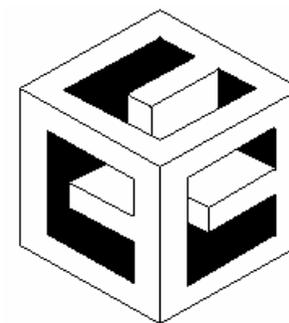


**И. С. ЕВДАСЕВ, В. М. ОВЧИННИКОВ,  
В. С. МОГИЛА, М. А. ПАВЛОВ**

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Часть 1. СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА**

**Пособие для самостоятельной работы студентов  
по курсу «Основы энергосбережения»**



**Гомель 2003**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Научно-исследовательский центр  
экологической безопасности и энергосбережения на транспорте  
Кафедра “Электрический подвижной состав”

И. С. ЕВДАСЕВ, В. М. ОВЧИННИКОВ,  
В. С. МОГИЛА, М.А. ПАВЛОВ

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Часть 1

### СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Пособие для самостоятельной работы студентов  
по курсу «Основы энергосбережения»

Одобрено методической комиссией механического факультета

Гомель 2003

Рецензент – **Л. В. Шенец**, кандидат технических наук, начальник Гомельского областного управления по энергоэффективности.

Э – 653 **Энергосбережение. Ч. I. Современные источники света: Пособие для самостоятельной работы студентов по курсу «Основы энергосбережения»/ Евдасев И. С., Овчинников В. М., Могила В. С., Павлов М. А.** – Гомель: БелГУТ, 2003. – 76 с.

Даны краткие теоретические сведения по широко используемым в настоящее время источникам света, а также по появившимся в последнее десятилетие на рынке светотехнической продукции энергоэффективным источникам света: компактным люминесцентным лампам, трубчатым люминесцентным лампам с уменьшенным диаметром колбы, безэлектродным индукционным люминесцентным лампам, безэлектродным СВЧ-газоразрядным (серным) лампам, суперярким светоизлучающим диодам. По широкой номенклатуре современных источников света ведущих мировых производителей приведены справочные данные, которые необходимы для выполнения инженерных расчетов при проектировании или реконструкции освещения.

Предназначено для студентов механических специальностей при изучении дисциплины "Основы энергосбережения" и выполнении раздела охраны труда дипломных проектов, может быть полезно для инженерно-технических работников предприятий, учреждений и организаций.

**УДК 621.311: 621.3.084.852**

© И. С. Евдасев, В. М. Овчинников, В. С. Могила, М. А. Павлов, 2003.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список общих сокращений .....	4
Введение .....	5
1 Современные источники света .....	7
1.1 Лампы накаливания .....	7
1.1.1 Лампы накаливания общего назначения .....	7
1.1.2 Галогенные лампы накаливания .....	10
1.2 Люминесцентные лампы .....	11
1.2.1 Люминесцентные лампы с диаметром колбы 40 мм .....	14
1.2.2 Люминесцентные лампы с диаметром колбы 26 мм .....	14
1.2.3 Люминесцентные лампы с диаметром колбы 16 мм .....	16
1.2.4 Рефлекторные люминесцентные лампы .....	17
1.2.5 Люминесцентные лампы с амальгамой .....	17
1.2.6 Компактные люминесцентные лампы .....	18
1.2.7 Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы .....	19
1.3 Ртутные лампы высокого давления .....	21
1.3.1 Ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью .....	21
1.3.2 Ртутно-вольфрамовые лампы .....	23
1.4 Металлогалогенные лампы .....	24
1.5 Натриевые лампы .....	26
1.5.1 Натриевые лампы низкого давления .....	26
1.5.2 Натриевые лампы высокого давления .....	27
1.6 Ксеноновые лампы .....	29
1.7 Безэлектродные СВЧ-газоразрядные лампы .....	30
1.8 Светоизлучающие диоды .....	33
2 Рекомендации по применению некоторых типов источников света на предприятиях железнодорожного транспорта .....	36
2.1 Применение натриевых ламп высокого давления .....	36
2.2 Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы .....	37
2.3 Применение суперярких светоизлучающих диодов .....	37
3 Мероприятия по экономии электроэнергии в осветительных установках .....	38
Приложение А Термины и определения .....	43
Приложение Б Основные параметры источников света .....	45
Приложение В Типы цоколей .....	71
Приложение Г Типы компактных люминесцентных ламп .....	72
Приложение Д Коэффициенты использования светового потока .....	73
Список литературы .....	75

## СПИСОК ОБЩИХ СОКРАЩЕНИЙ

БИЛЛ	– безэлектродные индукционные люминесцентные лампы
ГЛН	– галогенная лампа накаливания
ДКсТ	– дуговая ксеноновая трубчатая лампа
ДРЛ	– дуговая ртутная люминесцентная лампа
ИК	– инфракрасное излучение
ИС	– источник света
КСС	– кривая силы света
ЛЛ	– люминесцентная лампа
ЛН	– лампа накаливания
МГЛ	– металлогалогенная лампа
НЛВД	– натриевая лампа высокого давления
НЛНД	– натриевая лампа низкого давления
ОП	– осветительный прибор
ОСТ	– отраслевой стандарт
ОУ	– осветительная установка
ПРА	– пускорегулирующий аппарат (электромагнитный)
РЛ	– разрядная лампа
РЛВД	– разрядная лампа высокого давления
РЛНД	– разрядная лампа низкого давления
БГЛСВЧ	– безэлектродная газоразрядная лампа сверхвысокой частоты
СД	– светоизлучающие диоды
ССД	– суперяркие (сверхяркие) светоизлучающие диоды
СНБ	– строительные нормы Беларуси
УФ	– ультрафиолетовое излучение
ЭПРА	– электронный пускорегулирующий аппарат

## ВВЕДЕНИЕ

Расходы электрической энергии на освещение производственных цехов и отделений, а также наружных территорий предприятий железной дороги можно разделить на условно-постоянные и переменные. К условно-постоянным (не зависящим от объемов производства) относятся расходы электроэнергии на освещение наружных территорий депо, станций и других объектов, а также энергозатраты в ОУ основных и вспомогательных производственных цехов предприятий железной дороги. К переменным расходам относятся энергозатраты на освещение сортировочных горок, местное освещение, а также основных и вспомогательных производственных цехов при условии использования секционного включения освещения в них. Необходимо отметить, что доля условно-постоянных расходов электроэнергии для целей освещения на большинстве предприятий во много раз превышает переменные, т. е. предприятие не может влиять на объемы потребляемой электроэнергии в ОУ при изменении объемов производства. Следовательно, при снижении объемов производства увеличиваются удельные расходы энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции или оказываемой услуги, что ведет к росту себестоимости этой продукции (услуги) и снижению ее конкурентоспособности на рынке.

Единственным выходом из данной ситуации является энергосбережение, которое заключается в снижении удельных расходов энергоресурсов на производимую продукцию или оказываемые услуги путем целенаправленного проведения организационно-технических мероприятий по экономии энергоресурсов, в том числе на цели освещения.

Рекомендации по применению энергоэффективных ОУ на предприятиях железнодорожного транспорта предлагаемые 10 – 20 лет назад, в настоящее время не позволяют получить требуемых уровней экономии электроэнергии. Исходной ситуацией при рассмотрении внедрения более экономичного осветительного оборудования в последние десятилетия XX века являлось наличие осветительных приборов в цехах и отделениях предприятий с ЛН. Согласно СНБ 2.04.05-98 в настоящее время применение ЛН для освещения

производственных объектов «допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп» [15].

Сегодняшняя исходная ситуация при рассмотрении мероприятий по усовершенствованию освещения в большинстве случаев предполагает наличие в малых производственных отделениях светильников с ЛЛ мощностью от 18 до 80 Вт, а в больших производственных цехах светильников с газоразрядными лампами типа ДРЛ мощностью от 250 до 700 Вт. Необходимо также отметить сегодняшнюю особенность замены ОУ, которая заключается в повышении требований к уровню освещенности производственных цехов в соответствии с СНБ 2.04.05.98. Повышение норм освещенности основных производственных цехов в среднем на 50 лк [15] требует модернизации существующего освещения не только с точки зрения уменьшения потребляемой мощности при достигнутом уровне освещенности, но и повышения светового потока ОП по отношению к установленным. Исходя из выше указанных требований, необходимо внедрять ОП с большим коэффициентом полезного действия, ЭПРА, современные ИС с повышенной световой отдачей от 60 до 130 лм/Вт.

В предлагаемом пособии приведен аналитический обзор современных ИС и даны рекомендации по их применению на предприятиях железнодорожного транспорта. По широкому перечню ИС, выпускаемых в странах СНГ и ведущими мировыми производителями светотехнической продукции, в пособии содержатся теоретические и справочные данные, которые необходимы для инженерных расчетов при проектировании и реконструкции освещения.

Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Основы энергосбережения» и выполнении раздела охраны труда в дипломном проекте. При написании данного пособия авторы преследовали цели ознакомить студентов (новое поколение инженерно-технических работников предприятий железнодорожного транспорта) с современными энергоэффективными ИС и дать понятие об основных направлениях экономии электроэнергии в ОУ.

Коллектив авторов выражает огромную благодарность В. А. Ивлеву и Е. И. Ничипоруку за помощь по набору и редактированию справочных материалов пособия.

Отзывы и предложения по содержанию пособия просьба направлять по адресу:

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34, БелГУТ, НИЦ ЭиЭТ  
факс (8-0232) 95-36-68,  
e-mail: eis@fromru.com (И.С. Евдасев)  
e-mail: eps@belsut.gomel.by

## 1 СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

### 1.1 Лампы накаливания

Лампы накаливания являются на сегодняшний день самыми массовыми из применяемых источников света. Массовость и более столетняя история развития ЛН свидетельствуют о некоторых преимуществах этих ИС, из которых в первую очередь необходимо выделить:

- 1) включение в сеть без дополнительных аппаратов;
- 2) низкая стоимость;
- 3) небольшие первоначальные затраты при оборудовании ОУ;
- 4) удобство в эксплуатации;
- 5) разнообразие конструкций (вакуумная моноспиральная, газополная аргоновая моноспиральная, аргоновая биспиральная, криптоновая биспиральная, кварцевые галогенные; в матированной колбе, в колбе молочного цвета, с зеркальным покрытием и т. п.);
- 6) широкая номенклатура по напряжениям от 1 до 380 В;
- 7) широкий диапазон ламп по мощностям от 0,5 до 10000 Вт;
- 8) высокая стабильность светового потока за срок службы (для вакуумных ламп общего назначения от 0,87 до 0,9, для газополных – от 0,91 до 0,95 [16]).

Основными недостатками ЛН являются:

- 1) малый срок службы (для ЛН общего назначения средний срок службы составляет 1000 ч, для крупногабаритных галогенных ламп – от 200 до 2000 ч);
- 2) низкая световая отдача (для ЛН общего назначения до 20 лм/Вт).

#### 1.1.1 Лампы накаливания общего назначения

ЛН с вольфрамовыми телами накаливания являются разновидностью электрических тепловых излучателей. Классификация ЛН по назначению приведена в таблице 1.1.

В маркировке ламп накаливания отражаются следующие технические параметры:

первый элемент<sup>1)</sup> – от одной до четырех букв – характеризует лампу по важнейшим физическим и конструктивным особенностям (В – вакуумная моноспиральная, Г – газополная аргоновая моноспиральная, Б – аргоновая биспиральная, БК – биспиральная криптоновая, МТ – в матированной колбе, МЛ – в колбе молочного цвета, О – в опаловой колбе и т. п.);

второй элемент – от одной до двух букв – определяет назначение ламп

<sup>1)</sup> Ряд ламп, особенно специального назначения, первого элемента в обозначении не имеют.

(Ж – железнодорожная, А – автомобильная, КМ – коммутаторная, ПЖ – прожекторная, СМ – самолетная и т. д.);

третий элемент – цифровое выражение – определяет номинальное напряжение в вольтах и через дефис – номинальную мощность в ваттах, либо силу света в канделах, ток в амперах, или световой поток в люменах; для двухспиральных ламп после номинального напряжения указывают параметры первой и второй спиралей, соединенные знаком «+»;

четвертый элемент<sup>1)</sup> – отделенная дефисом от третьего элемента цифра указывает порядковый номер доработки.

Т а б л и ц а 1.1 – Классификация ламп накаливания по назначению

Наименование группы	Характерные представители группы
Лампы общего назначения	Вакуумные, газополные, галогенные лампы общего освещения
Лампы местного освещения	Лампы для освещения рабочих мест
Транспортные лампы	Автомобильные, железнодорожные, судовые, самолетные
Лампы для сигнализации и индикации	Миниатюрные, сверхминиатюрные, коммутаторные, световые, маячные, специальные сигнальные
Лампы для оптических систем и приборов	Кинопроектные, малогабаритные, прожекторные, лампы-фары, зеркальные
Метрологические лампы	Светоизмерительные лампы силы света и светового потока, пирометрические лампы, лампы с окнами-фильтрами, лампы «черное тело»
Лампы для технологических целей	Инфракрасные зеркальные лампы, галогенные лампы ИК излучения, лампы для фотографии и т.д.
Лампы для специальных светотехнических систем и установок	Лампы рудничные, для подводного освещения, для эксплуатации при высоких температурах, давлениях и разрежениях

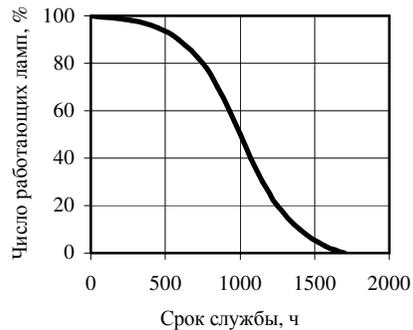


Рисунок 1.1 – Типичная кривая выхода ЛН из строя при эксплуатации

Основные светотехнические параметры ЛН общего назначения и железнодорожных приведены в таблицах Б.1 и Б.2.

