поверхности новые электроны, которые, в свою очередь, становятся источниками ионизации. Таким образом, устанавливается не зависящий от внешних ионизаторов процесс, сопровождающийся свечением. Такой разряд называется тлеющим, а напряжение, которое необходимо приложить к лампе для возникновения тлеющего разряда, принято называть напряжением зажигания.

Тлеющий разряд наблюдается при малых плотностях тока ( $10^{-5}$ – $10^{-1}$  А/см) и низких давлениях газа. При дальнейшем увеличении тока в цепи лампы процесс бомбардировки катода ионами усиливается, при этом катод накаляется и возникает термоэлектронная эмиссия. Для того чтобы появился дуговой разряд, необходимо приложить к трубке повышенное напряжение.

Во время горения дуги напряжение резко снижается, а ток будет возрастать. Вольт-амперная характеристика дугового разряда в газах приведена на рис. 2.3.

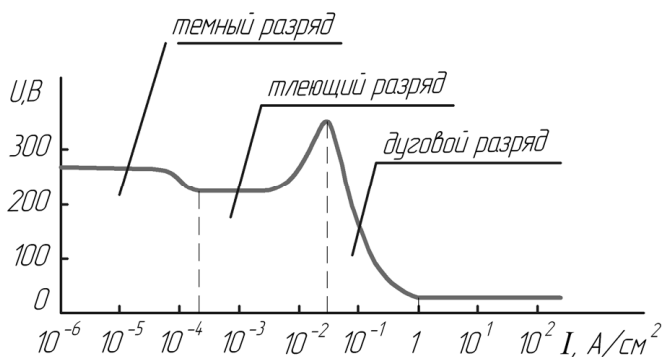


Рис. 2.3. Вольт-амперная характеристика дугового разряда

В люминесцентных лампах преобразование электрической энергии в световые излучения имеет две фазы. Электрический разряд в парах ртути, наполняющих колбу люминесцентной лампы, сопровождается излучением, которое называется электролюминесценцией. Возникающая при этом лучистая энергия, воздействуя на люминофор, нанесенный на стенки колбы лампы, преобразуется в световое излучение (фотолюминесценцию). В современной люминесцентной лампе приблизительно 63,5 % потребляемой энергии превращается в лучистую энергию ультрафиолетового сектора, 34,5 % энергии преобразуется в тепловую и лишь 2 % энергии непосредственно превращается в световую. В результате фотолюминесценции ультрафиолетовое излучение преобразуется в видимое. С учетом этого вторичного преобразования на долю видимых излучений приходится около 20–21 % энергии, подводимой к лампе.

Конструкция люминесцентной лампы представлена на рис. 2.4.

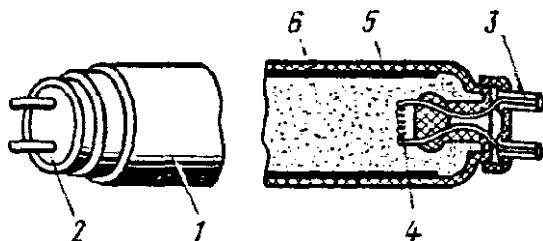


Рис. 2.4. Внешний вид и разрез люминесцентной лампы: 1 – колба; 2 – цоколь; 3 – контактные штырьки цоколя; 4 – электрод; 5 – слой люминофора; 6 – ртутные пары

Промышленностью для нужд освещения выпускаются пять типов люминесцентных ламп, которые отличаются друг от друга цветностью излучения светового потока. К ним относятся лампы дневного света (ЛД), лампы дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), лампы белого света (ЛБ), лампы тепло-белого света (ЛТБ) и лампы холодно-белого света (ЛХБ).

Лампы ЛД и ЛДЦ при горении приобретают сине-голубую окраску и излучают свет, близкий к свету дневного облачного неба. Они с достаточной точностью воспроизводят цвета освещаемых ими предметов. Их следует применять в случаях, когда при искусственном освещении требуется точное различие цветов и оттенков, например, в помещениях, где производится окраска или отбраковка по цвету продукции и материалов, в картинных галереях, магазинах готового платья, тканей и т. п.

Лампы ЛБ при горении приобретают белую окраску и излучают световой поток, состав которого приближается к составу светового потока ламп накаливания. Они не обеспечивают точной цветопередачи, но они более экономичны, чем лампы ЛД (имеют более высокую световую отдачу). Лампы ЛБ устанавливают там, где не требуется точное различие цветов, например, в административных, учебных, лечебных, конструкторских помещениях, металлообрабатывающих цехах и т. п.

Лампы ЛХБ по спектральному составу занимают промежуточное положение между лампами ЛД и ЛБ. Они наравне с лампами ЛД могут применяться в некоторых случаях для освещения помещений, в которых требуется различие цветовых оттенков.

Лампы ЛТБ при горении приобретают розовую окраску и излучают белый свет с розовым оттенком. Они придают освещенным помещениям вид парадности и уюта. Поэтому их следует применять для освещения, например, отдельных помещений дворцов культуры, танцевальных залов и т. п.

Для достижения наибольшей эффективности разряда необходимо поддерживать определенную температуру колбы. Диаметр колбы выбирается в соответствии именно с этим требованием. Во всех люминесцентных лампах обеспечивается примерно одинаковая плотность тока. Падение напряжения на лампе прямо пропорционально ее длине, поэтому лампы разной мощности, выполненные в колбах одного диаметра, имеют разную длину.

В середине 1990-х годов на мировом рынке появилось новое поколение люминесцентных ламп — компактные люминесцентные лампы. Колбы стали делать из стеклянных трубок с наружным диаметром 12 мм и многократно изгибать их, сокращая тем самым габариты лампы. В конструкцию ламп внесено очень важное изменение — люминофор с внутренней стороны покрыт тонкой защитной пленкой, прозрачной для ультрафиолетового и видимого светового излучения. Пленка защищает люминофор от попадания на него части ртути, активирующего покрытия и вольфрама с электродов, благодаря чему обеспечивается высокая стабильность светового потока в течение всего срока службы.

Таким образом, все люминесцентные лампы можно разделить на две большие группы — линейные и компактные.

Компактные люминесцентные лампы, в свою очередь, делятся на две группы — с внешним аппаратом включения и со встроенным.

Лампы первой группы изготавливаются мощностью от 5 до 55 Вт. Цилиндрическая колба лампы может быть изогнута один, два, три и даже четыре раза. Цоколи у всех ламп этой группы специальные с двумя или четырьмя внешними штырьками. Каждый типоразмер лампы имеет свой особый цоколь, исключающий возмож-



ность включения лампы какой-либо одной мощности в арматуру, предназначенную для ламп другой мощности.

Компактные лампы второй группы стали выпускаться в 1986 году фирмами Philips, Osram, General Electric. Такие лампы имеют обычный цоколь, размерами и формой напоминают привычные лампы накаливания, их масса составляет не более 100 граммов.

В то же время люминесцентные лампы (ЛЛ) малопригодны для наружного освещения и освещения высоких помещений, что обусловлено малой мощностью (в пределах от 4 до 150 Вт), большими размерами ЛЛ, трудностью перераспределения и концентрации их светового потока в пространстве, а также ненадежной работой при низких температурах окружающей среды.

Маркировка ЛЛ в СНГ основана на буквенном обозначении конструктивных признаков. Первая буква – Л – люминесцентная, следующие буквы обозначают цвет излучения: Б – белый, ТБ – тепло-белый, ХБ – холодно-белый, Д – дневной, Е – естественно белый, УФ – ультрафиолетовый, К, С, З, Г – красный, синий, зеленый, голубой. Одна или две буквы Ц после обозначения цвета означают высокое или еще более высокое качество цветопередачи. Далее следуют буквы, обозначающие особенности конструкции лампы: Р – рефлекторная, У – U-образная, К – кольцевая, Б – быстрого пуска, А – амальгамная. Цифры, стоящие после букв, обозначают мощность в ваттах.

Основные характеристики стандартных люминесцентных ламп приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Размеры, электрические и световые параметры ЛЛ

Тип лампы	Номинальное значение					Тип цоколя по ГОСТ 17100-79
	Ф, лм	$\eta_v$ , лм/Вт	$d_k$ , мм	$l$ , мм	$h$ , мм	
В125-135-15	135	9,0	61	105	—	—
В125-135-25	260	10,4	61	105	—	—
Б125-135-40	490	12,2	61	110	80	—
БК125-135-40	520	13,0	51	98	77	—
Б125-135-60	810	13,5	61	110	80	—
БК125-135-60	890	14,8	51	98	77	—

Тип лампы	Номинальное значение					Тип цоколя по ГОСТ 17100-79
	Φ, лм	$\eta_v$ , лм/Вт	$d_k$ , мм	l, мм	h, мм	
Б125-135-100	1540	15,4	61	110	80	E27/27
БК125-135-100	1670	16,8	56	105	77	—
Г125-135-150	2420	16,1	81	166,5	128	—
Г125-135-150-1	2420	16,1	71	130	93	—
Г125-135-200	3350	16,7	81	166,5	128	—
Г125-135-300-1	5050	16,8	91	184	133	E27/30
Г125-135-300	5050	16,8	111	240	178	—
Г125-135-500	9200	18,4	111	240	178	E40/45
Г125-135-1000	20 000	20,0	151	309	225	—
Г125-135-1000-1	20 000	20,0	131	275	202	—
В215-225-15	120	8,0	61	105	—	—
В215-225-25	220	8,8	61	105	—	—
В215-225-40	430	10,8	61	110	80	—
БК215-225-40	475	11,9	51	98	77	—
В215-225-60	730	12,2	61	110	80	—
БК215-225-60	800	13,3	51	98	77	—
В215-225-75	960	12,8	61	110	80	—
БК215-225-75	1030	13,7	56	105	77	—
В215-225-100	1380	13,8	61	110	80	E27/27
БК215-225-100	1500	15,0	56	105	77	—
В215-225-150	2220	14,8	81	166,5	128	—
В215-225-150-1	2220	14,8	71	130	93	—
Г215-225-150	2090	13,9	81	166,5	128	—
Г215-225-150-1	2090	13,9	71	130	93	—
В215-225-200	3150	15,7	81	166,5	128	—
Г215-225-200	2950	14,7	81	166,5	128	E27/30
Г215-225-300-1	4850	16,1	91	184	133	—
Г215-225-300	4850	16,1	111	240	178	—
Г215-225-500	8400	16,1	111	240	178	—
Г215-225-750	13 100	17,5	151	309	225	—
Г215-225-1000	18 800	18,8	151	309	225	E40/45
Г215-225-1000-1	18 800	18,8	131	275	202	—

*Примечание.* Ссылки на нормативно-техническую документацию: 1 – ГОСТ 6825-74, 2 – ТУ 16-545291-79, 3 – ТУ 16-645409-82, 4 – ТУ 16-675059-84, 5 – ТУ 16-545388-82.

## 2.2.4. Газоразрядные лампы высокого давления

1. *Ртутные лампы высокого давления (ДРЛ)*. Условное обозначение ламп ДРЛ: Д – дуговая, Р – ртутная, Л – люминесцентная. Цифры после букв соответствуют мощности ламп в ваттах, далее в скобках – «красное отношение» (отношение светового потока в красной области спектра (600–780 нм) к общему световому потоку лампы), цифра через дефис – номер разработки.

Устройство дуговой ртутной лампы (ДРЛ) показано на рис. 2.5.

Разрядная кварцевая трубка 1, называемая горелкой, закреплена держателями 2 на ножке 3, герметично впаянной во внешнюю колбу 5. Стеклоанная колба в виде грушеобразного баллона служит для изоляции горелки от окружающей среды. Пространство между горелкой и колбой заполняется техническим аргоном. На внутренней поверхности колбы нанесен люминофор. У мощных ламп горелка поддерживается еще и пружинящим держателем, упирающимся во внешнюю колбу. Для облегчения зажигания и улучшения условий работы электродов 7, установленных по концам разрядной трубки, в горелку вводится дозированное количество ртути и аргона. Кроме основных электродов в лампе имеются поджигающие электроды 8, расположенные вблизи основных и электрически соединенные с противоположными электродами через ограничительные сопротивления 9. На внешней колбе с помощью высокотемпературной мастики крепится стандартный резьбовой цоколь 4. Между горелкой и цоколем установлен тепловой экран 6.

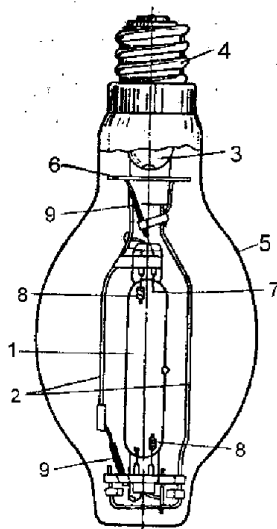


Рис. 2.5. Ртутная лампа высокого давления (ДРЛ)

Схема включения ртутных ламп высокого давления проще, чем люминесцентных ламп. Благодаря наличию поджигающих электродов, расположенных очень близко к основным, между этими электродами разряд возникает при напряжениях ниже сетевого. Этот

разряд очень слаб, так как ток его ограничен сопротивлениями 9, но он создает начальную ионизацию газа в горелке, за счет которой разряд переходит на основные электроды. Ток основного разряда ограничивается только дросселем, и величина его в первое время после включения в 2–3 раза больше, чем после полного разгорания лампы. Разряд разогревает основные электроды до температуры 1000–12 000 °С, обеспечивающей достаточную эмиссию электронов из них. Из-за большой силы тока разряда стенки горелки начинают разогреваться и находящаяся на них ртуть полностью испаряется. Далее процесс горения в лампе стабилизируется. Процесс разгорания длится от 7 до 10 минут. Повторное зажигание погасшей лампы возможно лишь после ее остывания, т. е. через 10–15 минут.

Лампы ДРЛ выпускаются мощностью 80, 125, 250, 400, 700 и 1000 Вт. Световая отдача их составляет от 40 до 60 лм/Вт, средняя продолжительность горения составляет не менее 15 000 часов.

Лампы ДРЛ по сравнению с лампами накаливания обладают рядом существенных преимуществ, основным из которых является высокая световая отдача. Характеристики дуговых ДРЛ приведены в табл. 2.4.

В связи с плохой цветопередачей лампы ДРЛ рекомендуется применять для наружного освещения и в высоких (от 12 до 18 м) производственных помещениях, в которых выполняемая работа не связана с различением цветов, например, в машиностроительной, металлургической промышленности, в судостроении и т. п.

Таблица 2.4

Основные параметры ламп типа ДРЛ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение лампы, В	Ток, А	Световой поток, клм	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч
ДРЛ50(15)	50	95	0,61	1,9	56	130	10
ДРЛ80(6) ДРЛ80(10)	80	115	0,80	3,3 3,6	73	160	12
ДРЛ80(15)				3,6			

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение лампы, В	Ток, А	Световой поток, клм	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч
ДРЛ125(6)-4 ДРЛ125(10)-4	125	125	1,15	5,9 6,3	78	184 184	12
ДРЛ250(6)-4 ДРЛ250(101)-4	250	130	2,15	13,0 13,5	91	227	12
ДРЛ250(14)-4				13,5			
ДРЛ400(6)-4 ДРЛ400(10)-4	400	135	3,25	23,5 24,0	122	292	15
ДРЛ400(12)-4				24,0			
ДРЛ700(6)-3 ДРЛ700(10)-3	700	140	5,40	40,6 41,0	152	368	20
ДРЛ700(12)-3				41,0			
ДРЛ1000(6)-3 ДРЛ1000(10)-3	1000	145	7,5	58,0 59,0	178	400	18
ДРЛ1000(12)-3				59,0			
ДРЛ2000	2000	270	8,0	120,0	187	445	6

*Примечание.* Параметры, кроме ДРЛ2000, по ТУ-16-88.

Лампы ДРЛ можно с успехом применять для освещения горячих цехов, для цехов, где выполняются работы, требующие общего наблюдения за ходом технологического процесса, при грубых работах, а также при работах средней точности, не требующих большого напряжения зрения.

2. *Металлогалогенные лампы.* Для увеличения излучений в красной части спектра возможны различные приемы: совмещение ртутных ламп с лампами накаливания, применение специальных люминофоров, введение светоизлучающих добавок в ртутный разряд. Последний прием использован в конструкции металлогалогенных ламп (МГЛ). По устройству МГЛ похожи на ртутные лампы высокого давления, но внешняя колба у них не покрыта люминофором, а сделана из прозрачного или матового стекла. Первичным источником излучения, как и в лампах ДРЛ, служит горелка из кварца или поликристаллической окиси алюминия, наполненная газом и

ртутию. Для исправления цветности в горелку добавляются светоизлучающие галогенные соединения различных металлов (чаще всего натрия и скандия, а также галлия, индия, таллия и редкоземельных элементов). Изменяя состав светоизлучающих добавок, можно в широких пределах изменять цветность излучения – от тепло-белого до дневного, а также создавать цветные лампы.

Дуговые ртутные металлогалогенные лампы (ДРИ) называют также металлогалогенными лампами (МГЛ) или ртутно-галогенными. Они характеризуются высокой светоотдачей (до 100 лм/Вт) и значительно лучшим спектральным составом света, но их срок эксплуатации существенно меньше, чем у ДРЛ. Характеристики ДРИ приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Основные параметры МГЛ типа ДРИ общего назначения

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение лампы, В	Ток, А	Световой поток, клм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	Диаметр, мм	Полная длина лампы, мм
ДРИ125	125		1,3	8,3	3	46	170
ДРИ175	175	110	1,8	12	4	46	211
ДРИ250-5 ДРИ250-6	250		2,15	19 19	10 3	91 60	227
ДРИ400-5 ДРИ400-6	400	130	3,3	35 32	10 3	122 62	290
ДРИ700-5 ДРИ700-6	700		6,0	60 56	9 3	152 80	370 350
ДРИ1000-5 ДРИ1000-6 ДРИ2000-6	1000 2000	230	4,7 9,2	90 90 200	9 3 2	176 80 100	390 350 430
ДРИ3500-6	3500		16	350	1,5	100	430

*Примечание.* Лампы предназначены для работы в сетях 220/380 В частотой 50 Гц. В лампах с добавками иодидов натрия и скандия цифры после дефиса обозначают модификацию: 5 – для работы в любом положении с эллипсоидной внешней колбой; максимальная допустимая температура на колбе 480 °С, на цоколе 230 °С; 6 – для работы в горизонтальном положении ( $\pm 60^\circ$ ) с цилиндрической внешней колбой; максимальная допустимая температура на колбе 550 °С.

3. *Натриевые лампы.* Натриевая лампа — одна из наиболее эффективных групп источников видимого излучения. Они обладают самой высокой световой отдачей среди разрядных ламп и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы.

Принцип действия ламп основан на использовании резонансного излучения D-линий натрия (589 и 589,6 нм). Исходя из рабочего давления паров натрия выделяют два типа ламп — натриевые лампы низкого давления (НЛНД) и натриевые лампы высокого давления (НЛВД).

Устройство натриевой лампы высокого давления представлено на рис. 2.6.

Горелка 1 выполняется в виде тонкостенной трубки диаметром от 5 до 9 мм и длиной от 45 до 150 мм, выполненной из поликристаллической окиси алюминия. Горелка помещается внутри внешней колбы 2, в которой создан высокий вакуум. Эта горелка заполнена инертным газом (аргоном или ксеноном), в нее вводится небольшое количество сплава натрия и ртути. За счет тока разряда температура стенок горелки повышается, ртуть и натрий испаряются и разряд начинает светиться ярким желтым светом. Электроды выполнены из вольфрама, активированного торием.

Зажигание НЛВД осуществляется специальным устройством, подающим на лампу высоковольтный высокочастотный импульс с амплитудой 2—4 кВ. Время разгорания лампы составляет 5—7 мин и определяется скоростью нагрева лампы и испарения натрия и ртути. Время повторного зажигания погасшей лампы определяется временем остывания разрядной трубки до температуры, при которой подаваемые импульсы напряжения достаточны для повторного зажигания разряда, и составляет 2—3 мин.

Основные типы НЛВД и их параметры приведены в табл. 2.6.

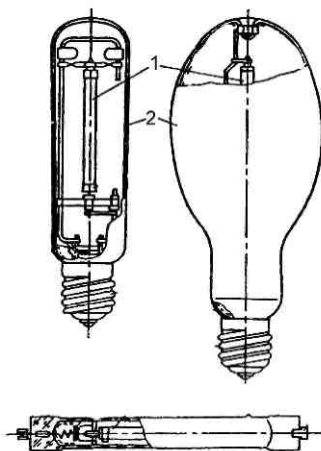


Рис. 2.6. Устройство натриевых ламп высокого давления

## Основные параметры НЛВД

Тип лампы	Электрические характеристики				Световые характеристики		Срок службы, тыс. ч
	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Напряжение на лампе, В	Рабочий ток, А	Начальный световой поток, клм	Осевая яркость, кд/см <sup>2</sup>	
ДНаТ50	50	220	85	0,76	4	—	6
ДНаТ70	70	220	90	1,0	6	—	10
ДНаТ100	100	220	100	1,2	10	—	10
ДНаТ150	150	220	100	1,8	15	—	15
ДНаТ250	250	220	100	3,1	26	400	20
ДНаТ400	400	220	100	4,6	50	700	20

**2.2.5. Светоизлучающие диоды**

Свечение некоторых полупроводниковых материалов (вернее, границы между проводником и полупроводником) при прохождении электрического тока было замечено учеными в 1920 году. Однако это свечение было очень слабым, и практического применения этот эффект долго не находил. В начале 1960-х годов появились первые приборы, использующие этот эффект, — индикаторные элементы со слабым красным и зеленым свечением. Приборы получили название светодиодов. Их световая отдача была не более 0,1 лм/Вт, срок службы измерялся сотнями часов. Положение изменилось, когда были созданы принципиально новые полупроводниковые материалы, позволившие на несколько порядков увеличить мощность, яркость, световую отдачу и срок службы светодиодов.

На рис. 2.7 показано устройство светодиода.

Основу светодиодов составляет полупроводниковый кристалл 1, расположенный на проводящей подложке 2. Через вводы 3 и 4 к кристаллу и подложке подводится напряжение. Кристалл окружен отражателем 5, направляющим свет в одну сторону. От внешних воздействий кристалл защищен корпусом 6. Верхняя часть корпуса, как правило, делается в виде купола с определенной кривизной и



исполняет роль линзы, формирующей световой поток. Для работы светодиода нужен постоянный ток напряжением 1,9–4 В. Величина подведенного напряжения определяется цветностью излучения. В настоящее время светодиоды в основном выпускаются с куполообразным корпусом диаметром 5 мм с номинальным током 20 мА, некоторые фирмы производят светодиоды диаметром 10 мм с  $I = 40$  мА. Наибольшая мощность одного светодиода 5 Вт, световая отдача белых до 25 лм/Вт, красных и зеленых – более 30 лм/Вт; срок службы – 50 000 часов.

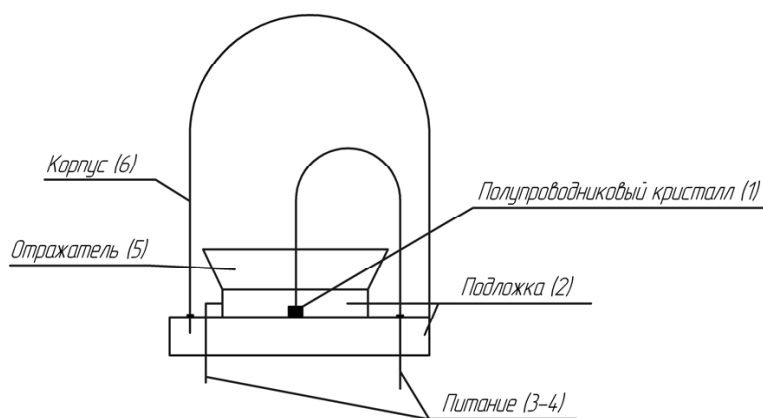


Рис. 2.7. Устройство светодиода

На лабораторных образцах белых светодиодов достигнута световая отдача 125 лм/Вт.

К достоинствам светодиодов относятся высокая надежность, устойчивость к внешним воздействиям среды, малые габариты, легкая управляемость, экологическая безопасность, широкая световая гамма, разнообразие углов излучения. Недостатки светодиодов: сравнительно высокая цена, низкое напряжение питания, требующее включения со специальными трансформаторами и выпрямителями, малая единичная мощность. Для создания необходимых уровней освещенности включают большое количество светодиодов.

### 2.2.6. Выбор источника света

Выбор источника света определяется комплексом факторов, основные из которых – характер работы (световая отдача, срок службы, спектральные характеристики), условия среды и размеры помещения.

В качестве источников света могут применяться лампы накаливания (включая галогенные), люминесцентные лампы, дуговые ртутные лампы (ДРЛ), дуговые металлогалогенные лампы (ДРИ), натриевые лампы высокого давления (ДНаТ). Для общего освещения помещений должны преимущественно применяться газоразрядные лампы с высокой световой отдачей.

При выборе между различными типами газоразрядных ламп руководствуются требованиями к качеству освещения, как указано в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Выбор источников света по требованиям к цветоразличению

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность при системе комбинированного освещения, лк	Примерные типы источников света для освещения	
		общего	местного
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати и т. п.)	150 и более	ЛБЦТ (ЛДЦ)	ЛДЦ, ЛДЦ УФ (ЛХЕ)
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (ткачество, швейное производство, цветная печать и т. д.)	150 и более	ЛБ (ЛХБ), МГЛ	ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов и т. п.)	500	ЛБ (ЛХБ), МГЛ, НЛВД + МГЛ ЛБ (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ), НЛВД + МГЛ ЛБ (ЛХБ), НЛВД + МГЛ, МГЛ (ДРЛ)	ЛБ (ЛХБ)
	300, 400		ЛБ (ЛХБ)
	150, 200		ЛБ (ЛХБ)

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность при системе комбинированного освещения, лк	Примерные типы источников света для освещения	
		общего	местного
Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин и инструментов и т. п.)	500	ЛБ (ЛХБ), МГЛ, НЛВД + МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	300, 400	ЛБ (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ), НЛВД + МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	150, 200	ЛБ (ЛХБ), НЛВД, МГЛ (ДРЛ)	ЛБ (ЛХБ)

Основное применение натриевых ламп – освещение улиц, площадей, автостоянок, туннелей, высоких производственных помещений, где нет жестких требований к различению цветов, например, высоких металлургических цехов, складов, вагонных депо и т. п. Применение натриевых ламп типа ДНаТ для внутреннего освещения только начинается. Эти лампы рекомендуют применять в помещениях высотой более 10 м, где отсутствуют требования к цветопередаче и производятся зрительные работы малой точности.

В учебном пособии А.В. Суворина [2] приведены рекомендации по выбору источников света, обеспечивающих минимум расхода электроэнергии. Для помещений малой высоты (примерно до 6 м) наиболее эффективными являются люминесцентные лампы типа ЛБ как имеющие малую пульсацию светового потока и более высокую световую отдачу по сравнению с лампами типа ЛД. Для помещений средней высоты (6–10 м) целесообразнее использовать металлогенные лампы типа ДРИ, для помещений высотой 10–20 м – лампы ДРЛ.

Лампы накаливания используются в помещениях, для которых нормированная освещенность 50 лк и менее. Лампы накаливания применяются во взрывоопасных и пожароопасных помещениях, так как для других источников света нет подходящей арматуры.

Рекомендации по выбору источников света приведены в отраслевых нормах по эксплуатации осветительных установок [10].

### 3. СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ

Световым прибором называется устройство, содержащее источник света и светотехническую арматуру, которая перераспределяет свет в пространстве, выполняет функции защиты ламп от воздействия окружающей среды и механических повреждений, обеспечивает крепление лампы и подключение к источнику питания.

Светильником принято считать световой прибор, осуществляющий перераспределение светового потока лампы внутри больших телесных углов (до  $4\pi$ ) и предназначенный для освещения относительно близко расположенных объектов, на расстояниях, соизмеримых с размерами этих приборов.

Светораспределение – важнейшая светотехническая характеристика светильника, определяющая распределение его светового потока в пространстве, окружающем светильник. Светораспределение прожекторов и светильников общего освещения обуславливается формой фотометрического тела светильника и описывается кривыми силы света.

В зависимости от формы фотометрического тела светильники подразделяются на симметричные, фотометрическое тело которых имеет ось или плоскость симметрии, и несимметричные, отличающиеся отсутствием элементов симметрии фотометрического тела. К первой группе относятся широко распространенные круглосимметричные прожекторы и светильники, фотометрическое тело которых имеет ось симметрии, концентрирующие поток в конусе, а также различные светильники, направляющие световой поток достаточно равномерно в пределах всего окружающего пространства.

Для характеристики светораспределения применяют понятие «коэффициент усиления» ( $K_y$ ), под которым понимают величину, характеризующую усиление светильником силы света лампы в данном направлении. При этом для круглосимметричных приборов  $K_y$  определяется отношением силы света светильника в данном направлении  $I_\alpha$  к среднесферической силе света  $I_{\text{ло}}$  круглосимметричной лампы:

$$K_y = I_\alpha / I_{\text{ло}} = I_\alpha 4\pi / \Phi_{\text{л}}. \quad (3.1)$$

Для симметричных светильников с линейными лампами коэффициент усиления определяется отношением силы света све-

тильника в данном направлении к силе света лампы в этом же направлении:

$$K_{y\alpha} = I_{\alpha} / I_{\text{Л}\alpha}. \quad (3.2)$$

По светораспределению светильники в зависимости от соотношения светового потока  $\Phi_{\cup}$ , направляемого в нижнюю полусферу, и полного светового потока светильника  $\Phi_{\text{СВ}}$  подразделяются на 5 классов, указанных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Классы светильников по светораспределению

Обозначение класса светильника по светораспределению	Наименование класса светильника по светораспределению	Доля светового потока, направляемая в нижнюю полусферу $\Phi_{\cup} / \Phi_{\text{СВ}}$ , %
П	Прямого света	Свыше 80
Н	Преимущественно прямого света	60–80
Р	Рассеянного света	40–60
В	Преимущественно отраженного света	20–40
О	Отраженного света	20 и менее

Кривые силы света (см. раздел 1) светильников указанных классов (в любых меридиональных плоскостях в верхней и нижней полусферах) в зависимости от формы КСС подразделяются на 7 типов в соответствии с табл. 3.2. Форма КСС в табл. 3.2 является независимой характеристикой светораспределения, а не подклассом соответствующего класса, указанного в табл. 3.1.

Таблица 3.2

Типы КСС светильников

Обозначение типа КСС	Наименование типа КСС в верхней и нижней полусферах	Зона возможных направлений максимальной силы света, град.
К	Концентрированная	0–15
Г	Глубокая	0–30; 180–150
Д	Косинусная	0–35; 180–145
Л	Полуширокая	35–55; 145–125
Ш	Широкая	55–85; 125–95
М	Равномерная	0–90; 180–90
С	Синусная	70–90; 110–90

В соответствии с классификацией каждому присваивается светотехническое наименование, которое образуется из наименований его класса по светораспределению и типа КСС. При этом в наименовании, как правило, указывается, какой полусфере или меридиональной плоскости свойственна данная типовая КСС. В наименовании не указывается, какой полусфере свойственна типовая КСС, если основной светотехнической характеристикой является его КСС в нижней полусфере.

Система обозначений разработана и утверждена ГОСТом для самой широкой группы светильников для помещений промышленных, общественных и жилых зданий, рудников и шахт, светильников для наружного освещения. В соответствии с ней каждому световому прибору присваивается шифр, структура которого по ГОСТу такова:

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

где 1 – тип источника света (одна буква на первом месте в шифре); 2 – основной способ установки светового прибора (одна буква); 3 – основное назначение светового прибора (одна буква); 4 – номер серии, к которой принадлежит световой прибор (две цифры); 5 – число ламп (одно- или двузначное число в шифре, при этом цифра 1 в шифре не указывается); 6 – мощность ламп, Вт, обозначаемая одно-, двух-, трех-, четырех- или пятизначным числом; 7 – номер модификации светового прибора (трехзначное число); 8 – обозначение климатического исполнения и категории размещения (одна или две буквы и одна-две цифры).

Тип источника света обозначается следующими буквами:

- лампы накаливания: общего назначения – Н, лампы-светильники (зеркальные и диффузные) – С, галогенные – И;
- люминесцентные лампы: прямые трубчатые – Л, фигурные (*U* и *W*-образные) и кольцевые – Ф, эритемные – Э;
- ртутные лампы типа ДРЛ – Р;
- металлогалогенные лампы – Г;
- натриевые лампы – Ж;
- бактерицидные лампы – Б;
- ксеноновые трубчатые лампы – К.

Обозначения способа установки: подвесные – С, потолочные – П, настенные – Б, настольные – Н, напольные и венчающие – Т,

встраиваемые – В, консольные – К, ручные сетевые – Р, ручные аккумуляторные – Ф, головные – Г, пристраиваемые – Д.

Основное назначение светильника обозначается следующими буквами: для промышленных предприятий – П, для рудников и шахт – Р, для общественных зданий – О, для жилых (бытовых) помещений – Б, для наружного освещения – У, для кинематографических и телевизионных студий – Т.

В шифре светильника после номера серии ставится тире, между числом ламп и цифрой, указывающей их мощность, – знак умножения. При отсутствии цифры 1, обозначающей число ламп в световом приборе (СП), после номера серии перед цифрой, указывающей мощность ламп, должен стоять знак умножения.

Примеры обозначений светильников:

1. Светильник с ЛН мощностью 500 Вт, общего назначения, подвесной, для промышленных предприятий, серии 05, модификации 016, климатического исполнения У, категории размещения 3: НСП05×500-016-У3.

2. Светильник с лампами типа ДРЛ мощностью 400 Вт, консольный, уличный, серии 08, модификации 014, климатического исполнения ХЛ, категории размещения 1: РКУ08×400-014-ХЛ1.

3. Светильник с двумя ЛН мощностью по 40 Вт, общего назначения, настольный, для жилых (бытовых) помещений, серии 02, модификации 005, климатического исполнения У, категории размещения 4: ННБ02-2×40-005-У4 («Орфей»).

Защита от воздействия среды обеспечивается выбором конструкционных и светотехнических материалов, а также герметизацией внутреннего объема СП или его отдельных полостей. Степень защиты обозначается двумя буквами IP (International Protection) и двумя цифрами. Показатели защищенности приведены в табл. 3.3.

Для административных помещений выбирают светильники преимущественно прямого, рассеянного и отраженного света.

В станкостроительной и инструментальной промышленности в помещениях высотой 12–18 м используются светильники концентрированного распределения с лампами ДРЛ.

Для освещения невысоких помещений (6–8 м) рационально использовать диффузные светильники типа ЛД.

## Показатели защищенности (IPXX)

	1-я цифра: защита от попадания твердых тел	2-я цифра: защита от проникновения влаги
0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от попадания твердых тел, превышающих 50 мм (контакт с рукой)	Защита от вертикальных брызг воды (конденсация)
2	Защита от попадания твердых тел, превышающих 12 мм (контакт с пальцами руки)	Защита от брызг воды, падающих под углом до 15 град. от вертикали
3	Защита от попадания твердых тел, превышающих 2,5 мм (инструмент, винт)	Защита от брызг воды, падающих под углом 60 град. от вертикали
4	Защита от попадания твердых тел, превышающих 1 мм (мелкий инструмент, тонкие провода)	Защита от брызг воды во всех направлениях
5	Защита от проникновения пыли (не остается вредной пыли)	Защита от струй воды во всех направлениях
6	Полная защита от проникновения пыли	Полная защита от брызг и струй, подобных морским накатам
7	Полная защита от проникновения пыли	Защита от кратковременного погружения
8	Полная защита от проникновения пыли	Защита от продолжительного погружения в особых условиях

Для помещений, где используются длинные светящиеся линии, можно применять осветительные устройства типа ЛОУ (линейные осветительные установки). Конструкция подвесных потолков и условия технологии термоконттактных цехов прецизионного станкостроения требуют использования для их освещения встроенных светильников типа ВЛО [3].

В основных металлургических цехах целесообразны светильники глубокого, а иногда и концентрированного светораспределения.



Во вспомогательных цехах применяют светильники глубокого, косинусного или полуширокого светораспределения.

В высоких сталеплавильных, прокатных, электролизных и литейных цехах применяют широкоизлучатели различных типов [3].

При малой высоте помещений и тяжелых условиях среды рекомендуются светильники ПВЛМ, ПВЛП.

Учитывая характер зрительных работ при механической обработке деталей, типовые решения ориентированы на преимущественное использование люминесцентных ламп типа ЛБ. Лампы ДРЛ можно использовать в высоких цехах (свыше 10 м), в которых применяют зеркальные светильники. В основном предлагаются варианты освещения диффузионными светильниками типов ЛД (ЛДОР), ЛОУ и зеркальных ЛСПО1.

#### 4. НОРМИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Всероссийские нормы освещения являются самостоятельной главой Строительных норм и правил (СНиП). Формально они распространяются на проектирование вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений.

Требования к освещению регламентируются в разделе Строительных норм и правил Российской Федерации СНИП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» и его актуализированной версии СП 52.13330.2011. На их основе разрабатываются отраслевые нормы для конкретных отраслей промышленности.

Нормируемые значения освещенности приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений для разрядных источников света, кроме оговоренных случаев; для наружного освещения – для любых источников света. Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Для наружных установок источников света также нормируется яркость поверхности (дорожного покрытия). Нормированные значения яркости поверхности ( $\text{кд/м}^2$ ), отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 2; 3; 5; 8; 10; 12; 15; 20; 25; 30; 50; 75; 100; 125; 150; 200; 400; 500; 750; 1000; 1500; 2000; 2500.

Для нормирования естественного освещения задаются значения коэффициента естественной освещенности (КЕО).

По точности зрительной работы производственные операции подразделяются на 8 разрядов, из которых первые 6 характеризуются размерами объектов различения, их контрастом с фоном и отражающими свойствами фона; разряд VII относится к работам со светящимися материалами и изделиями; разряд VIII – к работам, связанным с общим наблюдением за ходом производственного процесса. Как видно из табл. 4.1, объекты наблюдения характеризуются линейными размерами в долях миллиметра, хотя условия зрительной работы определяются угловыми размерами объектов. В большинстве случаев в производственных условиях расстояние от глаза

наблюдателя до рассматриваемого объекта составляет 0,35–0,5 м. Можно считать с достаточной точностью, что при этих условиях 0,1 мм линейного размера объекта различения соответствует 1' его углового размера.

Каждый разряд норм с I по V разделен на подразряды «а», «б», «в» и «г», которые характеризуются определенным сочетанием контраста объекта с фоном и коэффициента отражения фона. Уровень освещенности и коэффициент отражения фона определяют яркость фона, т. е. величину, определяющую условия работы глаза, уровень его чувствительности. Разряд зрительной работы зависит от размера объекта различения. Подразряд «а» соответствует самым трудным условиям зрительной работы – объектом с малым контрастом на темном фоне, «г» – наиболее легким – большому контрасту на светлом или среднем фоне или среднему контрасту на светлом фоне.