Параметры долговечности ламп принято характеризовать средним сроком службы  $\tau$ , который для ЛН общего назначения составляет 1000 ч. Типичная кривая выхода ЛН из строя приведена на рисунке 1.1 согласно справочным данным [16]. Из приведенной зависимости следует, что за средний срок службы можно

<sup>1)</sup> Для ламп, разработанных впервые, четвертый элемент отсутствует.

принять отрезок времени, в течение которого выходит из строя 50 % ламп из партии, поставленной на испытание.

Энергоэффективность ламп характеризуется световой отдачей  $\eta_v$ . ЛН общего назначения являются наименее эффективными. Малая световая отдача до 20 лм/Вт объясняется значительными потерями энергии на тепловое излучение при прямом нагреве нити накаливания. Энергетические балансы ЛН приведены в таблице 1.2 согласно справочной литературе [16]. Из данных таблицы следует, что в ЛН преобразуется в видимое излучение не более 13 % расходуемой энергии.

Т а б л и ц а 1.2 – Энергетические балансы ЛН

Составляющая баланса	Значение, %			
	вакуумная ЛН	моноспиральная аргонная ЛН	биспиральная аргонная ЛН	криптоновая и ксеноновая ЛН
Видимое излучение	7	10	12	13
Тепловое излучение	91	68	74	76
Потери на нагрев держателей и электродов	2	3	2	2
Потери в газе	–	19	12	9
Общая потребленная энергия	100	100	100	100

Физическая основа работы ЛН такова, что все параметры лампы зависят от температуры тела накаливания  $T$ , которая в большинстве случаев обусловлена напряжением сети  $U$ . Требования к эксплуатации осветительных сетей оговаривают предельные длительные отклонения напряжения до  $\pm 10\%$  от номинального значения. При соблюдении данных условий для основных параметров ЛН справедливы следующие соотношения [7, 16]:

$$P/P_0 = (U/U_0)^{1,6}, \quad (1.1)$$

$$\Phi/\Phi_0 = (U/U_0)^{3,6}, \quad (1.2)$$

$$\eta_v/\eta_{v0} = (U/U_0)^2, \quad (1.3)$$

$$\tau/\tau_0 = (U/U_0)^{-(11,2 \div 14,8)}, \quad (1.4)$$

где  $P_0, P$  – мощность, потребляемая ЛН при номинальном и фактическом уровнях напряжения соответственно, Вт;

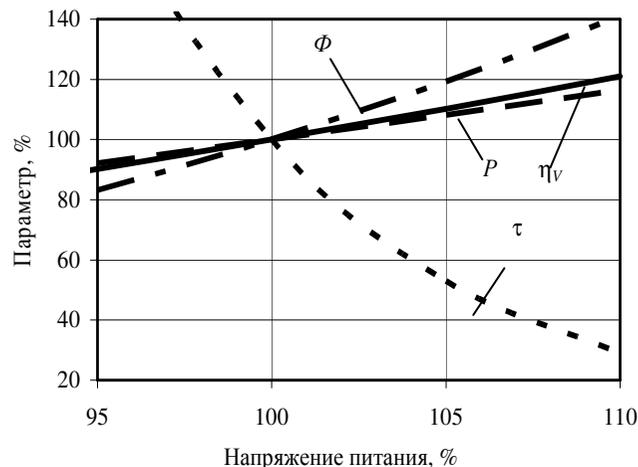
$U_0, U$  – номинальное и фактическое значение напряжения соответственно, В;

$\Phi_0, \Phi$  – световой поток ЛН при номинальном и фактическом уровнях напряжения соответственно, лм;

$\eta_{v0}, \eta_v$  – световая отдача ЛН при номинальном и фактическом уровнях напряжения соответственно, лм/Вт;

$\tau_0, \tau$  – средний срок службы ЛН при номинальном и фактическом уровнях напряжения соответственно, ч.

Зависимости параметров лампы накаливания от напряжения сети в графическом виде, построенные по формулам (1.1) – (1.4) представлены на рисунке 1.2.



$P$  – мощность, потребляемая лампой;  $\Phi$  – световой поток;  
 $\eta_v$  – световая отдача;  $\tau$  – средний срок службы

Рисунок 1.2 – Зависимости светотехнических и электрических параметров ЛН от напряжения сети

### 1.1.2 Галогенные лампы накаливания

Наиболее эффективными из разновидностей ЛН являются на сегодняшний день ГЛН (рисунок 1.3), в которых на стенке колбы образуются летучие соединений – галогениды вольфрама. Галогениды вольфрама испаряются и разлагаются на теле накаливания, возвращая ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама.

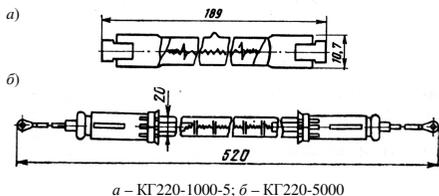


Рисунок 1.3 – Общий вид ГЛН типа КГ

- 1) стабильный в течение срока службы световой поток;
- 2) повышенный в сравнении с обычными ЛН срок службы в 2 – 3 раза;
- 3) малые размеры;
- 4) более высокую термостойкость и механическую прочность благодаря кварцевой колбе;

5) прочная колба позволяет увеличить давление ксенона и получать более высокую светоотдачу до 28 лм/Вт.

Основным недостатком ГЛН является их сильная зависимость от положения горения. Отклонение от горизонтального положения более чем на 4 градуса значительно снижает срок службы лампы. Зависимость параметров ГЛН от напряжения сети такая же, как у ЛН общего назначения (см. рисунок 1.2).

В маркировке ГЛН отражены следующие технические параметры:

первая буква – материал колбы (К – кварцевая);

вторая буква – вид галогенной добавки (И – йод, Г – галоген);

третья буква – область применения (О – облучательная) или конструктивная особенность (М – малогабаритная);

первая группа цифр – мощность в ваттах; сила света в канделах; ток в амперах; световой поток в люменах в зависимости от принятой маркировки для ламп соответствующего типа;

последняя цифра – порядковый номер разработки.

Внешний вид ГЛН типа КГ, применяемых для ОП внутреннего и наружного освещения и прожекторов, представлен на рисунке 1.3, а основные светотехнические параметры – в таблице Б.3.

### 1.2 Люминесцентные лампы

Люминесцентная ртутная лампа низкого давления представляет собой стеклянную цилиндрическую трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем люминофора. Люминофор, возбуждаемый ультрафиолетовым излучением электрического разряда в парах ртути, является основным источником видимого излучения этих ламп. Для зажигания и обеспечения нормального режима работы лампа включается в сеть с пускорегулирующей аппаратурой.

К достоинствам ЛЛ необходимо отнести:

- 1) высокая световая отдача до 100 лм/Вт;
- 2) большой срок службы до 18000 ч;
- 3) качественная цветопередача у отдельных моделей;
- 4) низкая яркость и температура поверхности колбы;
- 5) относительно низкая себестоимость изготовления.

ЛЛ имеют ряд недостатков: ненадежная работа в температурных диапазонах до 15 °С и свыше 25 °С, относительно низкая стабильность светового потока в течение срока службы, сложность утилизации из-за наличия ртути, необходимость применения ПРА. Данные недостатки характерны для большинства выпускаемых серий ЛЛ и, в первую очередь, для ламп, выпуск которых начался во второй половине 70-х годов XX века. Сегодня производители ЛЛ предлагают на рынок лампы с амальгамной смесью, которые предназначены для эксплуатации при температурах от 30 до 60 °С [16], а надежное зажигание при низких температурах обеспечивается применением ЭПРА.

Значительного прогресса достигли производители ЛЛ в вопросе стабильности светового потока в течение срока службы. Так, если для ЛЛ с диаметром колбы 38 мм стабильность светового потока к концу срока службы составляла 0,6, то для ЛЛ с диаметром колбы 26 мм этот показатель увеличился до 0,85, а для серий TL-D Super 80 New Generation (Philips), Lumilux Plus (Osram), Polylux XI (General Electric Lichting) превысил значение 0,95.

Проблема экологической безопасности ЛЛ также успешно решается. В наиболее совершенных сериях ЛЛ содержание ртути снижено на 80 % [19].

Маркировка люминесцентных ламп, производимых в СНГ, включает следующие обозначения:

первая буква – тип лампы (Л – люминесцентная, ТЛ – сигнальные, ЛЛ – тлеющего разряда, ГР-20 – трубки для световой рекламы);

вторая буква – цвет излучения (Б – белый, ТБ – тепло-белый, ХБ – холодно-белый, Д – дневной, Е – естественно-белый, УФ – ультрафиолетовый, К – красный, С – синий, З – зеленый, Г – голубой);

третья группа букв – одна или две буквы Ц – высокое или очень высокое качество цветопередачи;

четвертый элемент – одна буква – особенности конструкции лампы (Р – рефлекторная; У – U-образная, К – кольцевая, Б – быстрого пуска, А – амальгамная);

пятый элемент – группа цифр – мощность лампы в ваттах.

Энергетическая эффективность люминесцентных ламп в первую очередь зависит от свойств люминофора. Более 60 % мощности лампы приходится на излучение резонансных линий ртути 253,7 нм и 184,9 нм, из которого галофосфатные люминофоры превращают в свет только третью часть (таблица 1.3).

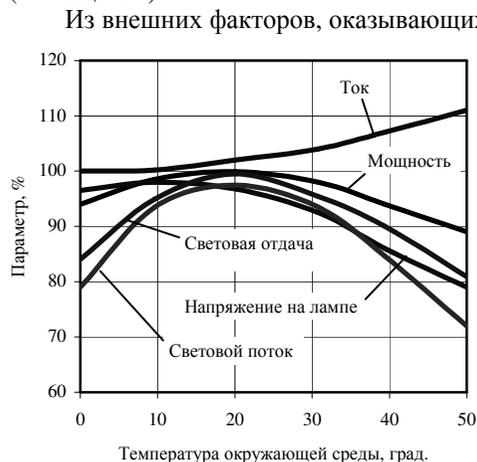


Рисунок 1.4 – Зависимость параметров ЛЛ от температуры окружающей среды

Из внешних факторов, оказывающих влияние на эффективность работы ЛЛ, можно выделить два наиболее значимых: напряжение питания и температура окружающей среды. Зависимость параметров ЛЛ от температуры окружающей среды приведена на рисунке 1.4 согласно справочным данным [16]. Значительное уменьшение светового потока и световой отдачи лампы от номинального значения при отклонении температуры окружающей среды от оптимальной обусловлено изменением температуры колбы ЛЛ, а следовательно, давления паров ртути в ней. Согласно справочным данным [16] при отклонении давления паров ртути от опти-

мума в большую или меньшую сторону сила излучения резонансных линий ртути уменьшается. Отметим, что 91,7 % мощности видимого излучения ЛЛ составляют преобразуемые люминофором резонансные линии ртути.

Таблица 1.3 – Энергетический баланс ЛЛ цветностью Б

Составляющая баланса	Значение, %			
	одна лампа* при частоте питающего напряжения		лампа с ПРА	лампа с ЭПРА
	50 Гц	более 20кГц		
Видимое излучение	21,0	24,2	16,2	21,47
Тепловое излучение	24,8	28,5	19,0	25,30
Конвекция и теплопроводность (потери на нагрев колбы, люминофора и электродов, потери в газе)	54,2	47,4	41,7	42,12
Потери в ПРА (ЭПРА)	–	–	23,1**	11,11
Общая потребленная энергия	100,0	100,0	100,0	100,00

\* Энергетические балансы составлены при частоте питающего напряжения 50 Гц для лампы ЛБ-40 согласно данным справочной литературы [16], при частоте более 20 кГц для лампы ЛБ-36.  
\*\* В балансах приведены средние потери в ПРА. Фактические потери в зависимости от типа ПРА и схемы включения для ЛЛ мощностью 40 Вт находятся в пределах от 22 до 38 % [16].

При эксплуатации ЛЛ в холодных помещениях или на открытом воздухе необходимо помнить, что при уменьшении температуры окружающей среды ниже 5 °С ЛЛ с электромагнитными ПРА могут не зажигаться.

Зависимости параметров ЛЛ, включенных с электромагнитным ПРА от напряжения сети, выведенные в соответствии со справочной литературой [5, 7, 8, 13, 16, 18], имеют следующий вид (рисунок 1.5):

$$P/P_0 = (U/U_0)^{1,9}, \quad (1.5)$$

$$Q/Q_0 = (U/U_0)^{4,5}, \quad (1.6)$$

$$\Phi/\Phi_0 = (U/U_0)^{1,5}, \quad (1.7)$$

$$\eta_v/\eta_{v0} = (U/U_0)^{-0,42}, \quad (1.8)$$

$$\tau/\tau_0 = (U/U_0)^{-3,3}, \quad (1.9)^1$$

где  $Q_0$ ,  $Q$  – реактивная мощность, потребляемая ЛЛ, при номинальном и фактическом уровнях напряжения соответственно, вар.

Потребляемая мощность ЛЛ с повышением напряжения в сети растет значительно интенсивнее, чем световой поток, что приводит к уменьшению световой отдачи ламп (см. рисунок 1.5) и нерациональному расходу электроэнергии на освещение. Кроме того, повышенное напряжение в сети приводит

<sup>1)</sup> Формула выведена по данным [5, 7, 8] и может быть использована в диапазоне 0,9 до 1,1 номинального напряжения сети. При напряжении сети меньше 90 % номинального зажигания лампы не обеспечивается, что может приводить к ее быстрому выходу из строя.

к большей нагрузке сетей реактивным током (см. формулу (1.6)), что вызывает дополнительные потери энергии [11].

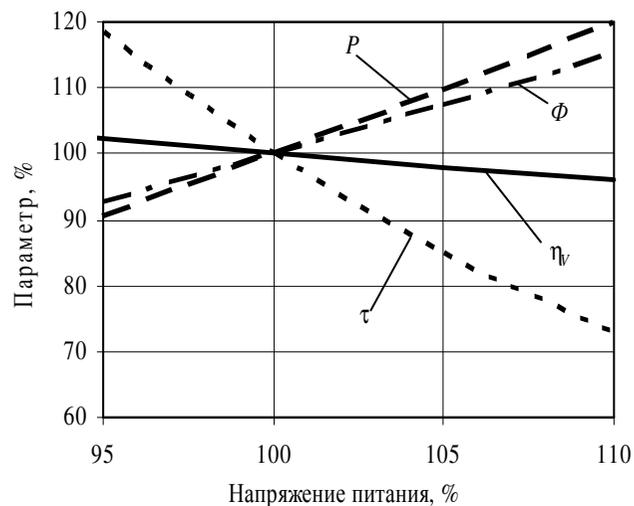


Рисунок 1.5 – Зависимости светотехнических и электрических параметров ЛЛ от напряжения сети

### 1.2.1 Люминесцентные лампы с диаметром колбы 40 мм

Линейные ЛЛ с диаметром колбы 40 мм (38 мм) получили наиболее широкое распространение в качестве источников света для общего освещения промышленных и общественных зданий. В этих лампах до второй половины 70-х годов XX века применялись галофосфатные люминофоры, что обуславливало относительно не высокие параметры ламп: световая отдача до 72 лм/Вт, спад светового потока в конце срока службы до 70 % от начального, общий индекс цветопередачи от 60 до 65, средний срок службы от 7000 до 12000 ч.

Современные серии линейных ЛЛ с диаметром колбы 40 мм обладают значительно лучшими параметрами (таблица Б.4), но являются менее энергоэффективными по сравнению с линейными ЛЛ с диаметром колбы 26 мм и 16 мм.

### 1.2.2 Люминесцентные лампы с диаметром колбы 26 мм

В 1978 году начался второй этап в развитии линейных ЛЛ: было освоено производство энергоэкономичных ламп с диаметром колбы 26 мм на новых трехкомпонентных люминофорах (гексагональных алюминатах). У этих ЛЛ удалось повысить световую отдачу до 100 лм/Вт [16] при одновременном улучшении качества цветопередачи и снижении спада светового потока

на 15 % от начального к концу срока службы. Срок службы ламп повышен до 12000 ч при работе с электромагнитным ПРА и до 15000 ч – с ЭПРА.

Основные технические параметры линейных ЛЛ с диаметром колбы 26 мм представлены в таблице Б.5.

Производители ЛЛ решают проблему энергоэффективности этих источников света не только повышением световой отдачи, но также добиваясь стабильности светового потока лампы в течение периода эксплуатации, увеличением срока службы лампы и обеспечением экологической безопасности, т. е. уменьшая эксплуатационные расходы на освещение.

Световая отдача современных серий ЛЛ с диаметром колбы 26 мм (GE Polylux XL и GE Polylux XL<sub>R</sub> (General Electric Lighting), TL-D Super 80 New Generation (Philips), Lumilux Plus (Osram), Luxlin (Sylvania) и т.д.) находится в диапазоне от 70 до 95 лм/Вт при работе ламп с электромагнитными ПРА и до 100 лм/Вт при работе с ЭПРА. Применение в этих лампах улучшенных трехкомпонентных люминофоров позволило также обеспечить высокий уровень качества цветопередачи ( $R_a > 80$ ).

По данным производителей, наличие в современных ЛЛ прозрачной защитной пленки между стеклом колбы и люминофором уменьшает абсорбцию ртути стеклом колбы, что позволяет увеличить срок службы ламп до 20000 ч (рисунок 1.6) при стабильности светового потока в течение срока службы больше 0,95 (рисунок 1.7).

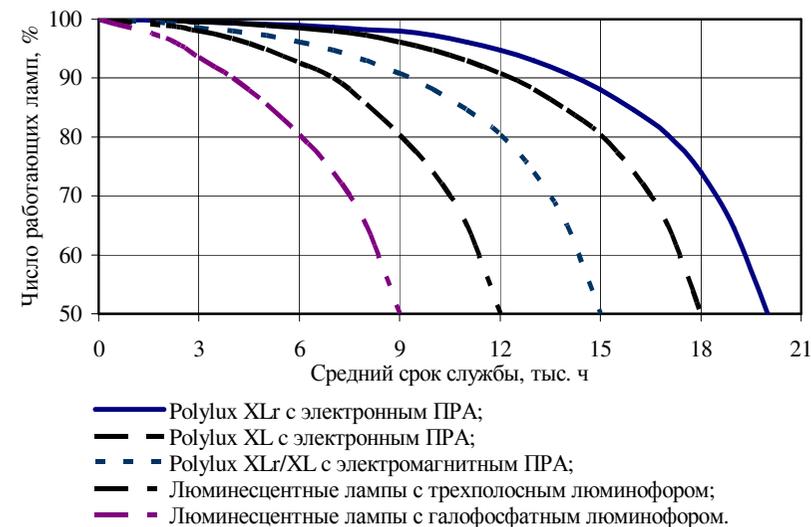


Рисунок 1.6 – Кривые выхода из строя ЛЛ диаметром 26 мм фирмы General Electric Lighting [24]

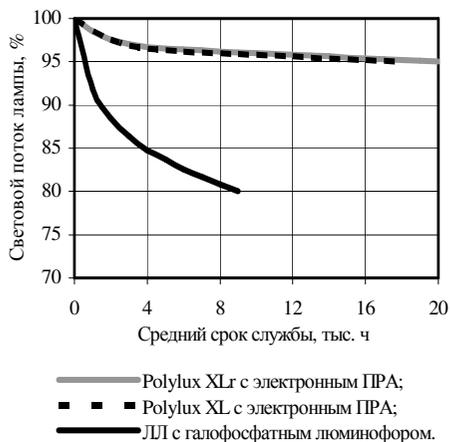


Рисунок 1.7 – Зависимости стабильности светового потока от срока службы для ЛЛЛ диаметром 26 мм фирмы General Electric Lighting [24]

Наряду с улучшением энергоэффективных показателей ЛЛЛ с диаметром колбы 26 мм достигнуты значительные успехи в области экологической безопасности этих ламп. За счет усовершенствования технологии дозирования ртути ее содержание снижено с 15 до 3–5 мг в одной лампе [19, 24].

### 1.2.3 Люминесцентные лампы с диаметром колбы 16 мм

Развитие ЛЛЛ с диаметром колбы 16 мм и уменьшенной длиной началось со второй половины 90-х годов XX века. В настоящее время выпускаются лампы мощностью 14, 21, 24, 28, 35, 39, 49, 54

и 80 Вт. Все ЛЛЛ с диаметром колбы 16 мм имеют двухштырьковый цоколь типа G5d (приложение В) и включаются только со специально разработанными для них ЭПРА, потери в котором не превышают 10–14%. При повышенной световой отдаче ламп до 104 лм/Вт и среднем сроке службы 16000 ч коэффициент стабильности светового потока в среднем составляет 0,95 [19]. Как и все ЛЛЛ с «трехполосным спектром», новые лампы обеспечивают высокое качество цветопередачи ( $R_a = 85$ ) и выпускаются с диапазоном излучения от тепло-белого (2700 К) до дневного (5500 К).

Основные технические параметры линейных ЛЛЛ с диаметром колбы 16 мм представлены в таблице Б.6.

Уменьшенный диаметр колбы новых ЛЛЛ на 40% и длина на 50 мм (по сравнению со стандартными размерами ламп диаметром 26 мм) позволяют более эффективно использовать их с зеркальными отражателями и экранирующими решетками, уменьшить габаритные размеры светильников, снизить расход всех исходных материалов при производстве ламп и светильников, обеспечить более рациональное использование складских помещений. При этом снижаются расходы на производство, транспортировку, хранение, эксплуатацию и утилизацию ЛЛЛ.

ЛЛЛ с диаметром колбы 16 мм являются более надежными в эксплуатации. ЭПРА обеспечивает зажигание лампы в диапазоне температур окружающей среды от минус 10 до 50 °С. Конструкционные особенности этих источников света обеспечивают максимальный световой поток в области температур от 30 до 35 °С [19], что позволяет применять их в закрытых светильниках без ухудшения светотехнических параметров.

Расчетные оценки и реализованные проекты ОУ с ЛЛ, имеющими диаметр колбы 16 мм, доказали их большую энергоэффективность. Высокая световая отдача ламп с диаметром колбы 16 мм, малые потери в ЭПРА, большой КПД светильников (у встраиваемых и потолочных не менее 75%, у подвесных до 87%) позволяют достигать для административных помещений высотой от 2,5 до 3,5 м удельных мощностей освещения не более 2 (Вт/м<sup>2</sup>)/100лк, а для производственных помещений с высотой до 14 м – не более 4 (Вт/м<sup>2</sup>)/100лк [19].

### 1.2.4 Рефлекторные люминесцентные лампы

Для освещения промышленных помещений большой высоты выпускаются ЛЛЛ с направленным светораспределением (лампы-светильники). Этот тип ЛЛЛ обозначен в классификации, принятой в странах СНГ, буквой «Р» – рефлекторные.

В верхней зоне между трубкой колбы и покрытием люминофора рефлекторной ЛЛЛ нанесен отражающий слой на базе диоксида титана (рисунок 1.8), что обеспечивает излучение через выходную щель 200 градусов более 80% светового потока лампы и увеличение силы света в направлении, перпендикулярном оси лампы, на 70% по сравнению с обычными лампами.

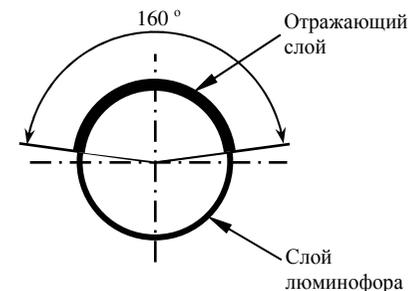


Рисунок 1.8 – Поперечное сечение ЛЛЛ рефлекторного типа

Основные технические параметры ламп типа ЛБР приведены в таблице Б.7. Технические параметры рефлекторных ламп зарубежных производителей приведены в таблице Б.8.

### 1.2.5 Люминесцентные лампы с амальгамой

Для освещения помещений с большими тепловыми выделениями выпускаются ЛЛЛ, в которых ртуть заменена амальгамой (сплавом ртути с другими металлами). Максимум светового потока в этих лампах находится в температурном диапазоне от 30 до 60 °С (рисунок 1.9), что обеспечивает более эффективную работу по сравнению с обычными ЛЛЛ.

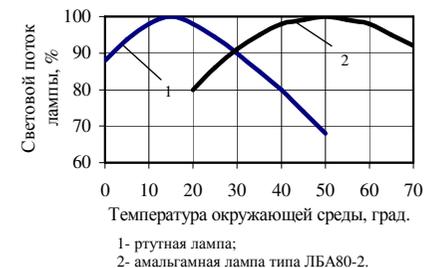


Рисунок 1.9 – Зависимость светового потока ЛЛЛ от температуры окружающей среды

### 1.2.6 Компактные люминесцентные лампы

Первые серийные КЛЛ появились на рынке ИС в 1981 г. Это были одноканальные КЛЛ со встроенным стартером, предназначенные для работы с выносным электромагнитным ПРА. От обычных линейных ЛЛ эти ИС отличались меньшими мощностями от 5 до 11 Вт и удобством в обслуживании из-за наличия одностороннего цоколя. Первоначальной целью выпуска КЛЛ являлась необходимость создания энергоэффективных ламп с относительно небольшим световым потоком для применения в бытовом секторе, т. е. непосредственной замены ЛН. В связи с этим производители КЛЛ особое внимание обратили на выпуск серии с встроенным ЭПРА и цоколем E27 (приложение В).

К достоинствам выпускаемых в настоящее время КЛЛ относятся:

- 1) широкий типовой ряд номинальных мощностей от 5 до 55 Вт, охватывающий диапазон световых потоков от 200 до 4800 лм;
- 2) хорошие энергоэффективные свойства ламп (таблица 1.4), высокая световая отдача от 50 до 87 лм/Вт для ламп с выносным ПРА и от 33 до 65 для ламп со встроенным ПРА;

Таблица 1.4 – Энергетический баланс КЛЛ

Составляющая баланса	Значение, %			
	одна лампа при частоте питающего напряжения		лампа с ПРА	лампа с ЭПРА
	50 Гц	более 20 кГц		
Видимое излучение	27,5	30,9	22,5	27,8
Тепловые потери в столбе разряда	41,4	46,2	33,8	41,6
Потери на нагрев колбы и потери в газе	31,1	23,0	25,4	20,7
Потери в ПРА (ЭПРА)	–	–	18,3	9,9
Общая потребленная энергия	100,0	100,0	100,0	100,00

- 3) большой срок службы до 8000 ч при работе ламп с электромагнитным ПРА и до 10000 ч – с ЭПРА;
- 4) спад светового потока в течение срока службы не более 20 % от начального значения;
- 5) при работе ламп с ЭПРА (частота питания более 20 кГц) значительно снижена пульсация светового потока и вероятность стробоскопического эффекта;
- 6) широкая гамма цветовых оттенков излучения с цветовой температурой от 2700 К («домашний» тепло-белый свет, максимально близкий к ЛН) до 6500 К («холодный» дневной свет) и высокое качество цветопередачи ( $R_a$  от 82 до 85);
- 7) небольшие габаритные размеры ламп (полная длина от 105 мм для ламп 5 Вт до 535 мм для ламп 55 Вт) и применение цоколя E 27, который

позволяет заменять ЛН в существующем светильнике;

- 8) возможность регулировки светового потока ламп с ЭПРА, в т.ч. по сигналу встроенного фотозлемента.