Для различных отраслей промышленности устанавливают и утверждают отраслевые нормы освещенности и разрабатывают ведомственные рекомендации. Нормы освещенности и показатели качества общего освещения для некоторых основных цехов разных отраслей промышленности приведены в табл. 1–3 приложения.

Таблица 4.1

Значения нормируемых показателей искусственного освещения для производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном (М – малый, С – средний, Б – большой)	Характеристика фона (Т – темный, С – средний, Св – светлый)	Освещенность, лк	
						при комбинированном освещении	при общем освещении
Наивысшей точности	Менее 0,15		а	М	Т	5000	–
			б	М	С		
Наивысшей точности	Менее 0,15		а	М	Т	5000	–
			б	М	С		
				С	Т	4000	1250

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном (М – малый, С – средний, Б – большой)	Характеристика фона (Т – темный, С – средний, Св – светлый)	Освещенность, лк	
						при комбинированном освещении	при общем освещении
			в	М	Св		
		I		С	С	2500	750
				Б	Т		
			г	С	Св		
				Б	Св	1500	400
				Б	С		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3		а	М	Т	4000	–
			б	М	С		
					С	Т	3000
				М	Св		
		II	в	С	С	2000	500
				Б	Т		
			г	С	Св		
				Б	Св	1000	300
				Б	С		
Высокой точности	От 0,3 до 0,5		а	М	Т	2000	500
			б	М	С		
					С	Т	1000
			в	М	Св		
		III		С	С	750	300
				Б	Т		
			г	С	Св		
				Б	Св	400	200
				Б	С		
Средней точности	От 0,5 до 1		а	М	Т	750	300
			б	М	С		
					С	Т	500
			в	М	Св		

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном (М – малый, С – средний, Б – большой)	Характеристика фона (Т – темный, С – средний, Св – светлый)	Освещенность, лк	
						при комбинированном освещении	при общем освещении
		IV		С Б	С Т	400	200
			г	С	Св		
				Б	Св	300	150
				Б	С		
Малой точности	От 1 до 5		а	М	Т	300	200
			б	М	С		
		V		С	Т	200	150
			в	М	Св		
				С Б	С Т	–	150
			г	С	Св		
				Б	Св	–	100
				Б	С		
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	–	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном		–	150
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	–	То же		–	200
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:	–					–	
постоянное			а	То же			75
периодическое при постоянном пребывании в помещении	–	VIII	б	То же		–	50
то же при периодическом пребывании			в	То же			30
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями	–		г	То же			20

## 5. ВИДЫ И СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности должны питаться от независимых источников. Устройство рабочего освещения обязательно во всех помещениях независимо от устройства в них других видов освещения.

Светильники аварийного освещения рекомендуется по возможности выделять из числа светильников рабочего освещения.

Самостоятельные светильники для аварийного освещения предусматривают в случае, когда источники рабочего освещения запрещены к применению для аварийного освещения; когда питание полностью резервируется от источников ограниченной мощности; когда мощность светильников рабочего освещения свыше 150 Вт.

Аварийное освещение необходимо в помещениях и на открытых площадках, если прекращение нормальной работы из-за отсутствия рабочего освещения может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы жизненных центров предприятий и городов, обслуживающих связь, электро- и водоснабжение;
- опасность травматизма в местах массового скопления людей;
- нарушение нормальной работы операционных, кабинетов неотложной помощи, приемных покоев.

Аварийное освещение должно создавать освещенность 5 % от нормированной для общего освещения, но не менее 2 лк в зданиях и 1 лк вне их.

Аварийное освещение для эвакуации людей необходимо:

- в местах, опасных для прохода людей;
- по путям эвакуации людей из производственных и общественных зданий, где пребывают более 50 чел.

Искусственное освещение может быть:

- общим, равномерным или локализованным (т. е. осуществляющим распределение светового потока с учетом расположения освещаемых поверхностей);
- комбинированным, состоящим из общего освещения и местного освещения отдельных рабочих поверхностей.

Устройство в помещениях только местного освещения запрещено.

Временное местное освещение, осуществляемое преимущественно ручными светильниками, считается переносным.

Систему комбинированного освещения следует, как правило, применять для производственных помещений [6]:

- при выполнении зрительных работ любых разрядов I, II, III, IV, Va и Vб;
- при выполнении зрительных работ любых разрядов, если характер этих работ предъявляет требования к качеству освещения, невыполнимые при общем освещении (например, строго определенное или переменное направление света, специальный спектральный состав света и т. п.).

В остальных случаях следует применять систему общего освещения.

При производстве работ I разряда устройство системы общего освещения допускается как исключение только при технической невозможности устройства местного освещения.

В помещениях, где производятся зрительные работы разрядов II, III, IV, Va и Vб, допускается устройство системы общего освещения при наличии технических, экономических или гигиенических оснований, а также при условии, что при общем освещении могут быть полностью соблюдены требования к качеству освещения (например, в помещениях с очень большой плотностью расположения рабочих мест).

Общее освещение следует выполнять локализованным во всех случаях, когда это дает удешевление осветительной установки, уменьшение установленной мощности или повышение качества освещения, в частности:

- при необходимости по характеру работы или планировке помещения создания на различных участках разной освещенности;

- при наличии в помещении крупногабаритного оборудования, создающего затенение или препятствующего равномерному расположению светильников;
- при наличии в помещении крупных рабочих поверхностей, где имеются повышенные требования к освещению по сравнению с остальной частью помещения;
- в складских помещениях со стеллажами.



## 6. ВЫБОР РАСПОЛОЖЕНИЯ И УСТАНОВКИ СВЕТИЛЬНИКОВ

Размещение светильников в плане и разрезе помещения определяется следующими размерами:

$H$  – высота помещения;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$  – высота светильника над полом;

$h_p$  – высота расчетной поверхности над полом, принимается равной 0,8–1 м;

$h = h_n - h_p$  – расчетная высота;

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников (если по длине и ширине помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_a$  и  $L_b$ );

$l$  – расстояние от крайних светильников до стены.

Основное требование при выборе расположения светильников – доступность их для обслуживания.

Обслуживание с приставных лестниц или стремянок разрешается при  $h_n \leq 5,0$  м.

Для некоторых случаев практикой рекомендуется следующее  $h_n$ : 2,5 м – при установке на стойках вдоль ограждений технологических площадок;  $\leq 3,5$  м – при установке на стенах и потолках площадок верхних отметок;  $\approx 2,1$  м – при установке вблизи открытых токоведущих частей.

Свес светильников колеблется от 0,4 до 2 м, например, для светильников типа ПВЛМ, ЛД, ПВЛП  $h_c = 0,4$ ; ЛСПО2 –  $h_c = 0,5 \dots 1$  м, ЛОУ1П –  $h_c = 0,5 \dots 1 \dots 2$  м.

При размещении светильников учитывают удобство обслуживания, ограничение слепящего действия, экономичность, равномерность освещения и направления света.

Поскольку нормы предусматривают наименьшую (а не среднюю) освещенность, большое значение имеет отношение расстояния между светильниками  $L$  к высоте их установки над освещаемой поверхностью  $h$ .

Светильники с люминесцентными лампами в основном располагают рядами. При большой нормированной освещенности и высоте устраивают сдвоенные или строенные ряды светильников.

Ряды следует ориентировать параллельно продольной оси помещения, а в помещениях с естественным светом – параллельно стене с окнами (под  $L$  в данном случае понимается расстояние между рядами светильников).

Рекомендуемые пределы отношения  $\lambda = L/h$  приведены в табл. 6.1.

Значениями  $\lambda_c$  следует пользоваться при люминесцентных лампах, значениями  $\lambda_3$  – в остальных случаях.

Допускается, кроме случая кривой  $K$ , увеличение этих отношений не более чем на 30 %.

Чрезмерное увеличение этих значений ведет к резкой неравномерности освещенности, ухудшению качества освещения и возрастанию расхода электроэнергии. Уменьшение их может оказаться обязательным по условиям размещения светильников в том или ином помещении, а также в случаях, когда для получения заданной освещенности необходима лампа неосуществимо большой мощности. Уменьшение величины  $\lambda$  приводит к удорожанию устройства и обслуживания освещения.

Таблица 6.1

Рекомендуемые значения  $\lambda$  для светильников с типовыми кривыми

Типовая кривая	$\lambda_c$	$\lambda_3$
Концентрированная	0,6	0,6
Глубокая	0,9	1,0
Косинусная	1,4	1,6
Равномерная	2,0	2,6
Полуширокая	1,6	1,8

В производственных помещениях большой высоты рекомендуется:

- в случаях, когда при отношении  $L/h$  расчетная мощность лампы превышает возможную, взамен частого расположения светильников устанавливать в одной точке несколько светильников;
- при наличии ферм и устройстве вдоль цеха мостков обслуживания (рис. 6.3) по возможности сокращать число рядов светильников, уменьшая расстояния между последними в рядах и следя, чтобы расстояния  $L$  между рядами не превышали допустимых значений.

Размер  $l$  принимается в пределах  $0,3-0,5L$  в зависимости от наличия вблизи стен рабочих мест.

На рис. 6.1–6.4 показаны примеры размещения светильников.

В конкретных условиях светильники располагают с учетом всех обстоятельств. В галереях транспортеров (рис. 6.2) светильники размещают в каждом проходе, но не над лентами. Светильники соседних рядов располагают в шахматном порядке.

В электрошитовых помещениях люминесцентные светильники (ОДР, ШОД, ШЛП) располагают перед фасадом щита так, чтобы зеркально отраженный от приборов свет не падал в глаза монтера.

В цехах электролиза целесообразно трехрядное размещение светильников (рис. 6.4).

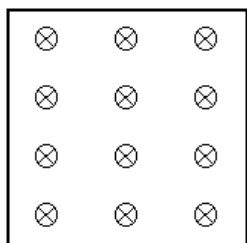


Рис. 6.1. Равномерное размещение светильников с лампами накаливания или ДРЛ

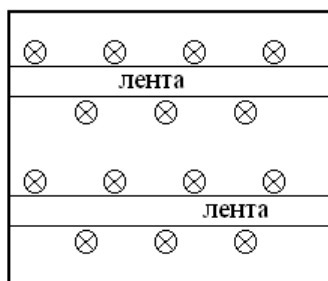


Рис. 6.2. Схема размещения светильников в галереях транспортеров

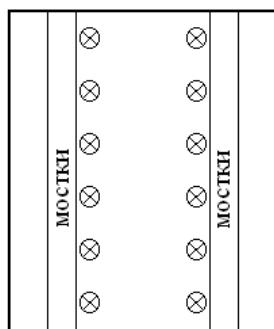


Рис. 6.3. Размещение светильников вдоль мостков обслуживания



Рис. 6.4. Схема размещения светильников в цехе электролиза алюминия

## 7. РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Для расчета освещения используются точечный метод, метод коэффициента использования и метод удельной мощности.

Точечный метод служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей и при любом распределении источников света. Он применяется в основном для нахождения освещенности в определенных точках и, следовательно, наиболее приспособлен для обеспечения минимальной освещенности. Метод коэффициента использования светового потока служит для определения средней освещенности, и при расчете по этому методу минимальная освещенность оценивается лишь относительно и без выявления точек, в которых она имеет место. Применение метода коэффициента использования целесообразно для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии затенений, требующих учета. Наиболее полно инженерные методы расчета освещенности представлены в работах Г.М. Кнорринга [8].

При расчетах методом коэффициента использования необходимый световой поток каждого осветительного прибора определяется по формуле

$$\Phi = \frac{EK_{\text{зап}}Sz}{N\eta}; \quad z = \frac{E_{\text{cp}}}{E_{\text{min}}}, \quad (7.1)$$

где  $E$  – заданная минимальная освещенность, лк;  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса;  $z$  – коэффициент минимальной освещенности (приблизительно можно принимать  $z = 1,1$  – для люминесцентных ламп,  $z = 1,15$  – для ламп накаливания и ДРЛ);  $S$  – освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;  $E_{\text{cp}}$  – средняя освещенность, лк;  $N$  – число светильников (намечается до расчета);  $\eta$  – коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

По найденному значению  $\Phi$  выбирается ближайшая стандартная лампа в пределах допуска  $-10 \dots +20 \%$ . Если такое приближение не реализуется, то корректируется число светильников.

При расчете освещения, выполненного люминесцентными лампами, чаще всего первоначально намечается число рядов  $n$ , которое в формуле 7.1 соответствует величине  $N$ . Тогда под  $\Phi$  следует понимать поток ламп одного ряда. Если световой поток ламп

в каждом светильнике составляет  $\Phi_{\text{ном}}$ , то число светильников в ряду определяется по формуле

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{ном}}}. \quad (7.2)$$

Суммарная длина светильников сопоставляется с длиной помещения, при этом возможны следующие случаи:

1) суммарная длина светильников в ряду превышает длину помещения. В этом случае необходимо применить более мощные лампы или увеличить число рядов, можно компоновать ряды из сдвоенных, строенных светильников;

2) суммарная длина светильников равна длине помещения: устанавливается непрерывный ряд светильников;

3) суммарная длина ряда меньше длины помещения: принимается ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами между светильниками. Рекомендуется, чтобы расстояние между светильниками в ряду  $l$  не превышало  $0,5h$ .

Коэффициент использования светового потока является функцией индекса помещения  $i$ , который определяется по формуле

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

где  $A$  — длина помещения, м;  $B$  — ширина помещения, м.

Значения коэффициента использования для различных типов светильников приведены в табл. 5.3–5.20 [6].

**Пример 1.** Рассчитать освещение механического цеха, размеры которого  $A \times B \times H = 28 \times 21 \times 7$  м; к установке принять светильники РС05/Г03 типа «глубокоизлучатель» с лампами ДРЛ.

*Решение*

1. Определим расчетную высоту подвеса светильника:

$$h = H - (h_c - h_p) = 7 - (1,2 + 0,8) = 5 \text{ м},$$

где  $h_p = 0,8$  м,  $h_c = 1,2$  м.

2. Для принятого светильника, имеющего глубокую кривую силы света (буква Г в обозначении светильника), находим значение:

$$\lambda = \frac{L_A}{h} = 1.$$

Определяем расстояние между светильниками  $L_A$ :

$$L_A = \lambda \cdot h = 1 \cdot 5 = 5 \text{ м}.$$

3. Наметим число светильников в ряду:

$$n_A = 1 + \frac{A}{L_A} = 1 + \frac{28}{5} \approx 6 \text{ шт.},$$

тогда расстояние от торцевых стен до крайнего светильника составит:

$$l_a = (A - L_A(n_A - 1))/2 = (28 - 5(6 - 1))/2 = 1,5 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников до стены принимается  $0,3L - 0,5L$  в зависимости от наличия рабочих мест у стен.

4. Выберем расстояние между рядами  $L_B$ , при этом необходимо учесть следующее условие:

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

Примем  $L_B = 4$  м:

$$L_A/L_B = 5/4 = 1,25 \leq 1,5.$$

Расстояние от боковых стен до крайних светильников составит:

$$L_b = (B - L_B(n_B - 1))/2 = (21 - 4(5 - 1))/2 = 2,5 \text{ м.}$$

5. Число светильников в цехе:

$$N = n_A \cdot n_B = 6 \cdot 5 = 30.$$

Размещение светильников представлено на рис. 7.1.

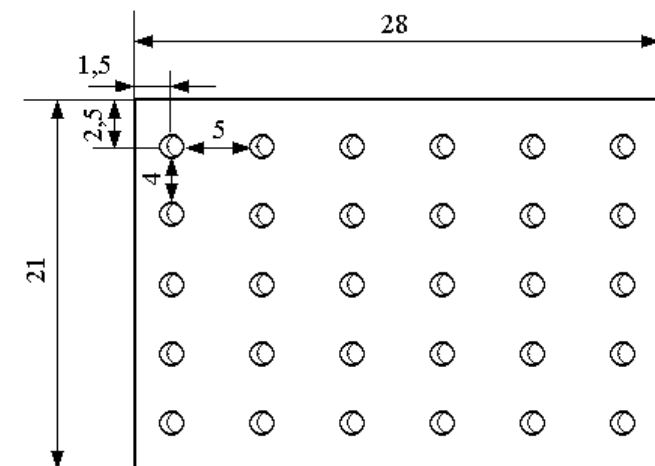


Рис. 7.1. Размещение светильников в цехе, принятое по расчетам примера 1

6. Определим индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{28 \cdot 21}{5(28 + 21)} = 2,4.$$

7. По табл. 4 приложения принимаем коэффициенты отражения стен, потолка и рабочей поверхности  $\rho_c = 50\%$ ,  $\rho_n = 30\%$ ,  $\rho_p = 10\%$ .

8. Из табл. 6 приложения находим коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,73$ .

9. Определим расчетный световой поток светильника при  $E = 250$  лк,  $K_{\text{зап}} = 1,5$  (принят по табл. 5 приложения):

$$\Phi = \frac{EK_{\text{зап}}Sz}{N\eta} = \frac{250 \cdot 1,5 \cdot 21 \cdot 28 \cdot 1,15}{0,73 \cdot 30} = 11578,77 \text{ лм.}$$

Выбираем лампу ДРЛ мощностью  $P_n = 250$  Вт со световым потоком  $\Phi_{\text{ном}} = 13000$  лм.  $\Phi_{\text{ном}}$  отличается от  $\Phi$  на  $10\%$ , что находится в допустимых пределах ( $-10\% \dots +20\%$ ).

**Пример 2.** Рассчитать электрическое освещение одного из помещений механического завода, где освещенность по нормам не должна превышать 300 лк. Исходные данные: длина цеха  $A = 40$  м, ширина  $B = 20$  м, высота  $H = 5,2$  м. Применяется система общего освещения.

Коэффициенты отражения стен, потолка и рабочей поверхности:  $\rho_c = 50\%$ ,  $\rho_n = 30\%$ ,  $\rho_p = 10\%$ . Коэффициент запаса:  $K_{\text{зап}} = 1,5$ . Поскольку к правильной цветопередаче не предусмотрено особых требований, то для освещения выбираем люминесцентную лампу ЛБ-40. Для освещения цеха применяем светильники ПВЛМ с 2 лампами.

Вычисляем значение расчетной высоты светильника при  $h_c = 0,4$  м;  $h_p = 0,8$  м;  $h = 5,2 - 0,4 - 0,8 = 4$  м.

Согласно рекомендациям по выбору расстояния между рядами светильников, для светильника этого типа  $L/h = 1,4$ . Расстояние между рядами должно быть не более  $6 \cdot 1,4 = 8,4$  м.

Примем для освещения помещения 3 ряда светильников с расстоянием между рядами 8 м, а расстояние от крайнего ряда до стен – 2 м (рис. 7.2).

Определим индекс помещения:

$$i = \frac{40 \cdot 20}{4(40 + 20)} = 3,3.$$

Из табл. 11 приложения находим коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,61$ .

Определим световой поток светильников одного ряда:

$$\Phi = \frac{EK_{\text{зап}}Sz}{N\eta} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 40 \cdot 20 \cdot 1,1}{3 \cdot 0,61} = 216393 \text{ лм.}$$

Световой поток лампы равен  $\Phi_{\text{л}} = 3200$  лм, световой поток светильника  $\Phi_{\text{с}} = 6400$  лм.

Определим количество светильников в ряду:

$$n = \Phi / \Phi_{\text{с}} = \frac{216393}{6400} = 34 \text{ шт.}$$

Сопоставим длину ряда светильников с длиной помещения:

$$L_p = n \cdot l = 34 \cdot 1,325 = 45,05 \text{ м} > 40 \text{ м.}$$

где  $l = 1,325$  м длина светильника с лампами мощностью 40 Вт. Длина ряда светильников получилась больше длины помещения, поэтому необходимо увеличить мощность ламп.

Примем к установке светильники того же типа с лампами мощностью  $P_{\text{н}} = 80$  Вт, со световым потоком  $\Phi_{\text{ном}} = 5400$  лм и  $l = 1,625$  м.

Определим количество светильников в ряду:

$$n = \Phi / \Phi_{\text{с}} = \frac{216393}{10800} = 20 \text{ шт.}$$

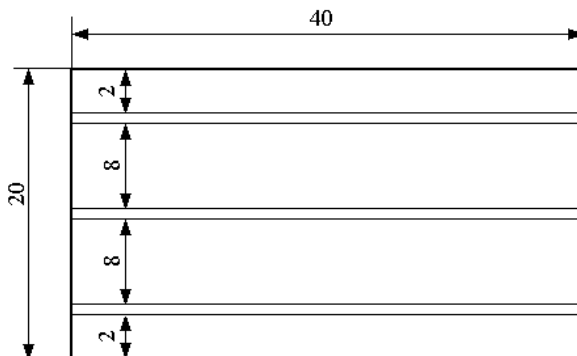


Рис. 7.2. Размещение светильников в цехе, принятое по расчетам примера 2

Сопоставим длину ряда светильников с длиной помещения:

$$L_p = n \cdot l = 20 \cdot 1,625 = 32,5 \text{ м} > 40 \text{ м.}$$



Длина ряда получилась меньше длины помещения. Скомпонуем ряд с равномерно распределенными разрывами между светильниками.

Определим величину промежутка между светильниками:

$$L_{\text{пр}} = (A - L_p)/(n - 1) = (40 - 32,5)/19 = 0,4 \text{ м.}$$

Величина промежутка между светильниками должна быть меньше половины расчетной высоты  $L_{\text{пр}} < 0,5 h$ . В данном случае  $L_{\text{пр}} < 2 \text{ м}$ .

Окончательно принимаем к установке в помещении 60 светильников общей мощностью всех ламп  $60 \cdot 2 \cdot 80 = 9600 \text{ Вт}$ .

Для решения некоторых расчетных задач удобно пользоваться методом удельной мощности. Он является производным от метода коэффициента использования, более прост, но менее точен. Под удельной мощностью  $w$  понимается отношение установленной мощности источника света к освещаемой площади ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ). Удельная мощность является важнейшим энергетическим показателем осветительной установки, используемым для оценки экономичности, для предварительного определения осветительной нагрузки и на начальных стадиях проектирования [5].

Таблицы удельной мощности составлены с применением конкретных параметров, при освещении лампами накаливания к ним относятся:

- тип светильников;
- освещенность;
- коэффициент запаса (при его значениях, отличающихся от указанных в таблицах, допускается пропорциональный пересчет значений удельной мощности);
- коэффициенты отражений поверхностей помещения (прил., табл. 4) (относительно светильников прямого света таблицы рассчитаны для  $\rho_n = 50 \%$ ;  $\rho_c = 30 \%$ ;  $\rho_p = 10 \%$ , для них допускается при более светлых поверхностях уменьшать, а при более темных – увеличивать значения  $w$  на  $10 \%$ );
- значения расчетной высоты;
- площадь помещения.

В таблицах учтен коэффициент  $z$ , характеризующий неравномерность освещения; световая отдача принята для соответствующей мощности ламп; отношение  $L/h$  принимается согласно табл. 6.1.

Для люминесцентных ламп сохраняет силу все вышесказанное, но со следующими отличиями:

- таблицы приводятся только для освещенности 100 лк, так как в данном случае имеет место прямая пропорциональность между  $E$  и  $w$ ;
- в качестве параметров в таблицах также приняты тип и мощность лампы и соответствующая световая отдача.

Таблицы удельной мощности для ламп типа ДРЛ составлены для освещенности 100 лк (с пропорциональным пересчетом при других освещенностях), так как световая отдача всех употребительных типоразмеров этих ламп одинакова.

При составлении таблиц удельной мощности не учитывается форма помещения и  $i$  определяется по формуле

$$i = 0,48\sqrt{S}/h, \quad (7.3)$$

достаточно точной при отношении  $A/B < 2,5$ .

При пользовании таблицами для длинных помещений следует определить значение для условной площади  $2B^2$  и распространить на всю площадь помещения.

Ниже приведен порядок расчета по определению единичной мощности при лампах накаливания и лампах типа ДРЛ.

1. Найти нормированную освещенность  $E$  для данного вида помещения по табл. 1–3 СНиП 23.05.95 [13].

2. Определить по табл. 5 приложения коэффициент запаса; по табл. 4 коэффициент отражения поверхностей помещения.

3. Выбрать тип светильника по табл. 1–3 приложения.

4. Подсчитать значение расчетной высоты светильника над рабочей поверхностью.

5. Определить площадь помещения  $S$ .

6. Найти удельную мощность осветительной установки по соответствующей таблице и пересчитать ее на заданный коэффициент запаса.

7. Определить единичную мощность лампы:

$$P = wS/N.$$

Выбрать ближайшую стандартную по мощности лампу  $P_d$ .

8. Проверить расчетную освещенность  $E_p$ :

$$E_p = E \frac{P_d N}{P}.$$

Допускается отклонение расчетной освещенности от нормированной на  $-10\% \dots +20\%$ .

Порядок определения единичной мощности при люминесцентных лампах:

1. Выбрать все решения по освещению помещения, включая число рядов светильников  $n$  и спектральный тип лампы.

2. По соответствующей таблице найти значение удельной мощности  $w$  для освещенности 100 лк для нескольких возможных к применению мощностей ламп. Произвести пересчет на заданную освещенность.

3. Определить необходимое число светильников в ряду делением произведения  $wS$  на мощность одного светильника и осуществить компоновку ряда.

**Пример 3.** Рассчитать освещение механического цеха, размеры которого:  $A \times B = 62 \cdot 25 \text{ м}^2 = 1550 \text{ м}^2$ ;  $h_p = 4,7 \text{ м}$ . К установке принять светильники НСП 01×500/Д005 УЗ (старое обозначение – УПМ 15) с лампами накаливания;  $E_{\text{ном}} = 150 \text{ лк}$ .

Значение  $\lambda = 1,6$  принимается по табл. 6.1. Определяем расстояние между светильниками  $L_A$ :

$$L_A = \lambda \cdot h = 1,6 \cdot 4,7 = 7,5 \text{ м.}$$

Определяем количество светильников:

$$n_A = 1 + \frac{62}{7,5} \approx 9; \quad n_B = 1 + \frac{25}{7,5} \approx 4.$$

Общее количество светильников  $N = 9 \cdot 4 = 36$  штук.

В табл.12 приложения учтены значения  $\rho_n = 50\%$ ,  $\rho_c = 30\%$ ,  $\rho_p = 10\%$ ;  $K_{\text{зап}} = 1,3$ ;  $z = 1,15$ . Величина  $w = 10,9 \text{ Вт/м}^2$ .

Пересчитаем на  $K_{\text{зап}} = 1,5$ :

$$w = \frac{10,9 \cdot 1,5}{1,3} = 12,5 \text{ Вт/м}^2.$$

Определим мощность лампы:

$$P_{\text{л}} = \frac{12,5 \cdot 62 \cdot 25}{36} = 543 \text{ Вт.}$$

Принимаем ближайшую стандартную по мощности лампу накаливания  $P_{\text{л}} = 500 \text{ Вт}$ .

**Точечный метод расчета освещенности.** Расчет освещенности в точке горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости

точечным методом связан с определением светового потока, падающего от источника света любой формы на элементарную площадку, содержащую расчетную точку. Если излучатели точечные, то от каждого в расчетную точку может упасть только один луч. Если излучатели линейные, тогда в точку может сходить множество лучей, лежащих в одной плоскости. При точечных излучателях с известными кривыми силы света вычисление суммарной освещенности в расчетной точке сводится к учету вклада в освещенность каждого излучателя.

**Круглосимметричные точечные излучатели.** Первоначально принимается, что поток лампы (при многоламповых светильниках — суммарный поток ламп) в каждом светильнике равен 1000 лм. Создаваемая в этом случае освещенность называется условной и обозначается  $e$ .

Величина  $e$  зависит от светораспределения светильника и геометрических размеров  $d$  и  $h$ .

Для определения  $e$  служат пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности (прил., рис. 1—8), на которых находится точка с заданными  $d$  и  $h$  ( $d$ , как правило, определяется обмером по масштабному плану), а  $e$  определяется путем интерполирования между значениями, указанными у ближайших изолюкс. Аналогичные графики, но построенные по данным измерений, могут применяться для расчета местного освещения.

Пределы шкал на графиках отнюдь не определяют возможной области применения светильника. Если заданные  $d$  и  $h$  выходят за пределы шкал, в ряде случаев возможно обе эти координаты увеличить (уменьшить) в  $n$  раз так, чтобы точка оказалась в пределах графика, и определенное по графику значение  $e$  увеличить (уменьшить) в  $n^2$  раз.

При отсутствии изолюкс для данного светильника можно воспользоваться графиком для излучателя, имеющего по всем направлениям силу света 100 кд (прил., рис. 11). Значение условной освещенности  $e_{100}$  определяется, как сказано выше; одновременно по радиальным лучам находится значение  $I_{\alpha}$  и по кривой силы света светильника  $I_{\alpha'}$ , после чего:

$$e = e_{100} \frac{I_a}{100}. \quad (7.4)$$

Пусть суммарное действие «ближайших» светильников создаст в контрольной точке условную освещенность  $\Sigma e$ ; действие более далеких светильников и отраженную составляющую приближенно учтем коэффициентом  $\mu$ . Тогда для получения в этой точке освещенности  $E$  с коэффициентом запаса  $k$  лампы в каждом светильнике должны иметь поток

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu \Sigma e}. \quad (7.5)$$

По этому потоку подбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой должен отличаться от рассчитанного в пределах  $-10 \div +20 \%$ . При невозможности выбора лампы с таким допуском корректируется расположение светильников.

Формула (7.5) может использоваться также для определения  $E$  при известном  $\Phi$ .

В качестве контрольных выбираются характерные точки освещаемой площади, в которых  $\Sigma e$  имеет наименьшее значение.

Характерные контрольные точки для случая общего равномерного освещения показаны на рис. 7.3.

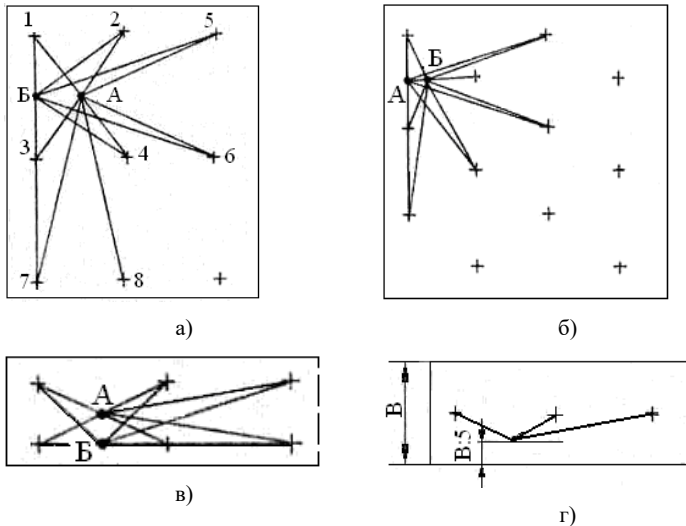


Рис. 7.3. Контрольные точки

При встречающемся учащенном расположении светильников рядами вдоль светотехнических мостиков контрольная точка выбирается между рядами на расстоянии от торцевой стены, примерно равном расчетной высоте.

Не следует выискивать точки абсолютного минимума у стен или в углах: если в подобных точках есть рабочие места, задача доведения здесь освещенности до норм может быть решена увеличением мощности ближайших светильников или установкой дополнительных светильников.

Разнообразны схемы расчета локализованного освещения. Контрольные точки выбираются, как сказано выше, т. е. наихудшие в пределах поверхности, на которой должна быть обеспечена заданная  $E$ .

Мощности ламп, участвующих в освещении точки, могут быть и разными. Одна из употребительных схем расчета: предварительное определение мощности ламп, необходимой для равномерного освещения помещения, и расчет мощности дополнительных ламп по разности между освещенностью, необходимой в точке, и освещенностью, создаваемой равномерным освещением.

Трудно точно определить, какие светильники следует считать «ближайшими» и учитывать в  $\Sigma e$ .

Часто можно считать, что это светильники с трех наименьших расстояний  $d$ . На рис. 7.3 контрольные точки соединены линиями с теми светильниками, от которых обычно определяются значения  $e$ . Если говорить в общем, то чем меньше  $L/h$  и чем шире светораспределение светильников, тем большую роль играют «удаленные» светильники и тем тщательнее следует их учитывать.

Во всех случаях при определении  $\Sigma e$  не должны учитываться светильники, реально не создающие освещенности в контрольной точке из-за затенения оборудованием или самим рабочим при его нормальном фиксированном положении у рабочего места.

Значение  $\mu$  чаще всего можно принимать в пределах 1,1–1,2; оно зависит от коэффициентов отражения поверхностей помещения, характера светораспределения, тщательности учета «удаленных» светильников и т. д.

**Пример 4.** В помещении, часть которого показана на рис. 7.3, *a*, требуется обеспечить  $E = 50$  лк при  $k = 1,3$ . Светильники УПД подвешены на высоте 3 м. Размеры полей 6×4 м.

Расстояние  $d$  определяем обмером по масштабному плану. Значение  $e$  определяем по графику рис. 6.6. Расчеты сводим в табл. 7.1. Наихудшей оказывается точка 5, по освещенности которой определяем необходимый поток, принимая  $\mu = 1,1$ :

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,3}{1,1 \cdot 20,0} = 2950 \text{ лм.}$$

Выбираем лампу 200 Вт.

Излучатели, длина которых превышает половину расчетной высоты  $A$ , рассматриваются как светящиеся линии. Характеристиками светящихся линий являются продольная и поперечная кривые силы света элементов, образующих линию, и линейная плотность светового потока ламп  $\Phi'$ . Поперечная кривая задается каталожными данными.

Плотность потока определяется делением суммарного потока ламп в линии  $\Phi$  на ее длину  $L$ , причем линии с равномерно распределенными по их длине разрывами  $\lambda$  рассматриваются при расчете как непрерывные, если  $\lambda < 0,5h$ , и под  $L$  понимается габаритная длина линии. Для протяженных линий с такими же разрывами можно считать:

$$\Phi' = \frac{\Phi}{l + \lambda}, \quad (7.6)$$

где  $\Phi$  – поток ламп в сплошном элементе длиной  $l$ .

Таблица 7.1

Расчетные значения освещенности в контрольных точках

Точка	Номера светильников	Расстояние $d$ , м	Условная освещенность, лк	
			от одного светильника	от всех светильников
А	1, 2, 3, 4	3,6	5,6	22,4
	5, 6	6,7	0,4	0,8
	7, 8	9,2	0,1	0,2
				$\Sigma e = 23,4$
Б	1, 3	3	8,0	16
	2, 4	5	1,8	3,6
	5, 6	8,5	0,15	0,3
	7	9	0,1	0,1
				$\Sigma e = 20,0$

При  $\lambda > 0,5h$  для каждого сплошного участка линии отдельно определяются  $\Phi'$  и создаваемая этим участком освещенность. Расчетные графики и таблицы позволяют определить относительную освещенность  $\varepsilon$  (т. е. освещенность при  $\Phi' = 1000$  лм/м и  $h = 1$  м), причем непосредственно определяется освещенность точек, лежащих против конца линии. Освещенность других точек определяется путем разделения линий на части или дополнения их воображаемыми отрезками, освещенность от которых затем вычитается (рис. 7.4). При общем равномерном освещении контрольные точки, как правило, выбираются посередине между рядами светильников.

При большой длине рядов (начиная примерно от  $2h$ ) сильно сказывается уменьшение освещенности у их концов (вдвое по сравнению с освещенностью центральных участков при рядах неограниченной длины).

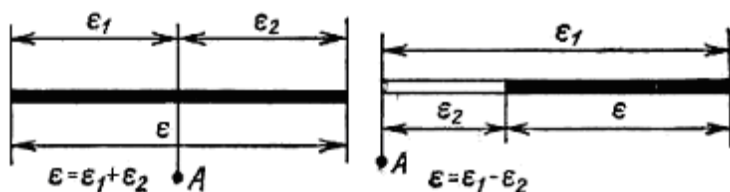


Рис. 7.4. Освещенность точек, не лежащих против конца линии

Для компенсации этого достаточно продлить линию на  $0,5 A$  за пределы освещаемой поверхности, или на такой же длине у границ этой поверхности осуществить двойное значение  $\Phi'$ , или дополнить продольные ряды светильников замыкающими их поперечными. При принятии одной из этих мер контрольная точка может выбираться против середины рядов.

При общем освещении больших помещений часто указанная компенсация не предусматривается в предположении, что непосредственно у торцовых стен не производятся работы, ряды доводятся до торцовых стен и контрольная точка выбирается на расстоянии примерно  $h$  от последних.

Для определения  $\varepsilon$  наиболее удобны графики линейных изолюкс (прил., рис. 9–10). При пользовании ими по плану обмеряют-



ся размеры  $p$  и  $L$  (рис. 7.5), находятся отношения  $p' = p/h$  и  $L' = L/h$  и для точки на графике с координатами  $p'$  и  $L'$  определяется  $\epsilon$ .

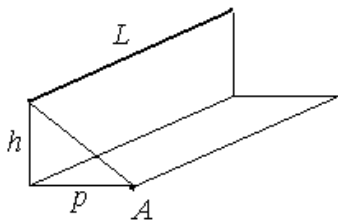


Рис. 7.5. Размеры, определяющие положение линии по отношению к контрольной точке

Линии, для которых  $L' > 4$ , при расчетах практически могут рассматриваться как неограниченно длинные.

Суммирование значений  $\epsilon$  от ближайших рядов или их частей, освещающих точку, дает  $\sum \epsilon$ , коэффициент  $\mu$  принимается, как и выше, и находится необходимая линейная плотность потока:

$$\Phi' = \frac{1000Ekh}{\mu \sum \epsilon}, \quad (7.7)$$

на основании чего осуществляется компоновка линий.

Для компоновки линий применяются два практических приема:

1) находится общий необходимый поток ламп в линии как  $\Phi' \cdot L$ , после этого производится компоновка линии;

2) если линия достаточно длинна и равномерно пользование формулой (7.6), то, придавая  $\Phi$  возможные значения, находим:

$$l + \lambda = \frac{\Phi}{\Phi'}. \quad (7.8)$$

и, понимая здесь под  $l$  длину светильника, выбираем подходящий вариант.

Формула (7.7) может быть использована также для определения  $E$  при заданном  $\Phi'$ .

### ***Расчет с помощью программы DIALux Light***

Программа для проектирования освещения DIALux разработана немецкой компанией DIAL GmbH и предназначена для выполнения светотехнических расчетов и проектирования как внутренне-

го, так и внешнего освещения. На данный момент DIALux является безусловным лидером среди светотехнических программ.

Основные преимущества DIALux:

- свободное распространение;
- описание на русском языке;
- наличие плагинов и баз данных по светильникам большого количества производителей;
- простой интерфейс;
- наличие импорта/экспорта объектов и данных между популярными форматами систем автоматизированного проектирования;
- поддержка большого количества языков.

Начиная с версии 3.1, в DIALux есть *Ассистент DIALux Light* [15]. С помощью этого ассистента можно быстро и просто планировать расположение источников света. Таким образом, пользователи, которые редко работают с DIALux, могут использовать DIALux Light без необходимости полностью обучаться использованию программы DIALux. После инсталляции вы найдете ярлык DIALux Light непосредственно на вашем рабочем столе около ярлыка DIALux. Вы можете запустить ассистента одним двойным щелчком. Если вы уже запустили DIALux, то найдете ассистента DIALux Light в меню *Файл > Ассистенты* (рис. 7.6).