Из недостатков КЛЛ можно выделить: относительно высокая стоимость ламп, сложная зависимость световых и электрических параметров от температуры окружающей среды и положения горения.

КЛЛ значительно более критичны к температуре окружающего воздуха, чем обычные ЛЛ. Максимум светового потока у КЛЛ обычно соответствует диапазону температур окружающего воздуха от 15 до 30 °С (в зависимости от типа и положения горения) [19, 23, 24]. Работа КЛЛ принципиально возможна в любом положении горения, но при этом нужно учитывать температурную зависимость в конкретной эксплуатационной ситуации. Так, например, в светильнике внутреннего освещения обычную КЛЛ (без амальгамы) предпочтительнее размещать цоколем вверх, а в уличных светильниках наиболее целесообразным с точки зрения минимального спада светового потока при пониженных температурах является положение лампы цоколем вниз.

Уменьшить спад светового потока КЛЛ при применении их в закрытых светильниках, в которых температура на 15 – 20 °С больше температуры в помещении и превышает 30 °С, удалось применением внутри разрядной трубки вместо ртути амальгамной смеси ртути с металлом – индием и/или висмутом. По данным GE Lighting [24], КЛЛ с амальгамой излучают более 90 % максимального светового потока в диапазоне наружных температур от минус 5 до 65 °С независимо от положения горения. Зависимость светового потока КЛЛ с амальгамой от температуры окружающей среды приведена на рисунке 1.10.

Технические параметры КЛЛ наиболее крупных зарубежных и отечественных производителей приведены в таблице Б.9. Внешний вид основных типов КЛЛ представлен в приложении Г.

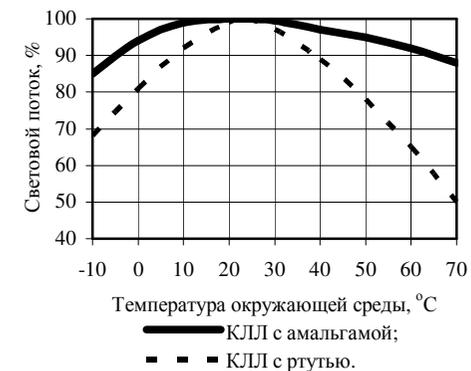


Рисунок 1.10 – Зависимость светового потока КЛЛ фирмы GE Lighting от температуры окружающей среды

### 1.2.7 Безэлектродные индукционные люминесцентные лампы

БИЛЛ появились на рынке светотехники в 1991 г., когда фирма Philips начала серийный выпуск первой в мире БИЛЛ мощностью 85 Вт типа

QL (Quality Lighting). В 1994 г. фирма GE Lighting разработала и начала серийное производство компактной БИЛЛ типа Genuga, снабженной цоколем E 27 (см. приложение В). Фирма Osram в 1997 г. выпустила БИЛЛ типа Endura, которая имеет форму вытянутого кольца.

В БИЛЛ для создания светового излучения используется комбинация двух физических процессов – электромагнитной индукции и электрического разряда в газе. Питание БИЛЛ осуществляется от ЭПРА, который представляет собой высокочастотный генератор. В основании лампы находится соленоидный индуктор на ферритовом сердечнике. Под действием тока генератора индуктор создает внутри колбы лампы высокочастотное электромагнитное поле, которое индуцирует в молекулярных парах ртути и инертного газа (ксенона) выход резонансного УФ излучения. Как и в обычной ЛЛ, в БИЛЛ УФ излучение преобразуется в видимое излучение при помощи люминофорного покрытия колбы.

Достоинствами БИЛЛ являются:

- 1) большой срок службы от 15000 до 60000 ч;
- 2) снижение светового потока к концу срока службы от 25 до 30 % [19];
- 3) процентная доля ламп, выходящих из строя к концу срока службы, не более 20 % [19];
- 4) хорошие энергоэффективные свойства (световая отдача до 80 лм/Вт);
- 5) стабильность светового потока лампы при различных температурах окружающей среды (рисунок 1.11), надежное зажигание ламп при низких температурах до минус 20 °С, при положительных температурах лампы зажигаются и перезагреваются практически мгновенно [19];

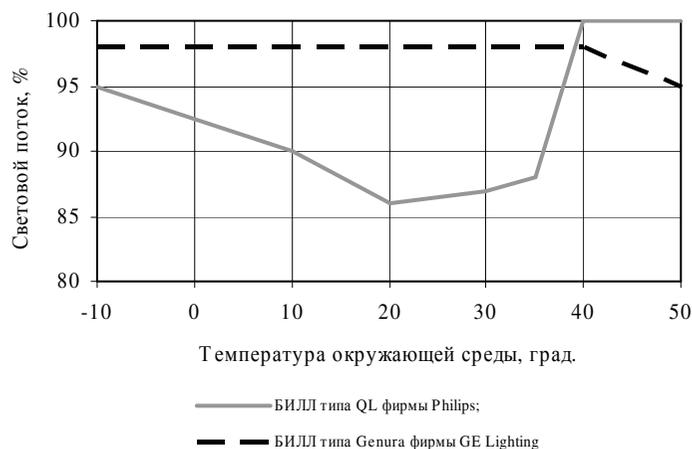


Рисунок 1.11 – Зависимость светового потока БИЛЛ от температуры окружающей среды

б) хорошие качества цветопередачи ( $R_a$  больше 80).

К недостаткам БИЛЛ можно отнести: относительно высокую стоимость ламп и наличие высокочастотного генератора.

Необходимо отметить, что БИЛЛ, являющиеся высокочастотным излучателем<sup>1)</sup>, за счет удачно решенной проблемы экранировки не создают помех для работы радио- и видеоаппаратуры, высокочувствительных электронных медицинских приборов и удовлетворяют требованиям к ограничению допустимых уровней электромагнитных полей, регламентируемым новыми Европейскими нормами EN 60555/2 и EN 55015.

Параметры БИЛЛ ведущих мировых производителей приведены в таблице Б.10.

Наиболее целесообразными областями применения БИЛЛ являются осветительные установки наружного освещения и объектов, где смена ламп связана с трудностью доступа к светильникам и значительными расходами на эти операции (высокие промышленные здания, туннели, станции метро, железнодорожные и авиавокзалы и т. п.).

### 1.3 Ртутные лампы высокого давления

Для наружного и общего освещения больших производственных цехов на сегодняшний день самыми массовыми ИС являются РЛВД. Это связано с тем, что при помощи ртутного разряда удается создать ИС: с хорошей эффективностью в видимой, УФ и близкой ИК областях спектра; различной мощности; достаточно компактные; со сроком службы в десятки тысяч часов; обладающие при необходимости весьма высокими яркостями.

Для целей освещения наиболее приемлемы РЛВД с исправленной цветностью типа ДРЛ и ртутно-вольфрамовые лампы ДРВ.

#### 1.3.1 Ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью

РЛВД с исправленной цветностью типа ДРЛ представляют собой ртутную горелку в виде трубки из прозрачного кварцевого стекла, смонтированную в колбе обычно эллипсоидной формы из тугоплавкого стекла (рисунок 1.12). На внутренней поверхности колбы нанесен слой люминофора, который преобразует УФ излучение ртутного разряда в недостающее излучение в красной части спектра. Качество исправления цветопередачи ламп типа ДРЛ определяется «красным отношением».



Рисунок 1.12 – Ртутная лампа с исправленной цветностью типа ДРЛ

Достоинствами ламп ДРЛ являются:

- 1) хорошая световая отдача до 60 лм/Вт;
- 2) большой срок службы от 6000 до 20000 ч;

<sup>1)</sup> Частота излучения БИЛЛ типа QL – 2,65 МГц, типа Genuga – 2,5 МГц, типа Endura – 250 кГц.

3) незначительное влияние на характеристики ламп изменения температуры окружающей среды в пределах от минус 30 до 20 °С;

4) лампы могут работать в любом положении, но при горизонтальном расположении несколько снижается световая отдача и срок службы.

К недостаткам ламп типа ДРЛ относятся:

1) снижение светового потока лампы к концу срока службы на 30 – 40 % [16];

2) значительная пульсация светового потока от 63 до 74 %;

3) необходимость включения с ПРА;

4) длительность разгорания при включении (от 5 до 10 мин) и при повторном зажигании (около 10 мин);

5) относительно низкое качество цветопередачи ( $R_a$  равно 42).

Маркировка дуговых ртутных ламп с исправленной цветностью включает следующие обозначения:

первый символ – Д – дуговая;

второй символ – Р – ртутная;

третий символ – Л – люминесцентная;

четвертая позиция – группа цифр – мощность лампы в ваттах;

пятая позиция – цифра в скобках – «красное отношение» в процентах;

шестая позиция – цифра через дефис – номер разработки.

Энергоэффективные свойства ламп ДРЛ можно считать относительно не высокими. Мощность, преобразуемая в видимое излучение, составляет 16,8 % от потребляемой лампой (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Энергетический баланс ламп типа ДРЛ-400

Составляющая баланса	Значение, Вт (%)	
	лампа	лампа с ПРА
Видимое излучение	67 (16,8)	67 (15,4 - 15,7)
ИК излучение разряда	57 (14,2)	57 (13,1 - 13,4)
ИК (тепловое) излучение колбы	203 (50,8)	203 (46,7 - 47,7)
Конвекция и теплопроводность	73 (18,2)	73 (16,8 - 17,1)
Потери в ПРА (ЭПРА)	-	26 - 35 (6,1 - 8,0)
Общая потребленная энергия	400 (100,0)	426 - 435 (100,0)

Основную часть светового потока лампы (около 88 %) составляет видимое излучение, создаваемое в дуговом разряде, что обуславливает сильную зависимость параметров лампы от напряжения питающей сети. Зависимости параметров лампы ДРЛ от напряжения сети, выведенные в соответствии со справочной литературой [7, 8, 13, 16, 18], имеют следующий вид (рисунок 1.13):

$$P/P_0 = (U/U_0)^2, \quad (1.10)$$

$$Q/Q_0 = (U/U_0)^{4,5}, \quad (1.11)$$

$$\Phi/\Phi_0 = (U/U_0)^{2,5}, \quad (1.12)$$

$$\eta_v/\eta_{v0} = (U/U_0)^{0,5}, \quad (1.13)$$

$$\tau/\tau_0 = (U/U_0)^{-3,3}. \quad (1.14)$$

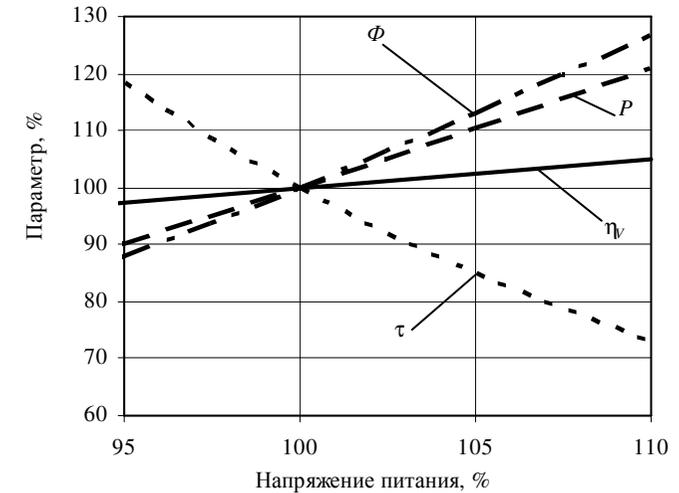


Рисунок 1.13 – Зависимости светотехнических и электрических параметров лампы ДРЛ от напряжения сети

Параметры ртутных ламп высокого давления с исправленной цветностью типа ДРЛ приведены в таблице Б.11. Аналоги ламп типа ДРЛ, выпускаемые ведущими производителями светотехнической продукции, представлены в таблице Б.12.

### 1.3.2 Ртутно-вольфрамовые лампы

Ртутно-вольфрамовые лампы представляют собой РЛВД «прямого включения», т. е. лампы, в которых ртутно-кварцевая горелка включается последовательно с вольфрамовой спиралью. Вольфрамовая спираль выполняет две функции: ограничительного сопротивления (балласта), благодаря чему отпадает необходимость в ПРА, и дополнительного источника излучения в красной части спектра. Этот тип ламп обладает несколько лучшей в сравнении с лампами ДРЛ цветопередачей. «Красное отношение» у отдельных серий достигает 10 – 13 %.

Недостатками ртутно-вольфрамовых ламп являются: относительно низкий срок службы от 3000 до 5000 ч, который определяется в основном сроком службы вольфрамовой спирали, и низкая световая отдача от 18 до 28 лм/Вт.

Условное обозначение ртутно-вольфрамовых ламп включает следующие элементы:

первый элемент – Д – дуговая;

второй элемент – Р – ртутная;

третий элемент – В – вольфрамовая;  
 четвертый элемент – Э – эритемная (создающая УФ излучение до 280 нм, близкое по своему действию к солнечному);  
 пятый элемент – Д (может отсутствовать) – диффузная;  
 шестой элемент – цифры – напряжение питания в вольтах;  
 седьмой элемент – цифры после дефиса – номинальная мощность в ваттах.