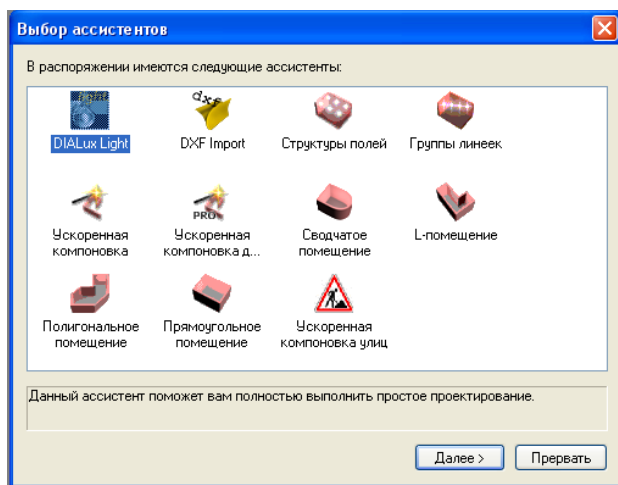


Рис. 7.6. Ярлык ассистента DIALux Light

После запуска DIALux Light вы увидите диалоговое окно приветствия (рис. 7.7). Если вы просмотрели всю информацию в окне, щелкните на кнопке *Далее*.

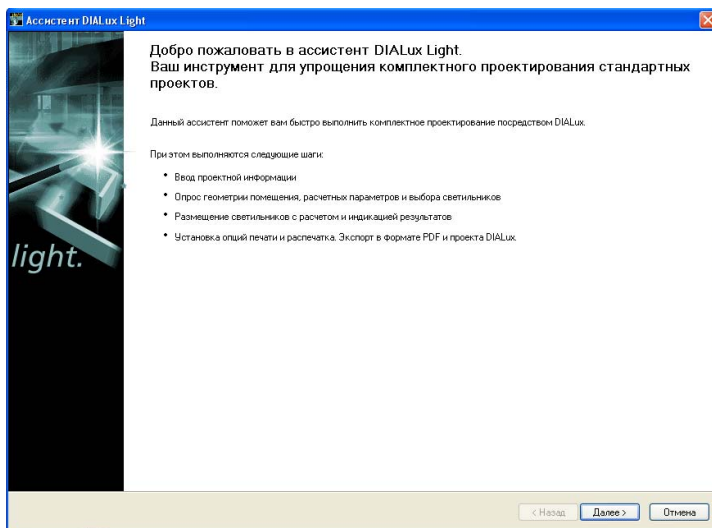


Рис. 7.7. Начало работы

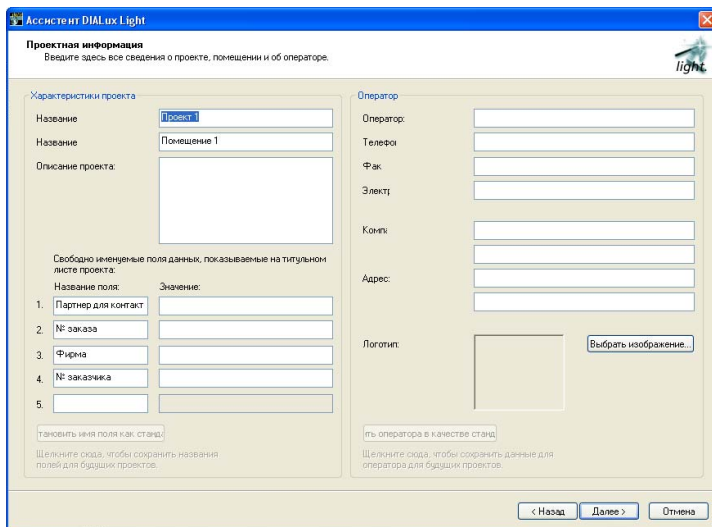


Рис. 7.8. Ввод проектной информации

В окне *Проектная информация* вы можете ввести ваши данные и данные вашего клиента (рис. 7.8). Они появятся на распечатке результатов проектирования.

В окне *Ввод данных* вы определяете геометрию комнаты в соответствующих полях (рис. 7.9). По умолчанию DIALux Light предлагает прямоугольную комнату. Если вы установите флажок в поле *Использовать L-помещение*, DIALux Light покажет вам L-образную комнату. Длины сторон комнаты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  показаны на рисунке. Вы можете изменять в соответствующих полях коэффициенты отражения потолка, стен и пола. Установленный коэффициент отражения стен применяется ко всем существующим стенам.

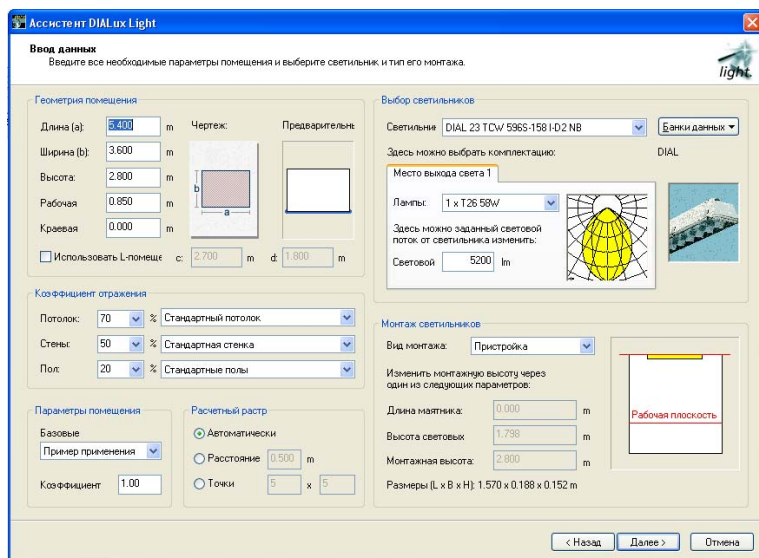


Рис. 7.9. Ввод данных о помещении

Щелчок кнопкой *Банки данных* откроет вам доступ к каталогам светильников и *Собственному банку данных* (пользовательской базе данных избранных светильников) (рис. 7.10). В каталоге вы можете выбрать светильник, который будете использовать в проекте, а затем щелкните *Перенять*. Потом закройте каталог. Теперь DIALux Light показывает выбранный светильник в соответствующем поле (по умолчанию всегда отображается последний использованный светильник).

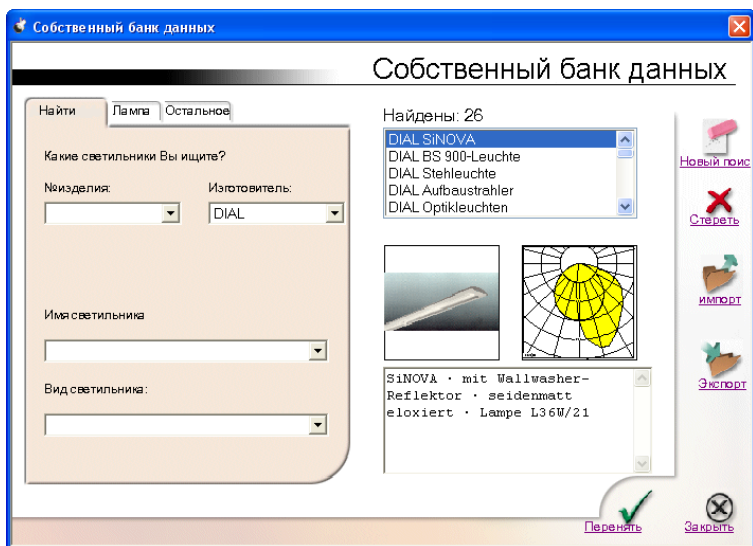


Рис. 7.10. Собственный банк данных

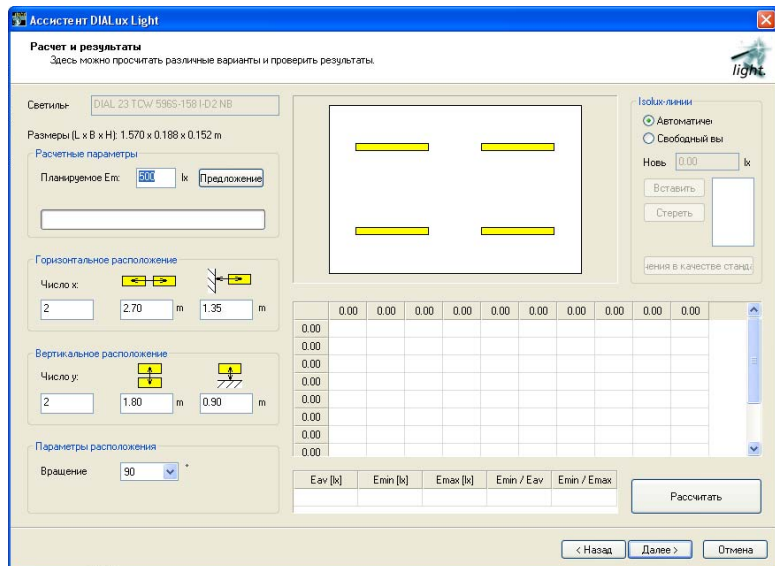


Рис. 7.11. Окно «Расчет и результаты»

В окне *Расчет и результаты* DIALux Light попытается вычислить необходимое число светильников согласно методу эффектив-

ности, чтобы достичь требуемой освещенности (рис. 7.11). Вы можете ввести освещенность в поле *Планируемая освещенность Et*. Светильники, которые находятся вне комнаты, не рассматриваются в расчете DIALux Light.

Используя поля *Горизонтальное расположение* или *Вертикальное расположение*, вы можете определить расстояния светильников друг от друга и от стены. Если вы удовлетворены всеми введенными значениями, щелкните *Рассчитать*, и DIALux Light запустит расчет. Затем DIALux Light показывает результаты в виде рисунка из линий изолюкс и таблицы для рабочей плоскости (рис 7.12).

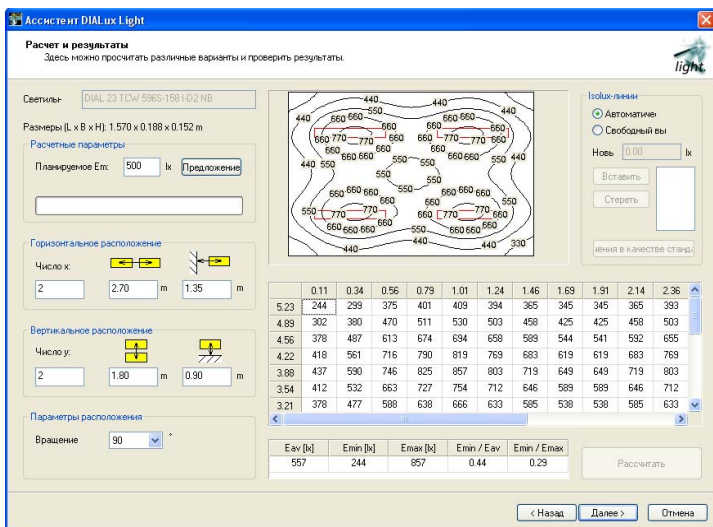


Рис. 7.12. Результаты расчета

В окне *Вывести результаты* вы можете выбрать – печатать результаты или сохранить их в электронной форме как PDF-файл (рис. 7.13). Щелкните для этого на соответствующей кнопке. Используя поля рядом с символами распечатки, вы можете выбирать, какие результаты должны действительно распечатываться. По умолчанию все результаты активированы. Если вы захотите выбрать, например, только краткий обзор, активируйте только резюме. Если хотите полностью представить результаты вашему клиенту, активируйте все результаты.

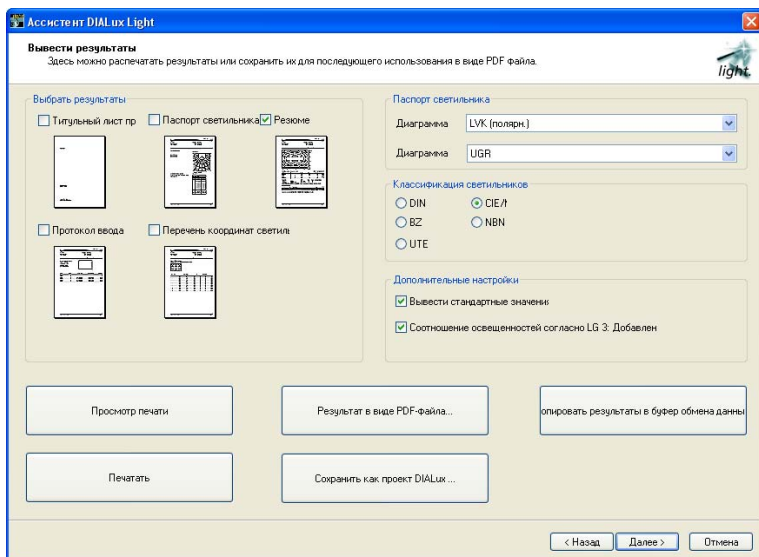


Рис. 7.13. Вывод результатов

В конце ассистента DIALux Light отображается заключительный диалог.

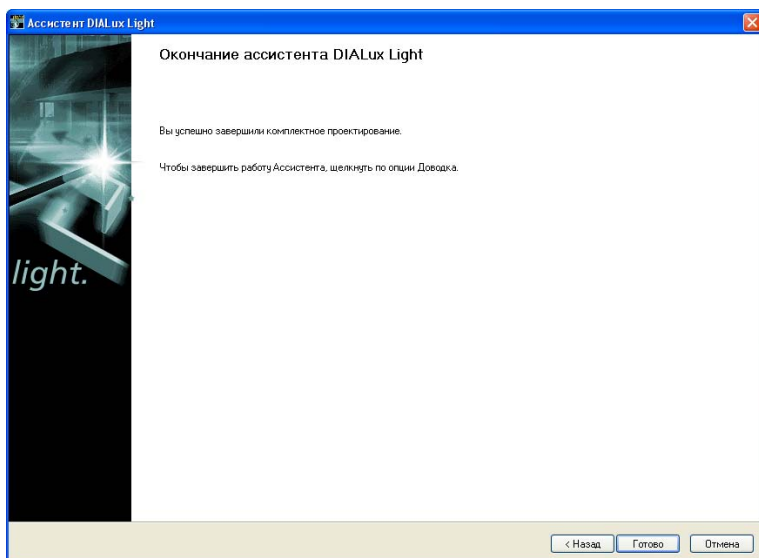


Рис. 7.14. Завершение работы в ассистенте DIALux Light

## 8. СХЕМЫ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Установки освещения делятся на внутренние и наружные. Установки внутреннего освещения предназначены для освещения производственных, административных, жилых и общественных зданий и помещений. Установки наружного освещения предназначены для освещения территорий предприятий и учреждений, городов, поселков и т. д.

Электрические сети освещения делятся на питающие, распределительные и групповые.

**Питающая осветительная сеть** – сеть от распределительного устройства (РУ) подстанции до вводного устройства (ВУ), вводно-распределительного устройства (ВРУ) или главного распределительного щита (ГРЩ).

**Распределительная сеть** – сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения.

**Групповая сеть** – сеть от распределительных пунктов, щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

**Питающая и распределительная сеть.** Питание установок внутреннего освещения рекомендуется выполнять от распределительных устройств подстанций, щитов, магистральных и распределительных шинопроводов самостоятельными линиями, выполненными проводами или кабелями.

Сети наружного освещения могут получать питание от распределительных устройств подстанций, распределительных щитков и ВРУ и выполняются кабельными или воздушными линиями (с использованием самонесущих изолированных проводов). Линии наружного освещения могут прокладываться на существующих опорах, принадлежащих электросетевым организациям, на инженерных сооружениях.

Питающие и распределительные сети внутреннего и наружного освещения выполняются трехфазными четырех- или пятипроводными в зависимости от используемой системы заземления.

На рис. 8.1 приведена схема питающей и распределительной сетей внутреннего освещения. С первой секции шин 0,4 кВ двухтрансформаторной подстанции получает питание щит освещения,



с шин которого по магистральной или радиальной линии запитываются групповые щитки рабочего освещения. Щиток аварийного освещения получает питание от второй секции шин 0,4 кВ. Аварийное освещение должно включаться автоматически при аварийном отключении рабочего освещения.

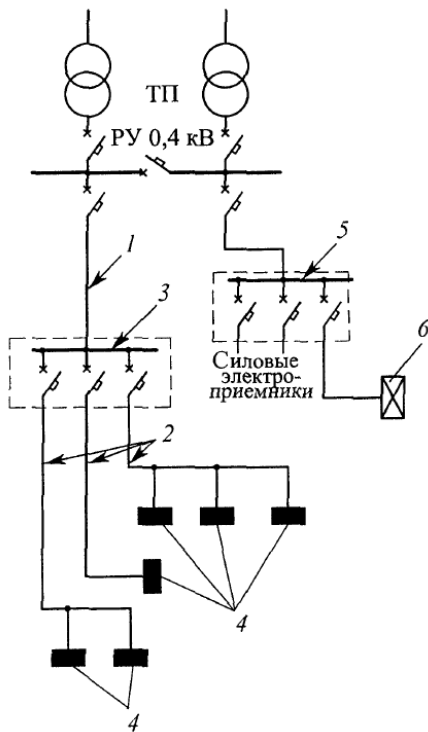


Рис. 8.1. Схема питающей и распределительной сетей внутреннего освещения: 1 – питающая сеть; 2 – распределительная сеть; 3 – щит рабочего освещения; 4 – групповые щитки рабочего освещения; 5 – распределительный пункт; 6 – щиток аварийного освещения

На рис. 8.2 показана возможность подключения рабочего освещения к головному участку магистрального шинпровода. Питание аварийного освещения рекомендуется выполнить от другой трансформаторной подстанции или иного независимого источника питания.

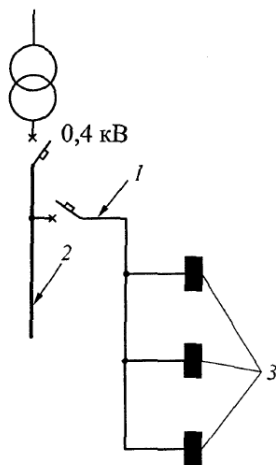


Рис. 8.2. Схема питания сети освещения от шинопровода: 1 – питающая сеть; 2 – шинопровод; 3 – групповые щитки рабочего освещения

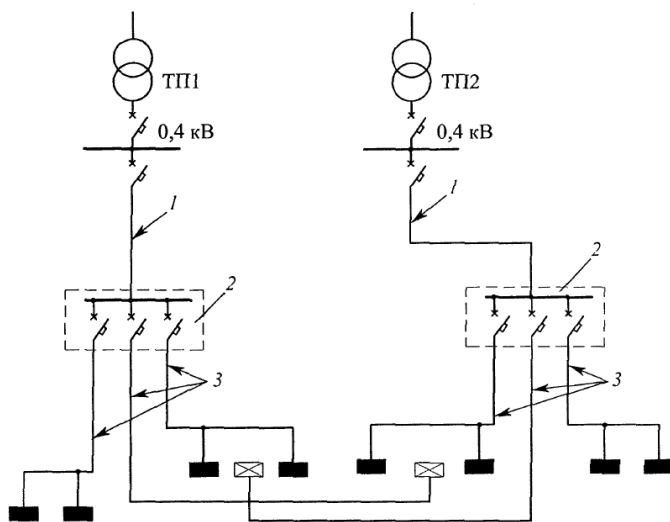


Рис. 8.3. Схема перекрестного питания освещения от двух трансформаторных подстанций: 1 – питающая сеть; 2 – щит освещения; 3 – распределительная сеть освещения

Схема перекрестного питания освещения от двух трансформаторных подстанций приведена на рис. 8.3. Рабочее и аварийное освещение получают питание самостоятельными линиями от разных

трансформаторных подстанций. Аварийное освещение в производственных зданиях допускается подключать к распределительным пунктам, шинопроводам за исключением производственных зданий без естественного освещения.

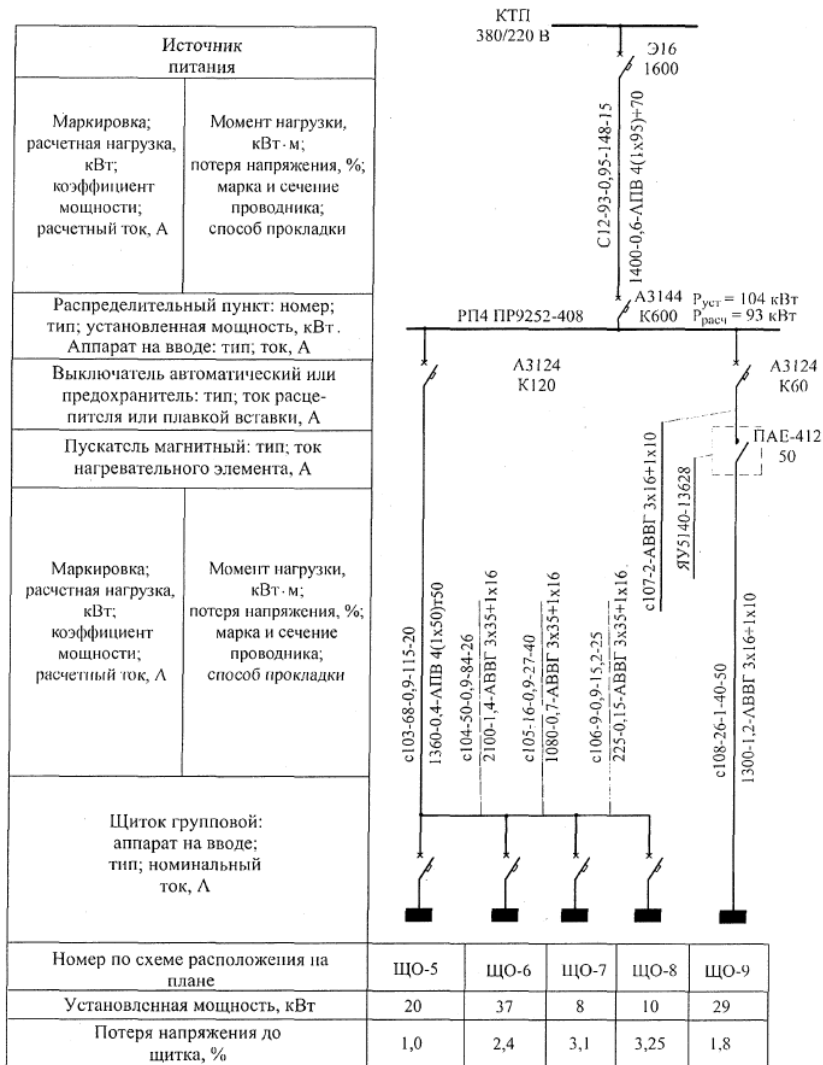


Рис. 8.4. Пример оформления принципиальной схемы питающей сети освещения в соответствии с ГОСТ 21.608-84

В соответствии с ГОСТ 21.608-84 и ГОСТ 21.607-84 принципиальные схемы питающих и распределительных сетей освещения рекомендуется выполнять в однолинейном исполнении, при этом может учитываться расположение электрического оборудования по частям и этажам здания.

Примеры выполнения питающей сети внутреннего и наружного освещения приведены на рис. 8.4 и 8.5.

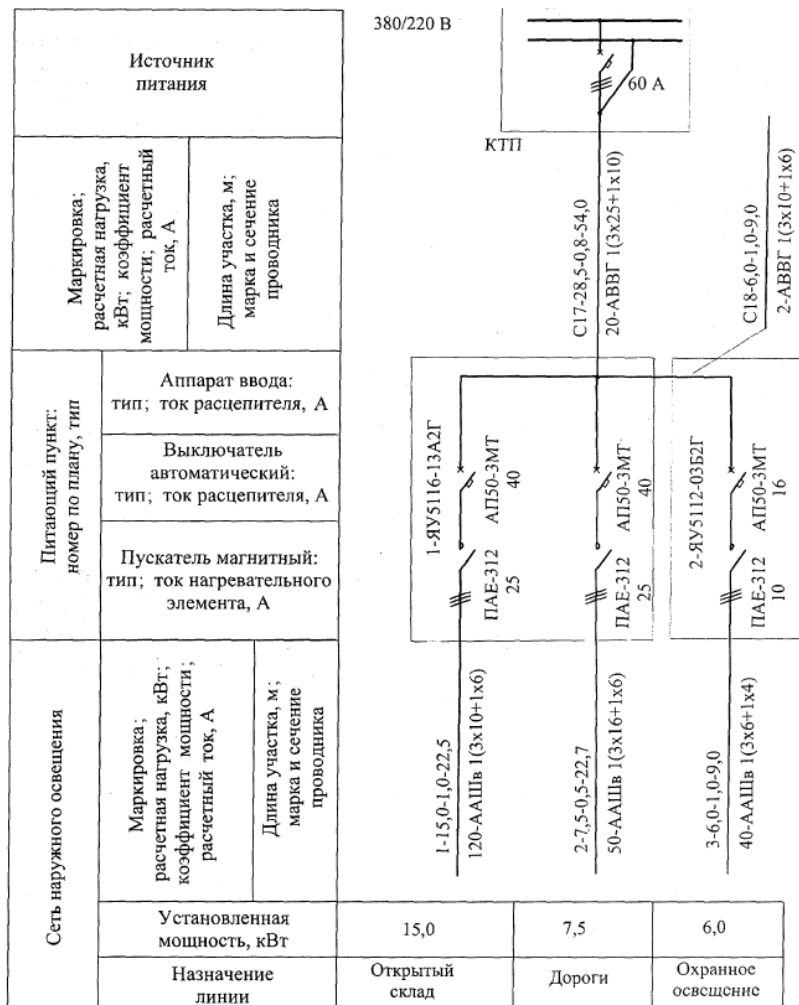


Рис. 8.5. Пример оформления принципиальной схемы питающей сети освещения в соответствии с ГОСТ 21.607-82

Групповая сеть освещения предназначена для питания отдельных групп светильников, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, выполняется в одно-, двух- или трехфазном исполнении. Распределение нагрузок по фазам должно быть равномерным.

Число источников света на фазу не должно превышать значений, указанных в табл. 8.1.

В начале каждой групповой линии должны быть установлены аппараты защиты во всех фазных проводниках. В групповых линиях, питающих лампы мощностью более 10 кВт, каждая лампа должна иметь свой аппарат защиты [12].

Таблица 8.1

Число источников света на фазу в зависимости от назначения групповой линии и источника света

Назначение групповой линии	Источники света	Число источников света на фазу, не более
Для питания источников света и штепсельных розеток	Лампы накаливания, лампы ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ	20
Для производственных, общественных, жилых зданий, освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков	Лампы накаливания мощностью до 60 Вт	60
Для питания световых карнизов, световых потолков	Лампы накаливания	60
Для питания световых карнизов, световых потолков, светильников с люминесцентными лампами	Люминесцентные лампы мощностью до 80 Вт	60
То же	Люминесцентные лампы мощностью до 40 Вт	75
То же	Люминесцентные лампы мощностью до 20 Вт	100

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. – М. : Форум, 2012. – 416 с.
2. Суворин, А.В. Электротехнологические установки : учеб. пособие / А.В. Суворин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. – 376 с.
3. Колесник, Г.П. Электрическое освещение: основы проектирования : учеб. пособие / Г.П. Колесник. – Владивосток : ВлГУ, 2006. – 123 с.
4. Рекус, Г.Г. Электрооборудование производств / Г.Г. Рекус. – М. : Высшая школа, 2005. – 630 с.
5. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. – М. : Форум, 2010. – 496 с.
6. Епанешников, М.М. Электрическое освещение / М.М. Епанешников. – М. : Энергия, 1973. – 320 с.
7. Кунгс, Я.А. Экономия электрической энергии в осветительных установках / Я.А. Кунгс, М.А. Фаермак. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 115 с.
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг [и др.]. – Л. : Энергия, 1976. – 420 с.
9. Справочная книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберг [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 350 с.
10. Отраслевые нормы, инструкция по эксплуатации осветительных установок и рекомендации по искусственному освещению основных цехов промышленности. – М. : НИИМАШ, КПТИ, 1988. – 180 с.
11. Инструкция по проектированию силового и осветительного оборудования промышленных предприятий СН 357-79. – М. : Стройиздат, 1979. – 120 с.
12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. М. : Изд-во ЭНАС, 2003. – 87 с.
13. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М. : ГП ЦПП, 1995. – 134 с.

14. Правила устройства электроустановок. – М. : НЦ ЭНАС, 2003. – 680 с.
15. Руководство пользователя DIALux 4.2 User Manual English / пер. С.Ю. Иванова. – М. : НЦ ЭНАС, 2006. – 242 с.
16. Ополева, Н.Г. Схемы и подстанции электроснабжения / Н.Г. Ополева // Справочник : учеб. пособие. – М. : ФОРУМ ИН-ФА-М, 2008. – 408 с.

Нормы освещенности, рекомендуемые ИС и ОП  
для заводов черной металлургии

Цех, отделение, участок	Разряд зритель- ной работы	Норма освещен- ности, лк, для ламп		Характе- ристика помещения по услови- ям среды	Тип ИС	Коэффициент запаса	Харак- терный тип
		РЛ	ЛН				
<i>Доменные цеха</i>							
Железнодорожные пути	ХП	5	5		ЛН	1,5	ПКН
					ДРЛ		ПЗР
Подбункерные помещения	VIIIБ	50	20	Сырое, пыльное	ЛН	1,5	НСП21
Литейный двор	VII	200	150	Пыльное	ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	2	РСП13, ГСП17, ЖСП01
Разливочная машина:							
воронка	VII	200	150	Жаркое	ДРЛ, ДРИ	1,8	РСП13, ЖСП01
ковшовый пролет	VIIIа	75	30	Пыльное	ДРЛ	1,8	РСП13
<i>Сталеплавильные цеха</i>							
Пути подвоза чугуна	VIIIБ	50	20	Жаркое	ДРЛ	2,0	РСП13
Места заливки	VII	200	150	Пыльное	ДРЛ, ДНаТ	2,0	РСП13, ЖСП01
Мартеновский цех	VII	200	150	То же	ДРЛ	2,0	РСП13
Склады	VIIIБ	50	20	Пыльное	ДРЛ	1,8	РСП13
Конвертерный цех	VII	200	150	Жаркое, пыльное	ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	2,0	РСП13, ГСП17, ЖСП01



Цех, отделение, участок	Разряд зрительной работы	Норма освещенности, лк, для ламп		Характеристика помещения по условиям среды	Тип ИС	Коэффициент запаса	Характерный тип
		РЛ	ЛН				
<i>Цеха горячего проката</i>							
Нагревательные колодцы	VI	200	150	Жаркое, пыльное	ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	2,0	РСП13, ГСП17, ЖСП01
Адьюстаж заготовок	IIб	750	300	Пыльное	ДРЛ	1,8	РСП13
Пролет прокатного стана	IVб	200	150	Жаркое, пыльное	ДРЛ	2,0	РСП13
Отделение контроля	IIIб	300	200	Пыльное	ДРЛ	1,8	РСП13
<i>Цеха холодного проката листа</i>							
Агрегаты непрерывного травления	Vа	200	150	Сырое, химически активное	ДРЛ, ДРИ, ДНаТ	1,8	РСП13, ГСП17, ЖСП01
Прокатные станы:							
пролет стана	IVб	200	150	Пыльное	ДРЛ	1,8	РСП13
клетки	IVв	150	100	То же	ДРЛ	1,8	РСП13
Маслоподвалы	VI-1	100	50	Сырое	ДРЛ	1,8	РСП08
Агрегаты резки	IVб	200	150	Пыльное	ДРЛ	1,8	РСП13
Башенные печи:							
нижние и верхние площадки	Vв-1	100	75	Пыльное, жаркое	ЛН	1,5	НПП03
средние площадки	VIIIб	50	20	То же	ЛН	1,5	НПП03
Отделение отделки:							
столы контроля	Iб	1250	—	Пыльное	ЛЛ	1,6	ЛСП02
Склад пакетов листов	VI	150	75	То же	ДРЛ	1,6	РСП13

Таблица 2

Условия среды, рекомендуемые ИС и ОП общего освещения  
в основных цехах деревообрабатывающей промышленности

Отделение, участок, помещение	Условия среды	Тип ИС	Коэффициент запаса	Осветительные приборы общего освещения	
				Сте- пень защи- ты	Характерные рекомендуемые типы
Участки механиче- ской обработки дре- весины и формовки древесно-стружеч- ных плит	П-II	ЛЛ (ЛБ, ЛБР) МГЛ ДРЛ	1,6 1,6 1,6	5'X IP5X IP5X	ПВЛМ, ПВЛП-1, ЛСП16, ЛСП18, ЛСП22 ГСП15, ГПП01 РСП11, РСП12, РСП16, РСП20, РСП21, РПП01
Участки сортировки фанеры и древесно- стружечных плит	П-II	ЛЛ (ЛХБ, ЛДЦ) МГЛ	1,8 1,8	5'X IP5X	ПВЛМ, ПВЛП-1, ЛСП16, ЛСП18, ЛСП22 ГСП15, ГПП01
Участки сортировки и облагораживания шпона	П-IIa	ЛЛ (ЛХБ, ЛДД) МГЛ	1,6 1,6	5'X 5'X	ПВЛМ, ПВЛП-1, ЛСП16 ЛСП18, ЛСП22 ГСП17, ГСП15, ГПП01
Участки сборки столярных изделий, мебели	П-IIa	ЛЛ (ЛБ)	1,5	5'X	ПВЛМ, ПВЛП-1, ЛСП16, ЛСП18, ЛСП22
Склады готовой про- дукции, атмосферной сушки пилопродук- ции, хранения плит, фанеры, шпона, помещения сортиро- вочных устройств без торцовки пилопро- дукции	П-IIa	ЛЛ (ЛБ)  МГЛ ДРЛ	1,5  1,5 1,5	5'X  IP2X IP2X	ПВЛМ, ПВЛП-1, ЛСП16, ЛСП18, ЛСП22, ГСП17 ГСП15, ГПП01, РСП05 РСП08, РСГШ, РСП17, РСП18, СД2РТС, РСПН, РСП12, РСП16, РСП20, РСП21, РПП01

Отделение, участок, помещение	Условия среды	Тип ИС	Коэффициент запаса	Осветительные приборы общего освещения	
				Сте- пень защи- ты	Характерные рекомендуемые типы
Участки шлифова- ния древесных заго- товок деталей, плит, фанеры, калибро- вания шитовых заготовок, благо- раживания лаковых покрытий	В-IIa	ЛЛ(ЛХБ) ЛДЦ (ЛБ) МГЛ	1,8 11,8	IP5X без взры- воза- щиты	Н4Т4Л, Н4Т5Л, ПВЛП-1 ЛСП16, ЛСШ8 ГСП25, ГСП15, ГПП01
Участки отделки сто- лярно-строительных изделий и клееных деревянных кон- струкций	В-Ia	ЛЛ (ЛХБ, ЛДЦ) МГЛ	1,8 1,8	Взры- воза- щи- щен- ные	Н4Т4Л, Н4Т5Л  ГСП23
Помещения намазки (пропитки) шпона с последующей сушкой	В-Ia	ЛЛ (ЛБ) ДРЛ ЛН	1,6 1,6 1,4	То же	Н4Т4Л, Н4Т5Л ВЗТЗ-ДРЛ, РСР25 В4А ВЗГ, ВЗГ/В4А, Н4Б, НСП23
Участки приготовления смола	В-Ia	ЛЛ (ЛБ) ДРЛ ЛН	1,5 1,5 1,3		Н4Т4Л, Н4Т5Л ВЗТЗ-ДРЛ, РСР25 В4А, ВЗГ, ВЗГ/В4А, Н4Б, НСП23
Участки приготовле- ния лакокрасочных покрытий	В-I	МГЛ ДРЛ ЛН	1,8 1,8 1,5	Взры- вобе- зопас- ные	ГСП25, ВЗТЗ-ДРЛ, РСР25 В4А, ВЗГ, ВЗГ/В4А

Таблица 3

Строительные параметры, условия среды и рекомендуемые типы ИС и ОП, а также коэффициенты запаса ОУ в цехах электромашиностроительного производства

Цех, отделение, участок	Строительные помещения, м		Среда	Коэффициент запаса	Тип ИС	Степень защиты	Тип ОП
	Модуль	Высота					
Цех изготовления сердечников	6×6–6×18	3,6–6,0	Пыльная	1,6	ЛЛ в сочетании с ДРЛ или с ЛН	5'3, 5'4, 5'0	ЛСП18, ЛСП22, ПВЛМ(с лампами типа ЛБР) в сочетании с «кососветами» (РСП21, НСП19, НСП21)
				1,8	ЛЛ	5'3, IP20	ЛСП06, ПВЛМ-Д, ЛДОР в сочетании с «кососветами» ЛСП13
				1,6	ДРЛ	IP54, 5'3	РПП01, РСП21
					ДНаТ		ЖППО1
	6×6–6×24	6,0–9,0		1,6	ДРЛ	IP52, 5'0	РСП11, РСП12, РСП16 в сочетании с «кососветами» РСП21
				1,6	ДРЛ	5'0, IP52, 5'3	РСП20, СД2РТС
				1,8; 1,6	ДРЛ	5'0, IP20	РСП05, РСП14
				1,6; 1,8	ДНаТ	5'0, 5'3	ЖСП20, ЖСП01
				1,6; 1,8; 1,6; 1,8	ДРЛ ДРЛ ДРИ	IP52, IP20, 5'0, 5'3	РСП12, РСП18, РСП05, РСП13, ГСП15, ГСП17, ГСП18

Цех, отделение, участок	Строительные помещения, м		Среда	Коэффициент запаса	Тип ИС	Степень защиты	Тип ОП
	Модуль	Высота					
Участок пропитки	6×6–6×18	3,4–6,0 6,0–10,0	Классов В-Ia, В-Iб и химически агрессивная	1,6	ЛЛ	IP65 IP54	ЛСП18 (с лампами ЛБР) РПП01
				1,6	ДРЛ		
				1,6	ДНаТ	IP54	ЖПП01
				1,3	ЛН	IP56, IP54	РСП30, РСП25
Механосборочный цех	6×6–6×18	4,8–6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	IP20 IP20	ЛСП02, ЛСП06, ЛДОР
				1,5	ЛЛ		ЛСП13
	6×6–6×36	6,0–9,0 9,0–15,0 15,0–20,0		1,5	ЛЛ	IP20 IP20	ЛСП13
				1,5	ДРЛ		РСП05, РСП18
				1,5	ДРЛ ДРИЗ-2	IP20 5'0	РСП05, РСП18
				1,5	ДРЛ ДРИЗ-3	IP20 5'0	РСП05, РСП18

Таблица 4

Примеры норм освещенности и качественных показателей освещения ряда электротехнических производств (освещение РЛ)