#### 1.4 Металлогалогенные лампы

В МГЛ (рисунок 1.14), которые являются разновидностью разрядных ламп, кроме ртути и аргона, внутрь колбы также вводятся галоидные соединения различных химических элементов (галогениды). Галогениды металлов испаряются легче, чем сами металлы, что повышает световую отдачу лампы. Вторым важным качеством галоидных соединений металлов является то, что они не разрушают кварцевое стекло, т. е. возможно применение щелочных (натрий, литий, цезий) и других агрессивных металлов (например, кадмий, цинк) и получение различных спектров излучения.

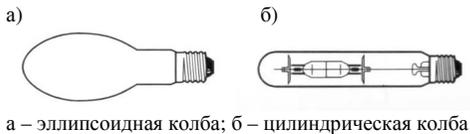


Рисунок 1.14 – Металлогалогенные лампы

Достоинствами МГЛ являются:

- 1) большая световая отдача лампы до 100 лм/Вт (среднее значение световой отдачи для различных мощностей ламп около 80 лм/Вт);
- 2) более низкая пульсация светового потока, чем в лампах типа ДРЛ (в среднем – 30 % [16]);
- 3) создание ламп с различными спектрами излучения (наиболее широкое распространение получили лампы типа ДРИ с качеством цветопередачи  $R_a$  от 65 до 85);
- 4) влияние на параметры лампы температуры окружающей среды незначительное, как и для ламп типа ДРЛ.

К недостаткам МГЛ относятся:

- 1) влияние на параметры лампы положения горения (световой поток лампы в горизонтальном положении на 15 – 18 % ниже, чем в вертикальном [16]);
  - 2) значительный спад светового потока к концу срока службы;
  - 3) необходимость включения с ПРА.
- Срок службы МГЛ типа ДРИ российских производителей составляет от 3000 до 10000 ч [16], а европейских производителей – от 6000 до 15000 ч [21, 22]. При использовании высокоэффективных МГЛ с балластом постоянной мощности срок службы лампы увеличивается до 20000 ч [22].

Влияние напряжения сети на параметры МГЛ более сильное, чем для ламп ДРЛ. Зависимости параметров лампы ДРИ от напряжения сети, выведе-

денные в соответствии со справочной литературой [8, 11, 16], имеют следующий вид (рисунок 1.15):

$$P/P_0 = (U/U_0)^{2,2}, \quad (1.15)$$

$$\Phi/\Phi_0 = (U/U_0)^{2,5}, \quad (1.16)$$

$$\eta_v/\eta_{v0} = (U/U_0)^{0,3}, \quad (1.17)$$

$$\tau/\tau_0 = (U/U_0)^{-3,3}. \quad (1.18)$$

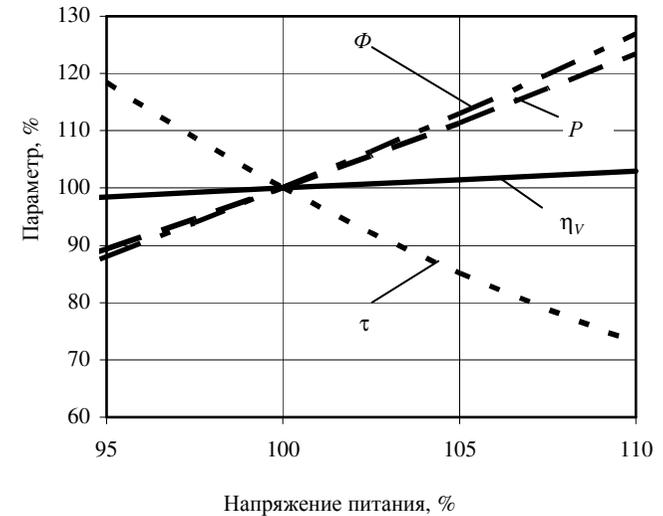


Рисунок 1.15 – Зависимости светотехнических и электрических параметров лампы ДРИ от напряжения сети

Маркировка МГЛ включает следующие обозначения:

- первый элемент – Д – дуговая;
- второй элемент – Р или МЗ – ртутная или металлогалогенная трехфазная;
- третий элемент – И – с излучающими добавками;
- четвертый элемент – конструкционные особенности (З – зеркальная, Ш – шаровая);
- пятый элемент – цифры – номинальная мощность в ваттах;
- шестой элемент – цифра после дефиса – номер разработки или модификации.

Технические характеристики МГЛ приведены в таблице Б.13. Аналоги, выпускаемые ведущими производителями светотехнической продукции, представлены в таблице Б.14.

Широкое внедрение МГЛ для освещения промышленных помещений и наружного освещения территорий на современном этапе развития светотехнической продукции стало возможным после выпуска металлогалогенных

ламп, которые включаются с ПРА не только для МГЛ, но и для ртутных дуговых ламп. К числу таких МГЛ относятся MASTER HPI PLUS и MASTER HPI-T PLUS (Philips), KRC (GE Lighting).

В настоящее время выпускаются также МГЛ, работающие с балластами для металлогалогенных и натриевых ламп MASTER CDM-ET и MASTER CDM-TT (Philips), ARC и MXR (GE Lighting).

## 1.5 Натриевые лампы

Наиболее энергоэффективными источниками видимого излучения, получившими широкое распространение для освещения наружных территорий, теплиц, а также промышленных помещений, в которых не имеет значение различения цвета, являются натриевые лампы.

Благодаря использованию резонансного излучения D-линий натрия (589 и 589,6 нм) они обладают самой высокой световой отдачей среди разрядных ламп и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы. Максимумы излучения натриевого разряда соответствуют двум значениям рабочего давления паров натрия 0,2 Па и 10 кПа. В этой связи принято классифицировать натриевые лампы на два типа: натриевые лампы низкого давления и натриевые лампы высокого давления.

### 1.5.1 Натриевые лампы низкого давления

НЛНД (рисунок 1.16) являются наиболее эффективным источником почти однородного видимого излучения, так как в них достигается максимальный КПД разряда при оптимальном давлении паров натрия, а также излучаемый спектр находится в области, близкой к максимальной чувствительности глаза.



Рисунок 1.16 – Натриевая лампа низкого давления

Выпускаемые в России НЛНД типа ДНаО имели сравнительно не высокие энергоэффективные свойства. Световая отдача ламп составляла от 70 до 80 лм/Вт при сроке службы от 2000 до 5000 ч.

Современные НЛНД ведущих мировых производителей отличаются очень высокой световой отдачей до 200 лм/Вт при сроке службы 16000 ч (таблица Б.15). Световой поток ламп уменьшается к концу срока службы не более чем на 20 %.

К недостаткам НЛНД относятся:

- 1) плохая цветопередача ( $R_a$  меньше 20);
- 2) значительные пульсации светового потока из-за почти полной безынерционности натриевого разряда;
- 3) необходимость применения для зажигания лампы повышающего ав-

тотрансформатора, так как для зажигания лампы необходимо напряжение от 450 до 500 В [16].

### 1.5.2 Натриевые лампы высокого давления

НЛВД представляют собой цилиндрическую разрядную трубку, смонтированную в вакуумированной внешней колбе. Разрядная трубка заполняется амальгамой натрия (сплав ртути и натрия с содержанием последнего от 65 до 75 % [16]). Основное рабочее вещество в разрядной трубке – натрий. Ртуть вводится в разрядную трубку для повышения температуры разряда, градиента потенциала и для снижения тепловых потерь в столбе разряда. Вклада в излучение ртуть практически не дает. Дополнительно в разрядную трубку вводится зажигающий газ – ксенон. Ксенон повышает световую отдачу лампы за счет снижения теплопроводности плазмы.

К достоинствам НЛВД следует отнести:

- 1) высокие энергоэффективные свойства (световая отдача до 150 лм/Вт);
- 2) спад светового потока лампы к концу срока службы от 15 до 20 % [16];
- 3) большой срок службы от 10000 до 55000 ч;
- 4) слабое влияние температуры окружающей среды на параметры лампы (НЛВД работают в диапазоне температур окружающей среды от минус 60 до 40 °С).

Недостатками НЛВД являются:

- 1) необходимость в специальном ПРА и невозможность прямой замены ламп типа ДРЛ и МГЛ, потому что напряжение на НЛВД повышается к концу срока службы на 25 – 30 % [16] и пик напряжения перезажигания у этих ламп значительно выше, чем у РЛВД и МГЛ;
- 2) сильное влияние напряжения сети на световые и электрические параметры лампы;
- 3) пульсации светового потока около 70 %;
- 4) некачественная цветопередача.

НЛВД по цветопередаче классифицируются на стандартные с  $R_a \approx 23$  и с улучшенной цветопередачей. Среди ламп с улучшенной цветопередачей также различают два типа [16]:

- с  $R_a \approx 60 \dots 70$  и световой отдачей на 15 – 20 % ниже по сравнению со стандартными НЛВД соответствующей мощности;
- с  $R_a \approx 85$  и со световой отдачей около 50 лм/Вт.

Коэффициент полезного действия НЛВД довольно высокий – 30 % (таблица 1.6), поэтому этот тип ламп является одним из наиболее энергоэффективных ИС.

Таблица 1.6 – Энергетический баланс лампы типа ДНаТ

Составляющая баланса	Значение, %	
	лампа	лампа с ПРА
Видимое излучение	30,0	23,6 - 28,3
УФ и ИК излучения	20,0	15,7 - 18,8
Тепловые потери в столбе разряда	44,0	34,6 - 41,5
Потери на электродах	6,0	4,7 - 5,7
Потери в ПРА	–	5,7 - 21,4
Общая потребленная энергия	100,0	100,0

Зависимости параметров лампы НЛВД от напряжения сети, выведенные в соответствии со справочной литературой [20], имеют следующий вид (рисунок 1.17):

$$P/P_0 = (U/U_0)^{2,4}, \quad (1.19)$$

$$\Phi/\Phi_0 = (U/U_0)^{2,7}, \quad (1.20)$$

$$\eta_v/\eta_{v0} = (U/U_0)^{0,3}. \quad (1.21)$$

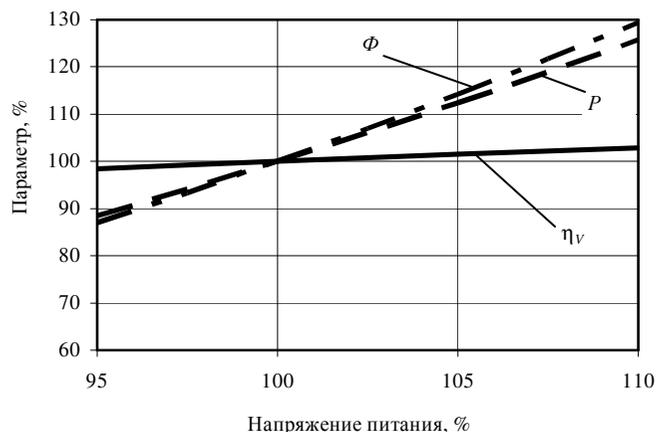


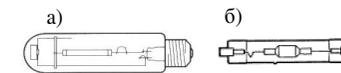
Рисунок 1.17 – Зависимости светотехнических и электрических параметров НЛВД от напряжения сети

Маркировка натриевых ламп включает следующие обозначения:  
 первый элемент – Д – дуговая;  
 второй элемент – На – натриевая;  
 третий элемент – одна или несколько букв – Т (стандартная в цилиндрической или эллипсоидной прозрачной внешней колбе), Мт (эллиптической матовой колбе), Сф (софитного типа с двумя цоколями), Бр (без ртути).  
 четвертый элемент – цифры – мощность лампы в ваттах.

Внешняя колба лампы ДНаТ изготавливается цилиндрической формы, ДНаМт – эллиптической. Эти лампы имеют цоколи Е27 или Е40 (см. приложение В). Лампы ДНаСф имеют внешнюю колбу софитного двухцокольного

исполнения (рисунок 1.18).

Технические характеристики НЛВД приведены в таблице Б.16.



а – в цилиндрической колбе;  
 б – софитного исполнения  
 Рисунок 1.18 – Натриевая лампа высокого давления

## 1.6 Ксеноновые лампы

В ксеноновых лампах (рисунок 1.19) используется дуговой разряд в ксеноне при высоком и сверхвысоком давлениях. Спектр излучения этих ламп непрерывный в диапазоне от 200 нм до 2 мкм. В видимой области спектр излучения близок к солнечному, что обеспечивает высококачественную цветопередачу ( $R_a \approx 98$ ).



Рисунок 1.19 – Ксеноновая лампа

Достоинствами ксеноновых ламп также являются:

- 1) отсутствие периода разгорания;
- 2) независимость параметров ламп от окружающей температуры и способность работать при температурах от минус 50 °С [16].

К недостаткам ксеноновых ламп относятся:

- 1) плохие энергоэффективные параметры лампы (световая отдача ламп до 29 лм/Вт при естественном охлаждении и до 45 лм/Вт при водяном охлаждении [16]);
- 2) малый срок службы до 1350 ч;
- 3) необходимость в специальном зажигающем устройстве и сложная схема поджига;
- 4) значительное влияние напряжения сети на световые и электрические параметры ламп;
- 5) большая пульсация светового потока (коэффициент пульсации светового потока равен 130 %).

Маркировка ксеноновых ламп включает следующие обозначения:

- первый элемент – Д – дуговая;  
 второй элемент (может отсутствовать) – обозначение режимов эксплуатации (П – предназначенная для работы в пульсирующем режиме);  
 третий элемент – Кс или РКс – ксеноновая или ртутно-ксеноновая лампы (Т – трубчатая, Ш – шаровая);  
 пятый элемент (может отсутствовать) – Э – эритемная;  
 шестой элемент (может отсутствовать) – обозначение конструктивных особенностей (РБ – разборная, М – металлическая, В – с водяным охлаждением, Л – гибкие выводы, Б – имеется балласт);  
 седьмой элемент – цифры – потребляемая мощность лампы в ваттах;  
 восьмой элемент – цифра после дефиса – номер разработки.