Цех, участок	Плоскость, в которой нормируется освещенность (горизонтальная, вертикальная); высота над полом, м	Разряд и подряд зрительной работы	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослепленности Р, отн. ед., не более	Коэффициент пульсации К, %, не более
			Комбинированное освещение	Общее			
				Всего	От общего		
<i>Общепромышленные цехи, участки, оборудование</i>							
Заготовительно-штамповочный цех металла (резка листа, рубка прутка, гибка колец, штамповка, выжжка, вырубка деталей, навивка, разрезание и шихтовка магнитопроводов)	Г; 0	Va	300	150	200	40	20
	Г; 0	Vб	200	150	150	40	20
	Г; 0	Va	300	150	200	40	20
	Г; 0	IVa	750	150	300	40	20
Сушильно-пропиточное отделение, участок лакировки, участок отжига	Г; 0,8	VI	–	–	150	40	20
	Г; 0	IVб	500	150	200	40	20
	Г; 0	IIIв	750	150	300	40	20/15
	Г; 0	IIIб	1000	150	–	40	20/15

Цех, участок	Плоскость, в которой нормируется освещенность (горизонтальная, вертикальная); высота над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослепленности Р, отн. ед., не более	Коэффициент пульсации К, %, не более
			Комбинированное освещение	Общественные			
				Всего	От общего		
Контроль электрических параметров	Любая	IVг	300	150	150	40	20
<i>Обработка сырьевых материалов (мельницы, смесители, валцы, элеваторы, сушилки и т. д.)</i>							
Для ремонта и наладки оборудования	Г, В	IVб	500	150	200	40	20
<i>Электромашиностроение</i>							
Литейный цех, алюминиевый цех	Г; 0	IIIв	–	–	300	40	15
Обмоточный цех: заготовительный участок обмоточный участок	Г; 0	Vб	200	150	200	40	20
	Г; 0,8	–	–	–	300	40	20
Укладка обмоток межфазовой изоляции: для малых машин для средних и крупных машин	Г; 0	IIIв	2000	200	500	20	20/10
	Г; 0	IIIв	750	150	300	40	20/15
Цех изготовления коллекторов Сборка малых машин	Г; 0	IIIб	1000	150	300	40	20/15
	Г; 0	IIIв	2000	200	500	20	20/10
Сборка средних и крупных машин	Г; 0	IIIв	750	150	300	40	20/15
<i>Производство трансформаторов и высоковольтной аппаратуры</i>							
Сборка пакета и магнитопровода: для трансформаторов I–III габаритов для трансформаторов IV–VI габаритов	Г; 0	IIIб	1000	150	300	40	20/15
	Г; 0	IVб	500	150	200	40	20

Цех, участок	Плоскость, в которой нормируется освещенность (горизонтальная, вертикальная); высота над полом, м	Разряд и подразряд зрительной работы	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослепленности Р, отн. ед., не более	Коэффициент пульсации К, %, не более
			Комбинированное освещение		Общее освещение		
			Всего	От общего			
Визуальный контроль магнитопровода	В	ШБ	1250	150	–	20	20/10
Отделение изготовления обмоток для трансформаторов I–III габаритов для трансформаторов IV–VI габаритов и реакторов	Г	ШБ IVБ	1000	150	300	40	20/15 20
	Г		500	150	200	40	
Визуальный контроль обмоток Сборка трансформаторов I–III габаритов и малогабаритной высоковольтной аппаратуры Сборка трансформаторов IV–VI габаритов и крупногабаритной высоковольтной аппаратуры	Г	ШБ ШБ	1250	150	–	40	20/10 20/15
	В		1000	150	300	40	
	В	IVБ	500	150	200	40	20
Цех малых трансформаторов	Г	ШБ	3000	300	–	20	20/10



Таблица 5

Нормы освещенности и качественные показатели,  
рекомендуемые для характерных помещений административных  
зданий и проектно-конструкторских бюро

Помещение	Плоскость нормирова- ния освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высо- та над полом, м	Освещенность рабочей поверхности, лк	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации К, %, не более	Условия среды
Кабинеты и рабочие комнаты, проектные кабинеты	Г; 0,8	300	40	1, 2, 5	Нормаль- ная
Проектные залы и комнаты, кон- структорские, чертежные бюро	Г; 0,8	500	40	1, 2, 5	То же
Машинописные бюро	Г; 0,8	400	40	1, 2, 5	То же
Канцелярии	Г; 0,8	200	60	1, 2, 5	То же
Помещения для посетителей	Г; 0,8	150	60	1, 2, 5	То же
Помещения светокопирования	Г; 0,8	200	60	6	Класс II–IIa
Помещения для микрофотогра- фирования	Г; 0,8	200	60	1, 2, 5	Нормаль- ная
Фотокомнаты	Г; 0,8	200	60	1, 2, 5	Влажная
Помещения офсетной печати: редакционно-оформительское отделение отделение подготовки и изготов- ления печатных форм печатное отделение	Г; 0,8	300	40	1, 2, 5	Нормаль- ная
	Г; 0,8	200	60	1, 2, 5	То же
	Г; 0,8	300	40	1, 2, 5	Класс II–IIa
Переплетно-брошюровочные помещения	Г; 0,8	200	60	1, 2, 5	То же
Залы ЭВМ, помещения внеш- них запоминающих устройств, подготовки данных, сервисной аппаратуры, графопостроителей, ремонта типовых элементов	Г; 0,8	400	40	1, 2, 5	Нормаль- ная

Помещение	Плоскость нормирования освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная); высота над полом, м	Освещенность рабочей поверхности, лк	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации К, %, не более	Условия среды
замены и электромеханических устройств, электронноклавишных вычислительных машин приема и выпуска информации					
Архивы магнитных и бумажных носителей: на рабочих столах	Г; 0,8	400	40	1, 2, 5	Класс II-IIa То же
на стеллажах	В; 1,0	200	–	1, 2, 5	
Бюро алгоритмизации, программирования, справочной информации	Г; 0,8	300	40	1, 2, 5	Нормальная
Конференц-залы, залы заседаний	Г; 0	200	60	2, 3, 5	То же
Выставочные залы	Г; 0,8	200	60	1, 2, 3, 5	То же
Фойе, кулуары	Г; 0	150	90	2, 4, 5	То же
Градостроительные, архитектурные советы	Г; 0	200	60	2, 3, 5	То же
Отделы оформления проектов	Г; 0,8	300	40	1, 2, 5	Нормальная Класс II-IIa То же
Макетные мастерские	Г; 0,8	300	40	1, 2, 5	
Кладовые канцпринадлежностей, бумаги, химикатов для копировально-множительных служб, пункты сбора и упаковки макулатуры	Г; 0	30	–	7	

*Примечание.* Группы СВ: 1 – ЛСО04, ЛСО05, ЛСО06, ЛСО02, ШОД; 2 – Л2010М, ЛПО02, ЛПО30 (с рассеивателями), ЛПО33, ЛПО34, ЛПО28; 3 – ЛПО03, ЛПО16, ЛПО30 (одноламповые с рассеивателями); 4 – ЛПО03, ЛПО16, ЛПО30 (одноламповые без рассеивателей); 5 – ЛВО01, ЛВО05; 6 – ПВЛП, ЛПО25; 7 – НПО18, НПО20.

Таблица 6

Приблизительные значения коэффициентов отражения  
стен и потолка

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

Таблица 7

Значения коэффициента запаса

Освещаемые объекты	Коэффициент запаса	
	газоразрядные лампы	лампы накаливания
Производственные помещения при содержании в воздухе пыли, дыма и др., мг/м <sup>3</sup> :		
>10 – темной	2	1,7
>10 – светлой	1,8	1,5
5–10 – темной	1,8	1,5
5–10 – светлой	1,6	1,4
<5	1,5	1,3
Помещения с особым режимом по чистоте при светильниках нижнего обслуживания	1,3	1,15
Вспомогательные помещения с нормальной средой и помещения общественных и жилых зданий	1,5	1,3
Территории предприятий и городов	1,5	1,3

Коэффициенты использования светового потока.  
Светильники с лампами ДРЛ

Тип светильника	РСП05/ГОЗ; С34ДРЛ					РСП07; РСП03/Л00; РСП08/Л5'0				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %									
0,5	51	49	45	42	41	23	22	18	12	12
0,6	56	54	49	46	45	30	30	22	18	16
0,7	60	57	53	50	50	35	32	27	21	20
0,8	63	60	56	53	53	40	38	30	25	23
0,9	66	63	58	56	55	43	39	33	29	26
1	68	65	61	59	57	47	40	37	31	29
1,1	70	67	62	60	59	50	44	40	33	31
1,25	73	68	64	62	61	53	50	42	37	34
1,5	78	71	68	65	64	58	54	46	41	38
1,75	81	73	70	68	66	62	57	50	44	41
2	82	74	72	69	67	66	60	54	48	44
2,25	84	75	72	70	68	68	62	56	50	45
2,5	85	76	73	71	69	70	64	58	52	47
3	86	78	74	73	70	74	67	60	56	50
3,5	87	78	75	74	71	77	70	62	58	52
4	89	79	76	74	72	79	71	63	59	53
5	91	80	78	76	73	82	72	65	63	55
$\Phi_{\cup}/\Phi_{CB}$	80					64				
$\Phi_{\cap}/\Phi_{CB}$	0					16				

Таблица 9

Коэффициенты использования светового потока.  
Светильники с лампами ДРЛ

Тип светильника	РСП05/Д03; СД2РТС; РСП08/Д03; СД2ДРЛ; РСП08/Д5'3					УПДРЛ				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %									
0,5	33	29	27	22	20	30	30	23	20	18
0,6	38	37	31	27	26	37	36	30	27	26
0,7	43	41	35	32	31	42	40	33	31	29
0,8	46	44	38	35	34	45	43	37	34	33
0,9	49	47	41	38	37	47	45	40	37	35
1	52	49	44	40	39	49	47	41	40	38
1,1	54	51	46	43	41	51	50	43	42	40
1,25	57	54	48	45	44	55	53	47	44	42
1,5	62	57	53	49	48	59	56	50	48	45
1,75	66	60	56	52	51	62	58	53	50	48
2	63	62	58	54	53	67	60	56	53	51
2,25	70	63	59	56	55	69	62	57	54	52
2,5	72	65	61	58	56	71	63	59	57	53
3	74	67	62	60	58	73	66	60	58	56
3,5	76	68	64	62	59	75	67	61	59	57
4	77	69	65	63	60	77	69	63	61	58
5	80	71	68	65	63	79	70	66	63	60
$\Phi_{\cup}/\Phi_{CB}$	80					70				
$\Phi_{\cap}/\Phi_{CB}$	0					2				

Коэффициенты использования светового потока.  
Светильники с лампами ДРЛ

Тип светиль- ника	РСП05/К03; С35ДРЛ					РСП08/Г03; РСП08/Г5'3				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %									
0,5	49	46	42	40	37	41	39	35	32	31
0,6	53	50	46	44	42	49	47	42	39	38
0,7	58	54	50	43	47	54	51	47	44	43
0,8	61	57	53	51	50	57	54	50	47	46
0,9	64	59	56	53	52	60	57	53	50	49
1	67	61	58	55	54	63	60	55	53	51
1,1	69	63	60	57	56	65	62	57	55	53
1,25	71	65	62	59	58	68	64	59	57	55
1,5	74	68	65	62	61	73	67	63	60	59
1,75	76	70	67	64	64	76	69	66	63	61
2	78	71	69	66	65	78	70	67	64	63
2,25	79	72	70	67	66	80	72	68	66	64
2,5	80	74	71	68	67	81	73	69	68	66
3	82	75	72	70	68	83	74	71	69	67
3,5	84	75	72	70	69	84	75	72	70	68
4	85	76	73	71	70	85	76	73	71	69
5	88	76	74	73	71	88	78	75	73	70
$\Phi_{\cup}/\Phi_{CB}$	80					80				
$\Phi_{\cap}/\Phi_{CB}$	0					0				

Таблица 11

Коэффициенты использования светового потока.  
Светильники с люминесцентными лампами

Тип светильника	Светильники группы 1					Светильники группы 2					Светильники группы 3				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %														
0,5	28	27	21	18	16	30	28	20	16	14	26	24	20	17	16
0,6	33	32	25	22	20	34	32	24	20	18	32	31	25	21	20
0,7	38	36	30	26	24	38	36	29	24	22	37	35	29	26	24
0,8	42	39	33	29	28	42	40	32	27	24	41	38	32	28	27
0,9	46	42	37	32	31	47	43	36	30	28	45	41	36	32	30
1,0	49	45	40	35	34	50	46	39	33	30	48	44	39	35	33
1,1	52	48	42	38	36	53	49	41	35	32	50	46	41	37	36
1,25	55	50	45	40	39	56	52	44	38	35	53	48	43	39	38
1,5	60	54	49	45	44	61	56	48	42	39	57	52	48	44	42
1,75	63	57	52	48	47	65	59	52	46	42	60	55	51	47	45
2	65	59	55	51	49	68	61	54	48	44	63	57	53	49	48
2,25	68	62	57	53	52	70	64	56	50	46	65	59	55	51	50
2,5	70	63	58	55	54	73	66	58	52	48	67	60	56	53	51
3	73	65	61	58	56	76	68	60	55	50	70	62	58	55	54
3,5	75	67	62	60	58	78	69	62	57	52	71	64	60	57	55
4	77	68	64	61	59	80	71	64	59	53	73	65	61	59	57
5	80	70	67	65	62	84	74	67	62	56	77	67	64	62	60
$\Phi_{\cup}/\Phi_{CB}$	74					66					66				
$\Phi_{\cap}/\Phi_{CB}$	0					16					0				

Таблица 12

Коэффициенты использования светового потока.  
Светильники с люминесцентными лампами

Тип светиль- ника	Светильники группы 4					Светильники группы 5					Светильники группы 6				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %														
0,5	25	25	19	14	12	22	18	13	11	9	20	20	16	13	12
0,6	31	29	22	18	16	25	23	17	14	12	26	25	20	17	16
0,7	36	33	26	22	20	28	27	20	16	15	30	29	24	21	20
0,8	39	36	30	25	22	31	29	23	19	17	34	31	27	24	22
0,9	43	40	33	28	25	34	32	26	21	19	37	34	30	26	25
1,0	46	43	36	30	28	37	34	28	23	21	40	36	32	29	28
1,1	49	45	38	32	30	39	36	30	25	23	42	38	34	31	30
1,25	52	47	40	35	32	42	38	32	27	25	44	40	36	33	32
1,5	56	51	44	38	35	46	42	36	30	28	48	44	40	37	36
1,75	59	54	47	42	38	49	44	38	33	30	50	46	42	39	38
2	62	56	49	44	40	51	46	40	35	32	52	48	44	41	40
2,25	64	58	51	46	42	53	48	42	37	34	54	49	46	43	42
2,5	66	60	53	48	43	55	50	43	39	35	56	50	47	45	44
3	69	62	55	50	45	58	52	45	41	37	58	52	49	47	45
3,5	71	63	56	51	46	60	53	47	43	39	60	53	50	48	46
4	73	64	58	53	48	61	54	48	44	40	61	54	51	49	48
5	77	67	60	56	50	65	57	51	48	43	64	56	53	52	50
$\Phi_{\cup}/\Phi_{CB}$	59					55					58				
$\Phi_{\cap}/\Phi_{CB}$	16					10					0				



Таблица 13

Коэффициенты использования светового потока.  
Светильники с люминесцентными лампами

Тип светиль- ника	Светильники группы 7					ПВЛМ-2×40; 2×80 с лампами ЛБР					ПВЛМ-1×40; 1×80 с лампами ЛБР				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %														
0,5	19	19	14	11	8	28	27	20	13	11	27	26	17	12	11
0,6	23	22	18	15	10	33	32	22	17	14	31	30	21	16	14
0,7	26	25	21	18	11	38	36	27	20	17	36	34	25	20	17
0,8	29	27	23	20	13	42	40	30	23	20	39	37	28	22	20
0,9	32	30	25	22	14	47	44	34	26	22	43	40	32	25	22
1,0	34	32	27	24	15	51	47	37	29	25	47	43	34	28	25
1,1	36	34	28	26	16	54	50	39	31	27	50	46	37	30	27
1,25	38	36	30	28	17	57	53	42	34	29	52	48	39	32	29
1,5	42	38	32	30	19	63	57	47	38	33	58	52	44	36	33
1,75	45	41	34	32	20	67	61	50	42	36	61	56	47	40	36
2	47	42	36	34	21	70	63	53	44	38	64	58	49	42	38
2,25	49	44	37	35	22	73	66	55	47	40	67	60	51	44	40
2,5	50	45	39	36	23	76	68	57	49	42	69	63	53	47	41
3	53	47	40	38	24	80	71	60	52	44	73	65	56	50	44
3,5	54	48	41	39	24	82	73	62	54	46	75	67	58	52	46
4	56	49	42	40	25	85	75	64	56	48	78	69	60	54	47
5	59	51	44	42	26	90	79	69	61	52	82	72	64	58	51
$\Phi_{\cup}/\Phi_{CB}$	31					66					66				
$\Phi_{\cap}/\Phi_{CB}$	34					19					19				

Таблица 14

Удельная мощность общего равномерного освещения.  
 Светильники УПМ-15, У, «Астра-1, 11, 12» (учтены значения  
 $\rho_n = 50\%$ ;  $\rho_c = 30\%$ ;  $\rho_p = 10\%$ ;  $k = 1,3$ ;  $z = 1,15$ )

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
	10–15	2,5	4,5	8	11,3	18,4	26,4	33,6
	15–25	2,1	3,7	6,5	9,1	14,5	21	26,7
2–3	25–50	1,8	3,2	5,6	7,7	12,5	17,8	22,5
	50–150	1,5	2,7	4,7	6,5	10	15	19,4
	150–300	1,3	2,3	4,1	5,6	9,4	13,3	17
	> 300	1,2	2,1	3,8	5,2	8,7	12,4	15,5
	10–15	3,6	6,1	12,3	16,4	25	35,8	45,8
	15–20	2,9	4,9	9,1	12,9	21,4	28,7	38,8
	20–30	2,4	4	7,3	10,6	17,4	23,2	31
3–4	30–50	1,9	3,3	5,8	8,5	13,4	18,8	24
	50–120	1,6	2,8	4,8	7,3	11,3	15,6	19,9
	120–300	1,3	2,3	4,1	6,1	9,5	13	16,7
	> 300	1,1	1,9	3,6	5,3	8,2	11	14,6
	10–17	5	9,3	20,4	25,5	32,8	50	66,6
	17–25	3,7	7,1	14,6	19,3	26,9	41,6	55,5
	25–35	2,7	5,1	9,7	13,1	20,4	31,7	42,3
	35–50	2,2	3,8	7,5	10,4	16,2	24,2	32,2
4–6	50–80	1,8	3,1	5,9	8,4	12,9	19	25,3
	80–150	1,5	2,6	6	7	10,6	15,6	20,8
	150–400	1,2	2,2	4,2	5,9	9	13,4	17,8
	> 400	1	1,8	3,4	4,9	7,4	10,9	14,5

Таблица 15

Удельная мощность общего равномерного освещения.