Структура энергетического баланса ксеноновой лампы ДКсШ представлена в таблице 1.7 [16]. Низкая энергоэффективность ксеноновых ламп

обусловлена в первую очередь большими тепловыми потерями энергии (см. таблицу 1.7). Температура колбы лампы при работе обычно находится в диапазоне от 700 до 750 °С. С ростом температуры колбы выше предельного значения не только ухудшается эффективность лампы, но также уменьшается срок службы [16].

Таблица 1.7 – Энергетический баланс лампы типа ДКсШ

Составляющая баланса	Значение, %
Видимое излучение	14,0
УФ излучение	3,6
ИК излучение	22,4
Тепловые потери	60,0
Общая потребленная энергия	100,0

Зависимости параметров ксеноновой лампы, работающей без балласта, от напряжения сети, выведенные в соответствии со справочной литературой [13, 16], имеют следующий вид (рисунок 1.20):

$$P/P_0 = (U/U_0)^{3,5}, \quad (1.21)$$

$$\Phi/\Phi_0 = (U/U_0)^{3,5}. \quad (1.22)$$

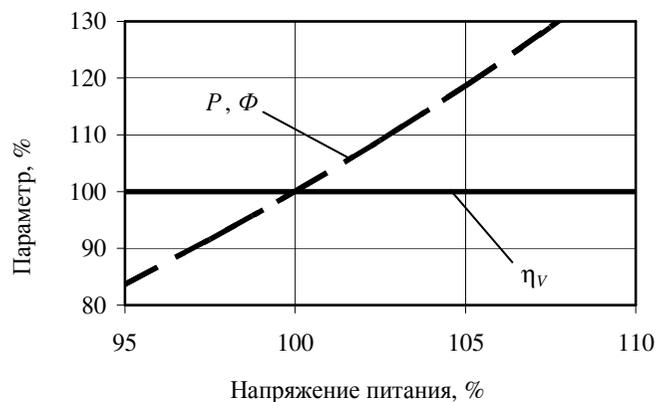


Рисунок 1.20 – Зависимости светотехнических и электрических параметров ксеноновой лампы, работающей без балласта, от напряжения сети

Технические характеристики ксеноновых ламп типа ДКсТ, применяемых для освещения открытых территорий, приведены в таблице Б.17.

### 1.7 Безэлектродные СВЧ-газоразрядные лампы

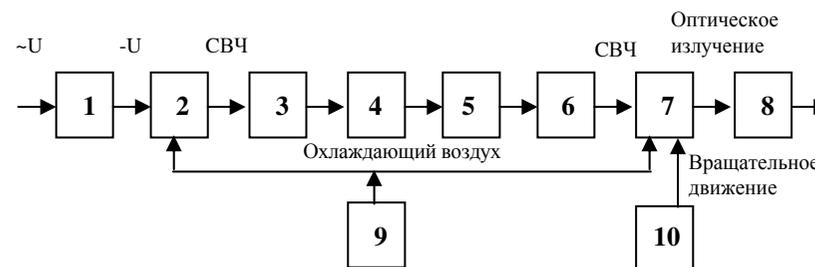
Первое сообщение о создании высокоэффективного источника квазисолнечного света на базе безэлектродной газоразрядной лампы с аргонно-серным

наполнением сферической кварцевой колбы и с СВЧ-накачкой на частоте 2450 МГц было сделано в сентябре 1992 г. на IV Международном симпозиуме по науке и технологии источников света в Будапеште [19]. Привлекательность нового источника света была сразу признана специалистами, но ведущие фирмы светотехнической продукции отпугивало сочетание весьма сложных и разнопрофильных технологий, необходимых для создания этих световых приборов. Сектор безэлектродных СВЧ-газорядных ламп на рынке светотехнической продукции заняла компания Fusion Lighting, которая в 1994 г. в Вашингтоне установила две мощные осветительные системы с СВЧ-газоразрядными лампами<sup>1)</sup> и полыми призматическими световодами [19].

Принцип действия СВЧ-лампового модуля описывается последовательным преобразованием:

- электрической энергии переменного тока, получаемой из сети, в электрическую энергию постоянного тока;
- электрической энергии постоянного тока в энергию электромагнитных волн СВЧ-диапазона;
- энергии электромагнитных СВЧ-волн в оптическое излучение паров серы<sup>2)</sup> и аргона.

В общем случае устройство СВЧ-лампового модуля можно представить блок-схемой, приведенной на рисунке 1.21.



1 – источник вторичного питания; 2 – магнетронный генератор СВЧ-колебаний; 3 – СВЧ-адаптер; 4 – СВЧ-тракт; 5 – СВЧ-излучатель; 6 – светопрозрачный СВЧ-резонатор; 7 – безэлектродная серная лампа; 8 – формируватель светового потока; 9 – вентилятор; 10 – электродвигатель вращения лампы

Рисунок 1.21 – Блок-схема СВЧ-лампового модуля

Питание СВЧ-лампового модуля осуществляется от сети переменного тока. В источнике вторичного питания происходит преобразование пере-

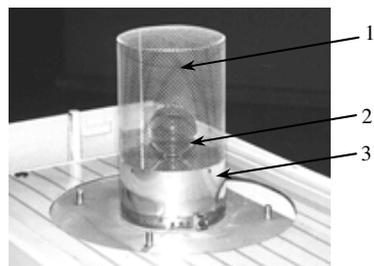
<sup>1)</sup> Эти лампы получили известность под названием серных, т.к. кварцевая колба лампы заполнена серой, являющейся основным рабочим веществом.

<sup>2)</sup> Возможна добавка или полная замена серы селеном.

менного напряжения в постоянное (выпрямленное) напряжение. Этот блок может быть выполнен в виде простого двухполупериодного выпрямителя, но при этом блок имеет значительные габариты и массу и является индуктивной нагрузкой для питающей сети, что снижает коэффициент мощности. В современных моделях СВЧ-ламповых модулей применяется в качестве источника вторичного питания частотно-регулируемый преобразователь.

Преобразование выпрямленного напряжения в электромагнитные колебания СВЧ-диапазона осуществляется в СВЧ-генераторе – магнетроне. В ламповых модулях обычно устанавливается один магнетрон мощностью 1 кВт с естественным воздушным охлаждением, или два магнетрона мощностью до 1,7 кВт каждый с принудительным воздушным охлаждением. Установка одного магнетрона на большую мощность нецелесообразна, так как промышленные магнетроны с частотой 2450 МГц мощностью 2 кВт, как правило, имеют жидкостное охлаждение [19], т. е. конструкция модуля значительно усложняется введением фильтров, помпы, радиатора и т. д.

Энергия электромагнитных СВЧ-колебаний от магнетрона через стыковочный СВЧ-адаптер (коаксиально-волновой переход), волноводный тракт и излучатель транспортируется в СВЧ-резонатор. СВЧ-резонатор представляет собой отрезок круглого волновода, боковая и торцевая стенки которого выполнены из сетки (рисунок 1.22). Эта сетка обеспечивает компромиссно приемлемую светопрозрачность, воздухопроницаемость и экранирует СВЧ-излучение.



1 – светопрозрачный СВЧ-резонатор;  
2 – безэлектродная СВЧ-лампа;  
3 – дихроичный отражатель

Рисунок 1.22 – СВЧ-ламповый модуль без формирователя светового потока

Безэлектродная СВЧ-лампа представляет собой кварцевую колбу сферической формы, наполненную серой, находящейся в твердофазном состоянии, и аргоном. По мере поглощения энергии СВЧ-излучения сера проходит стадии плавления и полного испарения. При этом быстро растет давление паров серы и температура колбы. Для равномерного охлаждения колбы предусматривается ее вращение вокруг своей оси и принудительное, или естественное обдувание воздухом.

В установившемся режиме СВЧ-разряд высокого давления в парах серы имеет сплошной спектр оптического излучения, близкий к солнечному.

Безэлектродная СВЧ-лампа обладает следующими достоинствами [19]:  
1) высокие энергоэффективные свойства (световая отдача до 100 лм/Вт);  
2) практически естественная цветопередача, обусловленная сплошным квазисолнечным спектром с резко пониженным уровнем излучений в УФ и

ИК диапазонах и с максимумом в диапазоне видимого излучения;

- 3) большой срок службы лампы;
- 4) возможность регулировки светового потока;
- 5) малогабаритность и равномерность светящегося тела, облегчающего оптимизацию оптических систем;
- 6) экологически безопасное рабочее вещество (сера, аргон).

К недостаткам СВЧ-ламп можно отнести сложность конструкции и высокую стоимость СВЧ-лампового модуля и полых световодов.

Технические характеристики некоторых типов безэлектродных СВЧ-ламп приведены в таблице Б.18.

Область применения безэлектродных СВЧ-ламп благодаря их достоинствам практически не ограничена. Наиболее эффективно применение этих ламп с полыми световодами для освещения больших помещений (выставочных залов, вокзалов, складов, производственных помещений вне зависимости от класса взрыво- и пожароопасности и т. п.).

## 1.8 Светоизлучающие диоды

Светоизлучающие диоды – полупроводниковые приборы, генерирующие оптическое излучение при прохождении через них электрического тока. Массовое производство этих источников света началось в 60 – 70-е годы XX века, когда были созданы СД на основе арсенидов и фосфидов галлия, алюминия, индия и их смесей. Эти типы СД излучали свет в красной, ИК, зеленой и желтой областях спектра и имели световую отдачу не более 2 лм/Вт, что позволяло использовать их только в качестве сигнальных индикаторов. В начале 90-х годов XX века фирмой Nichia Chemical Industries (NCI) начато производство СД с зеленым, синим, фиолетовым и УФ излучением на основе многослойных гетероструктур нитрида галлия. СД с белым свечением были получены смешением синего свечения кристаллов InGaN и широкой спектральной полосы, содержащей зеленый и красный участки, преобразуемой из части синего излучения в люминофорном покрытии [6, 19]. С развитием оптоэлектроники в 90-х годах XX века появилась возможность удовлетворить потребность в надежных и эффективных источниках света путем создания суперярких светоизлучающих диодов (ССД), световая отдача которых составила от 8 до 100 лм/Вт.



Рисунок 1.23 – Типовая конструкция светоизлучающего диода

Типовая конструкция наиболее массовых ССД показана на рисунке 1.23. Площадь излучающего кристалла составляет от 0,6 до 0,25 мм<sup>2</sup>. Для создания большей светящей площади и

формирования излучения в заданном телесном угле кристалл размещается внутри прозрачного корпуса из пластмассы. К материалу корпуса предъявляются особые требования. Это обусловлено тем, что наибольшие потери излучения вызваны отражением от границ раздела полупроводник – корпус и корпус – воздух.

Корпус выполняется выпуклым или плоским размером от 3 до 10 мм. Сферическая поверхность корпуса позволяет сконцентрировать световое излучение в телесном угле от 15 до 120 градусов, эллипсоидное – от 3 до 15 градусов [19].

ССД завоевали прочное место на рынке источников света благодаря следующим своим достоинствам:

1) хорошие энергоэффективные свойства (световая отдача отдельных типов ССД достигает 100 лм/Вт; ССД белого свечения примерно составляет 26 лм/Вт (рисунок 1.24), что практически в 2 раза выше, чем у ламп накаливания);

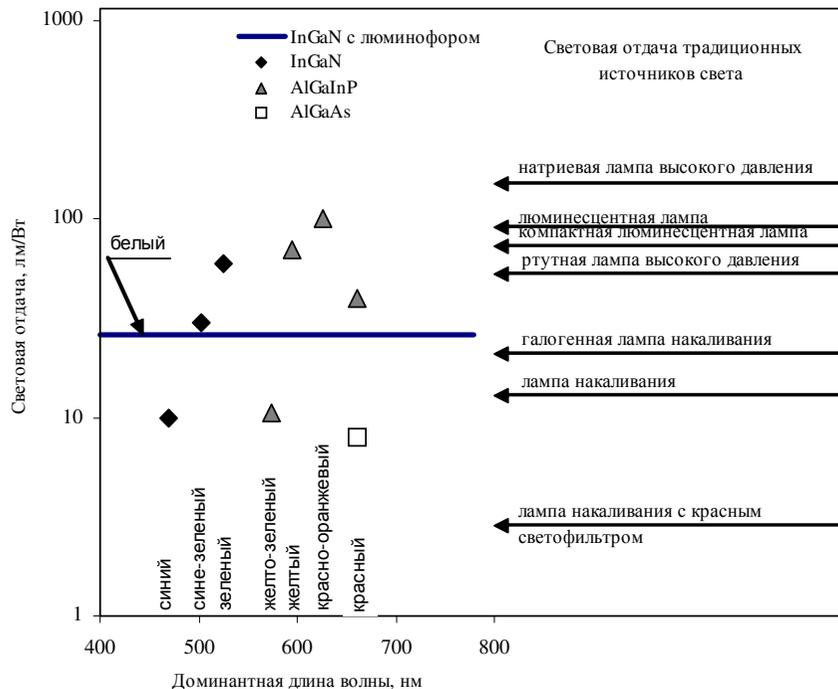


Рисунок 1.24 – Зависимость световой отдачи ССД от цвета излучения для разных структур кристалла

- 2) срок службы выпускаемых в настоящее время ССД составляет 100 тыс. ч и в ближайшей перспективе планируется его значительное увеличение;
- 3) высокая устойчивость ССД к механическим воздействиям;
- 4) ССД сохраняет работоспособность от минус 55 до 100 °С [19];

5) мощность излучения ССД практически линейно зависит от прямого тока (рисунок 1.25), что делает возможным применение простых схем для плавного регулирования светового потока;

6) конструкция современных ССД позволяет концентрировать излучение в малых телесных углах, что делает возможным создание световых приборов без применения какой-либо внешней оптической системы, причем коэффициент использования светового потока при этом близок к 100 %;

7) излучение ССД близко к монохроматическому (в областях красного, желтого, зеленого, синего и других спектров), что позволяет создавать светосигнальные приборы без дополнительных цветных фильтров;

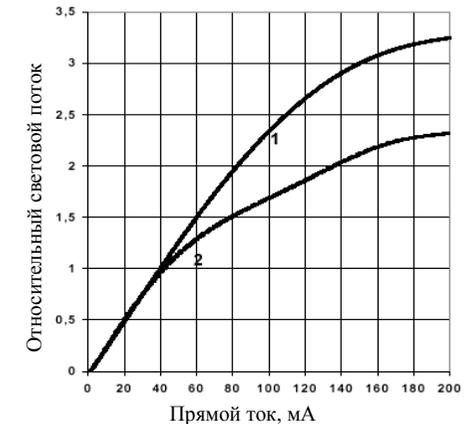
8) высокое быстродействие ССД обусловлено малым временем нарастания и спада светового потока (13 нс для ССД из фосфидов алюминия, индия, галлия, 45 нс – из арсенидов этих же металлов [19]);

9) ССД допускают последовательное и параллельное соединение без выравнивающих сопротивлений, что предельно упрощает изготовление больших световых панелей;

10) низкое питающее напряжение ССД позволяет создать электробезопасные световые приборы и приборы для взрыво- и пожароопасных помещений.