Светильники НСП02, НСП03 (учтены значения

 $\rho_n = 50\%$ ;  $\rho_c = 30\%$ ;  $\rho_p = 10\%$ ;  $k = 1,3$ ;  $z = 1,15$ )

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
	10–15	3,4	6,7	13,3	20	33,2	50	66,5
	15–25	2,9	5,8	11,6	17,4	29	43,5	58
1,5–3	25–50	2,4	4,8	9,6	14,4	24	36	48
	50–150	2	4	7,9	11,8	19,8	29,6	39,5
	150–300	1,6	3,1	6,2	9,3	15,5	23,3	31
	> 300	1,4	2,7	5,4	8,1	13,5	20,2	27
	10–15	5	10	20	30	50	75	100
	15–25	3,8	7,5	15	22,5	37,5	56,3	75
	25–50	2,8	5,7	11,4	17,1	28,5	42,7	57
2–3	50–150	2,3	4,5	9	13,5	22,5	33,8	45
	150–300	1,9	3,8	7,5	11,3	18,8	28,1	37,5
	> 300	1,5	3	6	9	15	22,5	30
	10–15	9,4	18,8	37,6	56,5	94	141	188
	15–20	7	13,9	27,8	41,7	69,5	104,2	139
	20–30	5	9,9	19,8	29,7	49,5	74,2	99
	30–50	3,7	7,3	14,6	21,9	36,5	54,7	73
3–4	50–120	2,8	5,6	11,2	16,8	28	42	56
	120–300	2,2	4,4	8,8	13,2	22	33	44
	> 300	1,6	3,2	6,4	9,6	16	24	32

Таблица 16

Удельная мощность общего равномерного освещения.

Светильник НСП07 (учтены значения

 $\rho_n = 50\%$ ;  $\rho_c = 30\%$ ;  $\rho_p = 10\%$ ;  $k = 1,3$ ;  $z = 1,15$ )

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
	10–17	3,6	7,2	12,2	16,4	26	36,9	49,2
	17–25	3	5,8	10,2	13,8	21,8	32,5	43,3
	25–35	2,6	4,7	8,6	11,9	18,7	28,4	37,8
4–6	35–50	2,3	4,1	7,5	10,4	15,9	25	33,3
	50–80	1,9	3,3	6,1	8,6	12,9	20,2	27
	80–150	1,4	2,5	4,8	6,8	10,4	15,2	20,3
	150–400	1,1	2	3,9	5,4	8,2	12,2	16,2
	>400	0,9	1,7	3,1	4,4	6,8	10,1	13,4
	25–35	2,9	5,5	10,4	15	23,2	34,8	46,4
	35–50	2,6	4,8	9	12,8	21	31,5	42
	50–65	2,3	4,4	7,8	11	19,1	28,6	38,2
	65–90	2,1	4	7	9,5	17,1	25,6	34,2
6–8	90–135	1,7	3,3	5,8	8,2	14,2	21,3	28,4
	135–250	1,3	2,6	4,5	6,4	10,8	16,3	21,7
	250–500	1,1	2,1	3,7	5,3	8,6	12,8	17,1
	>500	0,9	1,7	2,9	4,2	7	10,5	14
	50–70	2,9	4,8	9,4	14,2	23,6	35,4	47,2
	70–100	2,5	4,3	8,5	12,7	21,2	31,8	42,4
	100–130	2,2	3,9	7,7	11,5	19,2	28,8	38,4
8–12	130–200	1,9	3,4	6,7	10,1	16,8	25,3	33,7
	200–300	1,6	2,8	5,5	8,2	13,6	20,5	27,3
	300–600	1,2	2,2	4,1	6,1	10,2	15,2	20,3
	600–1500	1	1,7	3,2	4,9	8,1	12,2	16,2
	>1500	0,8	1,4	2,7	4	6,7	10,1	13,4

Таблица 17

Удельная мощность общего равномерного освещения при освещенности 100 лк. Светильники с лампами ДРЛ (учтены значения  $\rho_n = 50\%$ ;  $\rho_c = 30\%$ ;  $\rho_p = 10\%$ ;  $k = 1,3$ ;  $z = 1,15$ )

$h, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	Удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup> , для светильников типа					
		УПДРЛ	РСП05/ КОЗС35ДРЛ	РСП08/ГО3- СП08/Г5'3	РСП05/ ГОЗС34ДРЛ	РСП07; РСП03/Л100 РСП08/Л5'0	РСП05/ДО3; СД2РТС; РСП08/ДО3; СД2ДРЛ; РСП08/Д5'3
	50–65	13	7,3	8,3	6,7	16,3	11,2
	65–90	11,2	6,8	7,2	6,3	13,7	9,9
	90–135	9,4	6,2	6,5	5,9	11,3	8,8
6–8	135–250	7,9	5,6	5,9	5,3	9,2	7,5
	250–500	6,7	5	5,2	4,9	7,2	6,4
	>500	5,4	4,5	4,6	4,3	5,7	5,3
	70–100	15,8	7,9	10,6	7,4	20,8	13,7
	100–130	13,1	7,4	8,4	6,8	16,5	11,2
	130–200	11,2	6,7	7,1	6,2	13,4	9,9
8–12	200–300	9,3	6,1	6,4	5,7	10,9	8,7
	300–600	7,8	5,5	5,8	5,3	8,8	7,4
	600–1500	6,2	4,8	5,1	4,7	6,8	6,1
	>1500	5,3	4,4	4,5	4,2	5,4	5,1
	130–200	16	8	10,8	7,5	21,4	14
	200–350	12,4	7,1	8,1	6,5	15,3	10,7
12–16	350–600	9,4	6,2	6,4	5,8	11,3	8,7
	600–1300	7,5	5,4	5,7	5,2	8,7	7,3
	1300–4000	6	4,8	4,9	4,6	6,5	5,7
	>4000	5,2	4,3	4,4	4,1	5,2	4,9

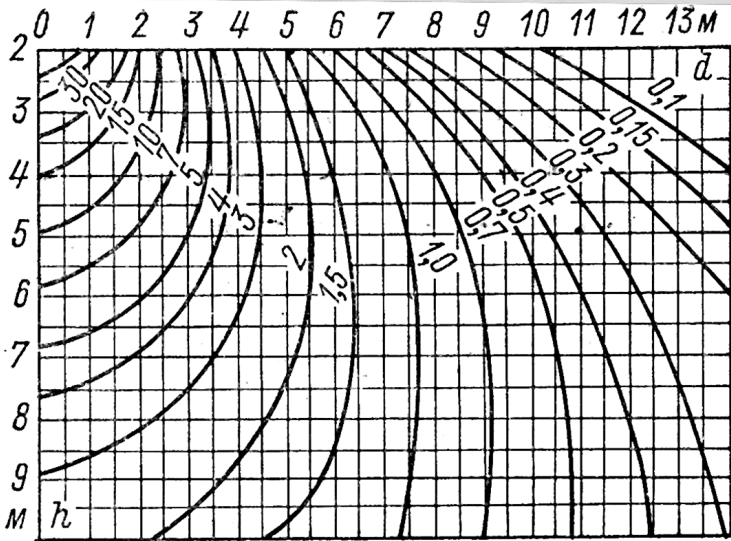


Рис. 1. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильники У, УПМ15, УП-24, «Астра-1,11,12»

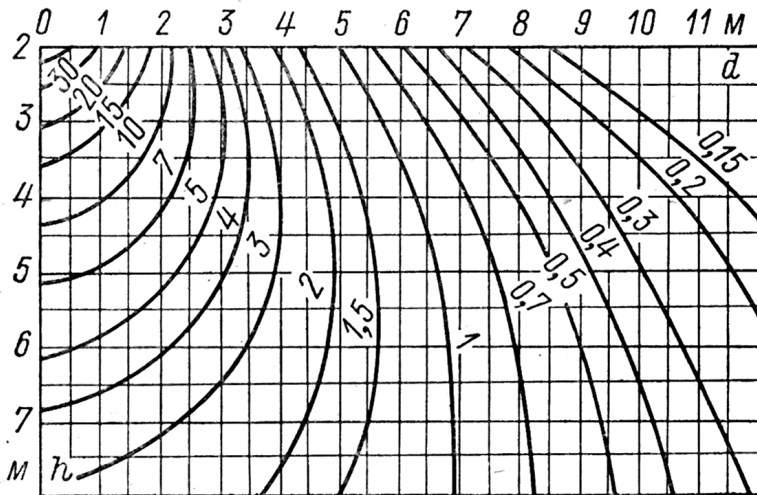


Рис. 2. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильник У15

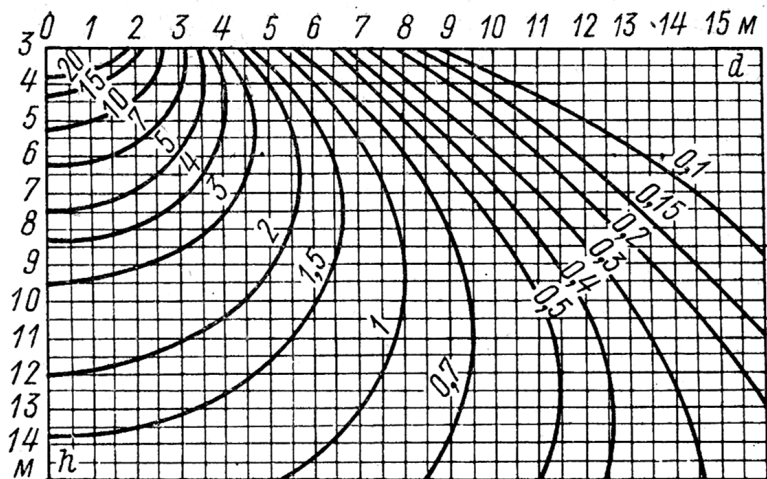


Рис. 3. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильник УПДДРЛ

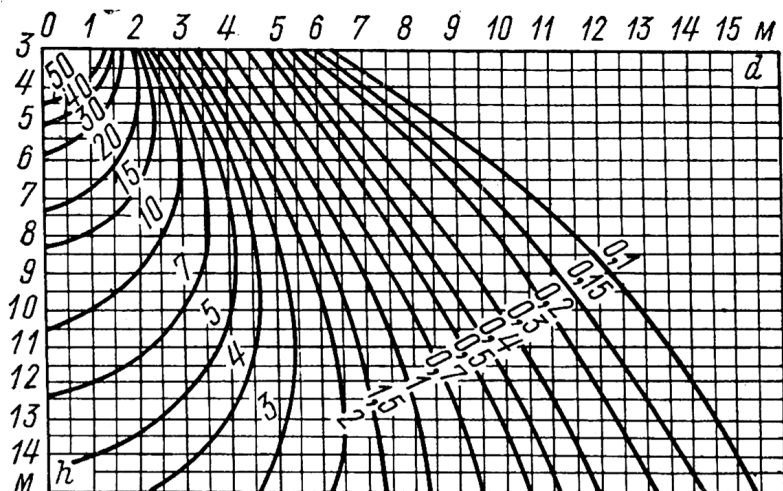


Рис. 4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильники РСП05/К03, С35ДРЛ

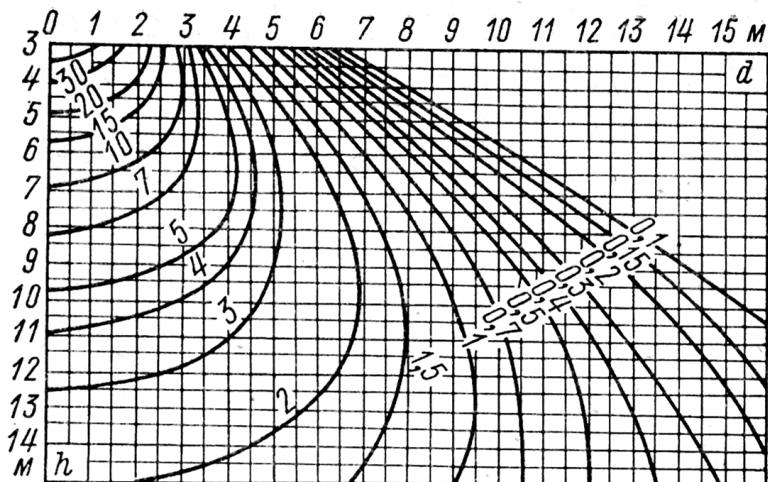


Рис. 5. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильники РСП08/Г03, РСП08/Г5'3

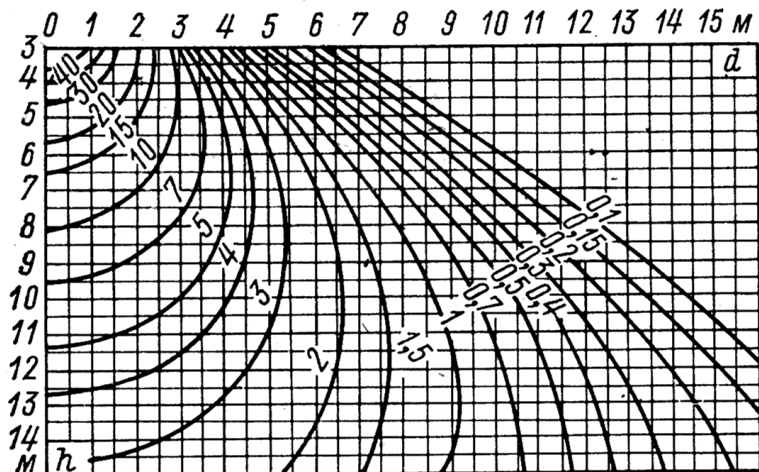


Рис. 6. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильники РСП05/Г03, С34ДРЛ



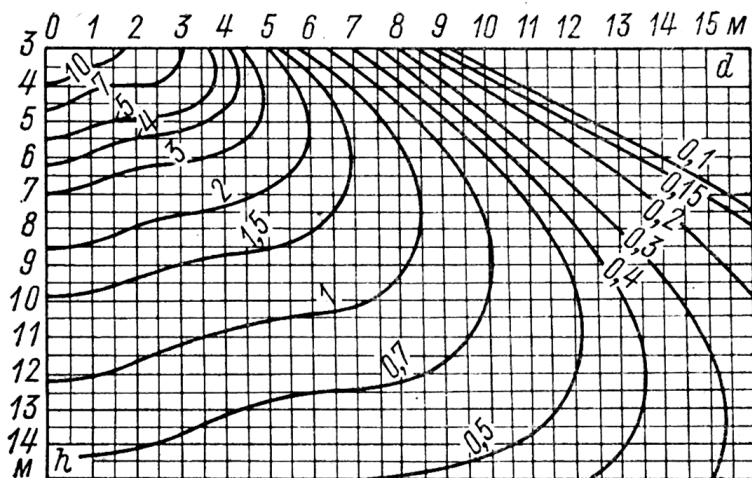


Рис. 7. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильники РСП07, РСП08/Л00, РСП08/Л5'0

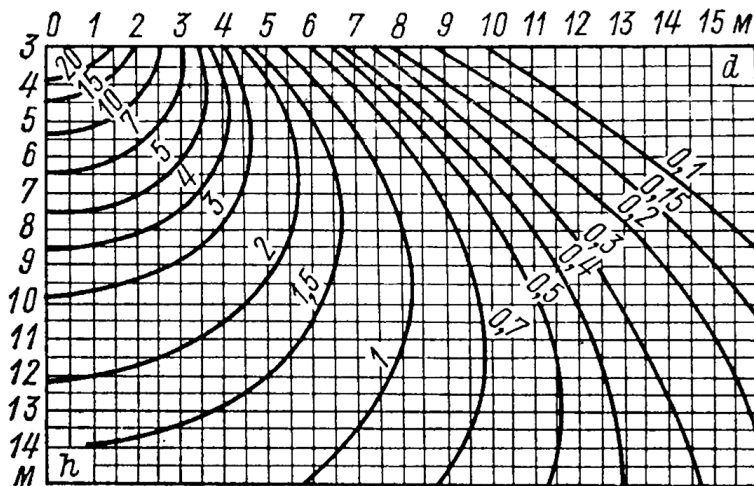


Рис. 8. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Светильники РСП05/Д03, РСП08/Д03, РСП08/Д5'3, СД2ДРЛ, СД2ПТС

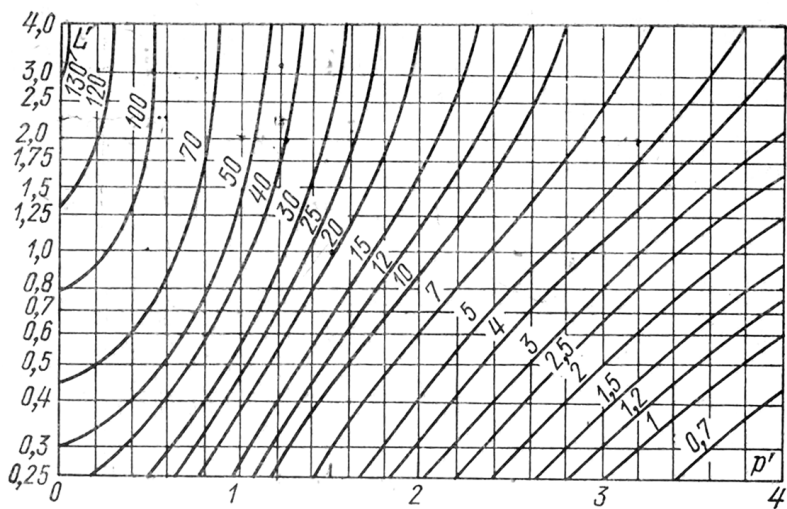


Рис. 9. Линейные изолюксы для светильников ПВЛМ с 2 лампами ЛБР

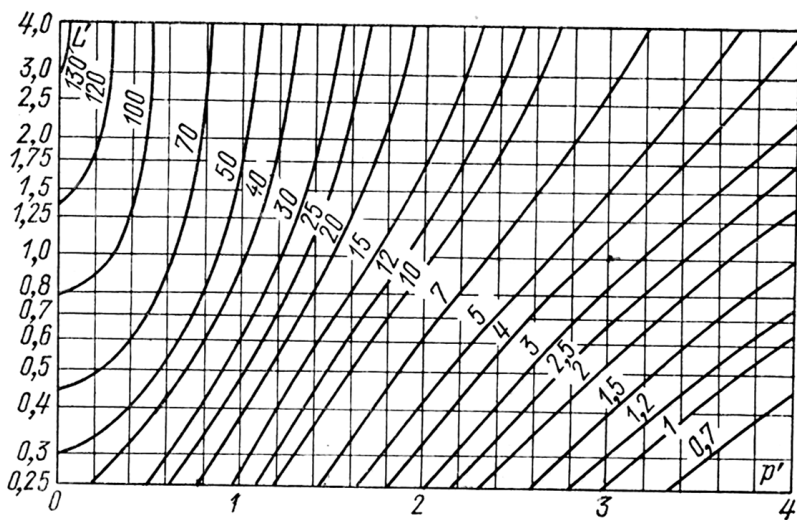


Рис. 10. Линейные изолюксы для светильников ПВЛМ с 1 лампой ЛБР

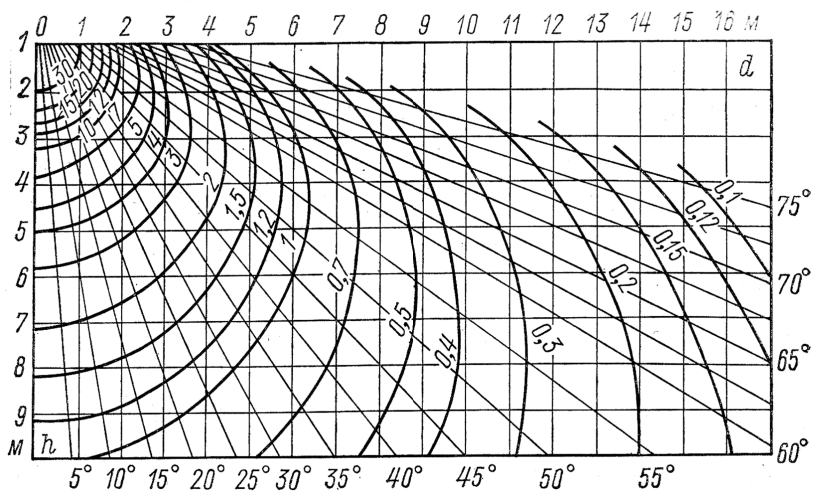


Рис. 11. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности. Сила света светильника по всем направлениям — 100 кд