Основным недостатком ССД является то, что при постоянном токе через диод его яркость с ростом температуры уменьшается. Для красных GaP – ССД повышение температуры по сравнению с комнатной на 20 °С уменьшает их яркость примерно на 10 %, а зеленых – на 6 %. С ростом температуры также сокращается срок службы светоизлучающих диодов. Так, если при 25 °С срок службы ССД составляет 100000 ч, то при 100 °С он сокращается до 1000 ч.

Параметры ССД некоторых крупных мировых производителей Nichia Chemical Industries, Agilent Technologies<sup>1)</sup>, Ligitek Electronics, а также российской фирмы НПО Планета-СИД приведены в таблице Б.19.



1 – ССД красного свечения; 2 – ССД синего свечения.

Рисунок 1.25 – Зависимость светового потока от прямого тока, протекающего через ССД (по данным фирмы Корвет)

<sup>1)</sup> Компания Agilent Technologies была образована в результате глобальной реорганизации компании Hewlett-Packard весной 1999 года.

## 2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

### 2.1 Применение натриевых ламп высокого давления

ОУ с НЛВД в последнее время нашли широкое применение для освещения наружных территорий железнодорожных предприятий. Значительная экономия электроэнергии достигается применением на осветительных мачтах двух прожекторов с НЛВД мощностью 600 Вт каждая взамен прожектора с галогенной лампой накаливания КГ220-5000. Эффективным также является мероприятие по замене светильников РКУ с лампами ДРЛ250, используемых для локализованного освещения наружных территорий, на светильники с НЛВД мощностью от 100 до 150 Вт. В этом случае для соблюдения нормативных уровней освещенности при применении НЛВД мощностью 100 Вт необходимо применять светильники с большим коэффициентом полезного действия и ЭПРА.

Наиболее перспективным решением уменьшения электропотребления для освещения больших производственных цехов на сегодняшний день является применение НЛВД и МГЛ типа ДРИ. В 1989 году в ОСТ 32-9-81 внесено изменение, регламентирующее применение НЛВД в производственных помещениях предприятий железнодорожного транспорта. Это изменение изложено в следующей редакции: «Лампы типа ДНаТ следует применять в помещениях высотой более 10 м, где отсутствуют требования к цветопередаче и производятся зрительные работы малой и очень малой точности» [2]. К помещениям с работами малой и очень малой точности относятся производственные помещения с V и VI разрядом зрительной работы, т. е. в которых производятся работы с наименьшим размером объекта различения от 1 мм и более [15]. По требованиям СНБ применение ламп ДНаТ «допускается для работ разрядов VI-VIII» [15]. В соответствии с ОСТ 32-9-81 [10] к производственным помещениям с VI разрядом зрительной работы относятся: пункт технического обслуживания ТО-2; цехи технического обслуживания ТО-3, ТО-4 и текущего ремонта локомотивов ТР-1, ТР-2, ТР-3; цехи капитального ремонта КР-1, КР-2; сборочные цехи и др. При применении НЛВД для общего освещения производственного цеха необходимо учитывать требования не только по уровню освещенности, показателю ослепленности и коэффициенту пульсации, которые оговариваются разрядом зрительной работы, но и требования к цветопередаче. В соответствии с СНБ перечисленные выше производственные цехи железнодорожных предприятий, где производятся механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин, инструментов и т.п., относятся к группе помещений, в которых «требования к цветоразличению отсутствуют» [15]. Для этих производст-

венных помещений рекомендуется применять смешанное общее освещение (натриевые и металлогалогенные лампы совместно) (таблица 2.1), а при комбинированной системе освещенности – общее освещение ОП с натриевыми или металлогалогенными лампами [16].

Т а б л и ц а 2.1 – Рекомендуемые соотношения световых потоков и мощностей разрядных ламп высокого давления в осветительных установках смешанного освещения

Тип источника света	Рекомендуемые разряды зрительной работы	Характеристика смешанного освещения			
		Соотношение световых потоков, %	Соотношение мощностей, %	$T_{шв}, K$	$R_a$
ДРЛ и ДНаТ	ШБ, Пв, IVa	100:0 – 75:25	100:0 – 86:14	3450	37
	Шг, IVб и ниже	75:25 – 50:50	86:14 – 67:33	3100	34
ДРИ и ДНаТ	ШБ, Пв, IVa	100:0 – 55:45	100:0 – 62:38	3500	48
	Шг, IVб и ниже	55:45 – 38:62	62:38 – 45:55	3100	44

Замена существующих светильников с лампами ДРЛ общего освещения в больших производственных цехах на светильники с НЛВД позволяет уменьшить потребление электроэнергии в них на 50 % и более и при этом увеличить освещенность.

### 2.2 Замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы

Одним из наиболее привлекательных мероприятий по уменьшению потребления электроэнергии на освещение административных и бытовых помещений считается замена ЛН в существующих светильниках на КЛЛ со встроенным ЭПРА и цоколем Е 27. Данное предположение во многих случаях является ошибочным. Если световой прибор рассчитан на применение ламп накаливания, то не всегда можно добиться повышения энергоэффективности, установив в нем КЛЛ, поскольку пространственное светораспределение (кривая силы света) ЛН и КЛЛ принципиально различаются [4]. Лампа накаливания общего назначения светит преимущественно вдоль оси лампы, а КЛЛ – в направлении, перпендикулярном оси лампы, т. е. в стороны. Необходимо также отметить, что КЛЛ больше по длине ЛН и при установке в существующий светильник, разработанный под ЛН, выступает за ограждающую поверхность формирователя светового потока. Выступающие яркие поверхности ИС значительно увеличивают слепящее действие (блескость) и приводят к ухудшению условий работы.

### 2.3 Применение суперярких светоизлучающих диодов

Наиболее целесообразным применением световых приборов с ССД в настоящее время являются следующие направления: магистральные инфор-

мационные табло; полноцветные дисплеи для больших видео экранов; внутреннее и внешнее освещение подвижного состава; дорожные знаки и светофоры; аварийное (эвакуационное), лестничное, архитектурное и другие виды освещения.

Изготавливаемые железнодорожные светофоры с ССД создают более узкий световой пучок (около 4 градусов), осевая сила составляет от 2300 кд (для красного света) до 4300 кд (для желтого света). При этом потребляемая мощность для светофора желтого света не превышает 5 Вт [19].



Рисунок 2.1 – Лампа с суперяркими светоизлучающими диодами

В последнее время созданы лампы на ССД, которые имеют цоколь Е 27 и предназначены для непосредственной замены ламп накаливания в светофорах (рисунок 2.1). При такой замене не только снижается расход электроэнергии, но также значительно возрастает надежность светофора за счет многократного резервирования источника света при параллельном включении светодиодов.

### 3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Расходы электроэнергии на освещение производственных и административных помещений, а также на наружное освещение территорий железнодорожных предприятий составляют на отдельных предприятиях от 20 до 30 % от общего потребления электроэнергии. При этом экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет снижения норм освещенности, отключения части осветительных приборов или отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного, поскольку уменьшение освещенности приводит к ухудшению зрительной работы и психофизиологического состояния работающих, повышению травматизма, снижению производительности труда и качества продукции. Следовательно, увеличение финансовых расходов от ухудшения условий освещенности значительно превосходит стоимость сэкономленной электроэнергии.

С целью повышения эффективности использования электроэнергии в ОУ необходимо проводить мероприятия по следующим направлениям:

- применение более эффективных ИС;

- использование ЛЛ с амальгамой в помещениях с большими температурами;
- использование ламп большей единичной мощности;
- применение ЭПРА;
- рациональный выбор комбинированной или общей системы освещения в помещении;
- применение локализованного размещения ОП общего освещения;
- применение ОП с концентрированным распределением светового потока;
- правильный выбор ОП по конструкционному исполнению;
- применение комплектных осветительных устройств со щелевыми световодами для освещения помещений с большим содержанием пыли;
- использование систем управления освещением;
- применение ОУ напряжением 660/380 В;
- применение полупроводниковых ограничителей напряжения;
- применение в ОУ групповой компенсации реактивной мощности;
- чистка остеклений окон и световых фонарей;
- повышение коэффициента использования освещения.

Для правильной замены ОП в помещениях необходимо произвести расчет их необходимого количества и требуемого светового потока ламп. Для этой цели наиболее целесообразно использовать метод коэффициента использования.

Расчетный световой поток лампы  $F_p$ , лм, определяется по формуле

$$F_p = \frac{E^{\min} S k Z}{N \eta_l \eta_n}, \quad (3.1)$$

где  $E^{\min}$  – минимальная (нормируемая) освещенность на рабочем месте [15], лк;

$S$  – площадь освещаемой территории, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности от запыления перекрытий помещения и осветительных приборов и от старения ламп по мере эксплуатации осветительной установки [15];

$Z$  – поправочный коэффициент, равный отношению средней к минимальной освещенности на нормируемой плоскости; рекомендуется принимать  $Z = 1,15$  для ЛН и ламп типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, КЛЛ и т.п.;  $Z = 1,1$  для трубчатых ЛЛ при расположении ОП в линию;  $Z = 1$  при отраженном освещении;

$N$  – количество осветительных приборов, шт.;

$\eta_l$  – коэффициент полезного действия осветительного прибора [16, 18];

$\eta$  – коэффициент использования осветительного прибора, равный отношению светового потока, падающего на поверхность, к световому потоку, испускаемому осветительным прибором;

$n$  – количество ламп в осветительном приборе, шт.

Коэффициент использования осветительного прибора определяется по приложению Д в зависимости от формы кривой силы света ОП, коэффициента отражения поверхностей и индекса помещения  $\phi$

$$\phi = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (3.2)$$

где  $A$  – ширина освещаемой территории, м;

$B$  – длина освещаемой территории, м;

$H_p$  – высота подвеса светильников общего освещения над рабочей поверхностью, м.

По рассчитанному значению светового потока лампы подбираем необходимый источник света с учетом допускаемых отклонений фактической освещенности рабочей поверхности в пределах от 0,9 до 1,2 нормированной освещенности, т.е.

$$0,9F_p \leq F_{л} \leq 1,2F_p, \quad (3.3)$$

где  $F_{л}$  – фактический световой поток лампы при номинальном напряжении в сети, лм;

$$F_{л} = P\eta_v, \quad (3.4)$$

где  $P$  – мощность, потребляемая ИС; Вт;

$\eta_v$  – световая отдача ИС, лм/Вт.

После выбора необходимого ИС, уточнения типа ОП и параметров ПРА производим расчет годового потребления электроэнергии осветительными установками  $W$ , кВт·ч, по формуле

$$W = (NnPk_{пра})T^{\max}k_c / 10^3, \quad (3.5)$$

где  $k_{пра}$  – коэффициент мощности потерь в ПРА (таблица 3.1);

$T^{\max}$  – время использования максимума осветительной нагрузки (таблицы 3.2 и 3.3), ч;

$k_c$  – коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Таблица 3.1 – Коэффициент мощности потерь в ПРА

Тип источника света	Тип ПРА	Средний коэффициент потерь в ПРА
Люминесцентная лампа	Электромагнитный	1,22
	Электромагнитный с пониженными потерями	1,14
	Электронный	1,1

Продолжение таблицы 3.1

Тип источника света	Тип ПРА	Средний коэффициент потерь в ПРА
Компактная люминесцентная лампа	Электромагнитный	1,27
	Электромагнитный с пониженными потерями	1,15
	Электронный	1,1
Ртутная лампа высокого давления, металлогалогенная лампа	Электромагнитный	1,08
	Электронный	1,06
Натриевая лампа высокого давления	Электромагнитный	1,1
	Электронный	1,06

Таблица 3.2 – Время использования максимума осветительной нагрузки рабочего освещения в помещениях [14]

Количество смен	Продолжительность рабочей недели, дни	Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки	
		при наличии естественного освещения	при отсутствии естественного освещения
1	5	750	2150
1	6	600	
2	5	2250	4300
2	6	2100	
3	5	4150	6500
3	6	4000	
	Непрерывная	4800	7700

Таблица 3.3 – Время использования наружного освещения

Градус широты	Суммарная продолжительность по месяцам, ч												Годовая продолжительность, ч
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
52 (Гомель, Брест)	452	366	345	271	220	183	208	263	316	388	429	470	3911
53 (Гродно)	456	368	344	268	214	175	201	259	315	389	432	475	3896
54 (Минск, Могилев)	460	370	343	264	208	167	194	254	314	390	436	480	3880
55	465	372	342	259	202	159	187	250	312	392	440	486	3866
56 (Витебск)	469	373	342	257	194	146	176	246	311	393	444	491	3842

Коэффициент спроса осветительной нагрузки  $\kappa_c$  рассчитывается по формуле

$$\kappa_c = \kappa_c^{\text{техн}} \kappa_{\text{доп}} \kappa_{\text{ав}}, \quad (3.6)$$

где  $\kappa_c^{\text{техн}}$  – коэффициент спроса осветительной нагрузки, обусловленный технологическим процессом, осуществляемым в рассматриваемом помещении (таблица 3.4);

$\kappa_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное число часов работы осветительного оборудования в пасмурное время дня; принимается равным 1,08;

$\kappa_{\text{ав}}$  – коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением (таблица 3.5).

Т а б л и ц а 3.4 – Технологический коэффициент спроса осветительной нагрузки [14]

Объект	Технологический коэффициент спроса осветительной нагрузки $\kappa_c^{\text{техн}}$
Мелкие производственные и торцевые помещения	1,00
Производственные помещения, состоящие из отдельных больших пролетов	0,95
Административные помещения, залы библиотек и предприятий общественного питания	0,90
Производственные помещения, состоящие из нескольких разделенных между собой участков	0,85
Лабораторные и конторско-бытовые помещения, здания лечебных и детских учреждений	0,80
Складские помещения, распределительные устройства и подстанции	0,60
Наружное и аварийное освещение	1,00

Т а б л и ц а 3.5 – Коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением

Уровень автоматизации управления освещением	Коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением $\kappa_{\text{ав}}$
Контроль уровня освещенности и автоматическое включение и отключение системы освещения при критическом значении освещенности	0,85 – 0,9
Зонное управление освещением (включение и отключение освещения дискретно, в зависимости от зонного распределения естественной освещенности)	0,75 – 0,8
Плавное управление мощностью и световым потоком светильников в зависимости от распределения естественной освещенности	0,6 – 0,7

Экономия электроэнергии при замене ОП будет равна разнице годовых потреблений электроэнергии, рассчитанных по формуле (3.5) при существующем освещении и планируемом.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(обязательное)

Термины и определения

*Видимое излучение* (свет) – излучение, которое, попадая на сетчатую оболочку глаза, может вызвать зрительное ощущение и имеет длины волн монохроматических составляющих в пределах от 380 до 780 нм.

*Зрительная работоспособность* – способность выполнять зрительную работу и поддерживать высокую степень мобилизации зрительных функций.

*Индекс цветопередачи*  $R_a$  – мера соответствия зрительных восприятий цветного объекта, освещенного исследуемым и стандартным источниками света при определенных условиях наблюдения.

*Инфракрасное излучение* – спектр оптического излучения, охватывающий монохроматические составляющие с длинами волн от 740 нм до 1 мм.

*Коэффициент пульсации освещенности*  $K_p$  – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

*Красное отношение* – отношение светового потока красной области спектра к общему световому потоку источника света, выраженное в процентах.

*Люминофор* – твердое или жидкое вещество, способное излучать свет под действием различного рода возбуждений.

*Монохроматическое излучение* – совокупность выделяемых источником излучения фотонов, обладающих практически одинаковой длиной волны.

*Оптическое излучение* – электромагнитное излучение с длинами волн примерно от 1 нм до 1 мм, лежащими в области между рентгеновскими лучами и радиоизлучением.

*Освещенность* – плотность светового потока по освещаемой поверхности.

*Отражение* – возвращение излучения объектом без изменения длин волн составляющих его монохроматических излучений.

*Световой поток*  $\Phi$  – мощность светового излучения, эффективная величина, измеряемая в люменах.

*Сила излучения* (энергетическая сила света) – пространственная плотность потока излучения, численно равная отношению потока излучения к телесному углу, в пределах которого поток распространяется и равномерно распределяется.

*Сила света точечного источника* – пространственная плотность светового потока.

*Спектр излучения* – совокупность монохроматических излучений, входящих в состав сложного излучения.

*Стробоскопический эффект* – кажущееся изменение или прекращение движения предмета, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой.

*Тепловое излучение* – оптическое излучение, возникающее при нагревании тел.

*Ультрафиолетовое излучение* – оптическое излучение, длины волн монохроматических составляющих которого лежат в пределах от 1 до 380 нм.

*Цветовая температура  $T_{цв}$*  – температура излучателя Планка (черного тела), при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение рассматриваемого объекта.

*Цветопередача* – общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартным источником света.

*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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

### Основные параметры источников света

Таблица Б.1 – Параметры ламп накаливания общего назначения

Тип лампы	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Тип цоколя
В125-135-15	15	135	9	E27/27
В125-135-25	25	260	10,4	
Б125-135-40	40	490	12,2	
БК125-135-40	40	520	13	
Б125-135-60	60	810	13,5	
БК125-135-60	60	890	14,8	
Б125-135-100	100	1540	15,4	
БК125-135-100	100	1670	16,8	
Г125-135-150	150	2420	16,1	
Г125-135-150-1	150	2420	16,1	
Г125-135-200	200	3350	16,7	E27/30
Г125-135-300-1	300	5050	16,8	
Г125-135-300	300	5050	16,8	E40/45
Г125-135-500	500	9200	18,4	
Г125-135-1000	1000	20000	20,0	
Г125-135-1000-1	1000	20000	20,0	
В215-225-15	15	120	8,0	E27/27
В215-225-25	25	220	8,8	
Б215-225-40	40	430	10,8	
БК215-225-40	40	475	11,9	
Б215-225-60	60	730	12,2	
БК215-225-60	60	800	13,3	
Б215-225-75	75	960	12,8	
БК215-225-75	75	1030	13,7	
Б215-225-100	100	1380	13,8	
БК215-225-100	100	1500	15,0	
Б215-225-150	150	2220	14,8	
Б215-225-150-1	150	2220	14,8	
Г215-225-150	150	2090	13,9	
Г215-225-150-1	150	2090	13,9	
Б215-225-200	200	3150	15,7	E27/30
Г215-225-200	200	2950	14,7	
Г215-225-300-1	300	4850	16,1	
Г215-225-300	300	4850	16,1	E40/45
Г215-225-500	500	8400	16,1	
Г215-225-750	750	13100	17,5	
Г215-225-1000	1000	18800	18,8	
Г215-225-1000-1	1000	18800	18,8	

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

Т а б л и ц а Б.2 – Параметры железнодорожных ламп накаливания

Тип лампы	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Средний срок службы, ч	Тип цоколя
Ж24-25	25	300	12,0	1000	B22d/25 (E27/27)
Ж54-10	10	95	9,5	1000	
ЖТ54-15	15	115	7,7	400	СФ-19
Ж54-25	25	300	12,0	1000	B22d/25 (E27/27)
ЖСК54-25	25	-	-	750	
Ж54-40	40	530	13,3	1000	
Ж54-60	60	850	14,2	1000	
Ж80-60	60	740	12,3	1000	
Ж220-100	100	1050	10,5	1000	

Примечания:

1 Второй символ в обозначении лампы: Т – трубчатая, СК – синяя колба, МТ – матированная колба (допускается по требованию потребителя).

2 Тип цоколя СФ-19 – софитный, бесштифтовый, с одной контактной пластинкой.

Т а б л и ц а Б.3 – Параметры галогенных ламп накаливания типа КГ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Средний срок службы, ч	Размеры лампы, мм		Тип цоколя
					диаметр колбы	длина	
КГ220-425	425	6,6	15,5	500	8	280	R7s
КГ220-500-1	500	14	28,0	150	11	132	R7s
КГ220-1000-4	1000	27	27,0	420	11	180	R7s
КГ220-1000-5	1000	22	22,0	2000	10,7	189	R7s или плоский металлический
КГ220-1500	1500	33	22,0	2000	10,7	252	R7s или плоский металлический
КГ220-2000-3	2000	54,9	27,5	450	11	236	R7s
КГ220-2000-4	2000	44	22,0	2000	10,7	335	R7s или плоский металлический
КГ220-5000	5000	125	25,0	2000	20	520	K27S/96/250
КГ220-230-5000	5000	110	22,0	3000	20,5	520	K27S/96/250
КГ220-10000	10000	260	26,0	2000	27	675	K27S/96/250
КГ220-230-10000	10000	220	22,0	3000	27	675	K27S/96/250
КГ240-1000	1000	22	22,0	2000	12	189	R7s
КГ240-1500	1500	33	22,0	2000	12	254	R7s
КГ240-2000	2000	44	22,0	2000	12	330	R7s
КГ240-2000-1	2000	44	22,0	200	12	334	K7S/12

Т а б л и ц а Б.4 – Параметры линейных ЛЛ с диаметром колбы 40 мм

Мощность, Вт	Номинальный световой поток (световая отдача) ЛЛ типа, лм (лм/Вт)				Средний срок службы, тыс. ч	Размеры, мм, не более		Тип цоколя
	ЛБ	ЛДЦ	ЛЕЦ	ЛТБЦЦ		длина	диаметр	
40	3200 (80,0)	2200 (55,0)	2190 (54,8)	1750 (43,8)	15	1213,6	40	G13d/35
65	4800 (73,8)	3160 (48,6)	3400 (52,3)	-		1514,2		
80	5400 (67,5)	3800 (47,5)	-	-		1514,2		

Т а б л и ц а Б.5 – Параметры линейных ЛЛ с диаметром колбы 26 мм

Мощность, Вт	Номинальный световой поток (световая отдача) ЛЛ типа, лм (лм/Вт)				Средний срок службы, тыс. ч	Размеры, мм, не более		Тип цоколя
	ЛБ	ЛДЦ	ЛЕЦ	ЛТБЦЦ		длина	диаметр	
15	835 (55,7)	600 (40,0)	-	-	15	451,6	27	G13d/24
16	-	-	830 (51,9)	-		720	27	
18	1250 (69,4)	850 (47,2)	850 (47,2)	735* (40,8)	15, 13**	604	26,5	
20	1200 (60,0)	850 (42,5)	865 (43,3)	700 (35,0)	15	604	27	
30	2180 (72,7)	1500 (50,0)	1400 (46,7)	-		908,8	27	
36	3050 (84,7)	2200 (61,1)	2 150 (59,7)	-	15, 13**	1213,6	26,5	
58	4700 (81,0)	-	3330 (57,4)	-		1514,2	26,5	

\* Для цветности ТБЦ с Ra = 82.

\*\* Меньшее значение соответствует ЛЛ с цветностью ЕЦ.

Т а б л и ц а Б.6 – Параметры линейных ЛЛ с диаметром колбы 16 мм

Мощность, Вт	Номинальный световой поток (световая отдача) ЛЛ типа, лм (лм/Вт)				Средний срок службы, тыс. ч	Размеры, мм, не более		Тип цоколя
	ЛБ	ЛДЦ	ЛЕЦ	ЛТБЦЦ		длина	диаметр	
4	140 (35,0)	-	-	-	6	150,1	16	G5d/15

Продолжение таблицы Б.6

Мощность, Вт	Номинальный световой поток (световая отдача) ЛЛ типа, лм (лм/Вт)				Средний срок службы, тыс. ч	Размеры, мм, не более		Тип цоколя
	ЛБ	ЛДЦ	ЛЕЦ	ЛТБЦЦ		длина	диаметр	
6	270 (45,0)	-	-	-	6	226,3	16	G5d/15
8	380 (47,5)	-	305 (38,1)	245* (30,6)		302,4		
13	830 (63,8)	-	570 (43,8)	500* (38,5)		531,1		

\* Для цветности ТБЦ с Ra = 82.

Таблица Б.7 – Параметры люминесцентных рефлекторных ламп типа ЛБР

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток (световая отдача), лм (лм/Вт)		Продолжительность горения, тыс. ч		Сила света, кд
		номинальный	после минимальной продолжительности горения	средняя	минимальная	
ЛБР20	20	1050 (52,5)	760 (38,0)	7,5	3	220
ЛБР40	40	2700 (67,5)	2025 (50,6)	11	4,4	500
ЛБР65	65	4400 (67,7)	3300 (50,8)	11	4,4	800
ЛБР80	80	4550 (56,9)	3620 (45,3)	11	4,4	825

Таблица Б.8 – Параметры люминесцентных рефлекторных ламп зарубежных производителей

Серия	Фирма производитель	Мощность, Вт	Световой поток, лм (сила света, кд)	Примечание
FR	Sylvania	40	2600	Диаметр колбы 38 мм. Угол выхода светового потока 135 °
		65	4200	
NL-T12 20R	Radium	65	4800	Диаметр колбы 38 мм
Reflector-LL	Auralight AB	18	1250 (232)	Диаметр колбы 26 мм. Диаметр внешнего стеклянного цилиндра 38 мм. Угол выхода светового потока 200 °. Срок службы 36 тыс. ч. Диапазон рабочих температур окружающей среды от 0 до +10 °С.
		36	3200 (593)	
		58	5000 (920)	

Таблица Б.9 – Параметры компактных люминесцентных ламп

Тип	Мощность, Вт	Световой поток <sup>1</sup> , лм	Световая отдача, лм/Вт	Размеры <sup>2</sup> , мм		Цоколь	Серия (производитель)
				длина	диаметр		
ТС (одноканальные с 2-штифтовым цоколем, встроенным стартером и выносным ЭМПА)	5	250	50,0	108	27	G23	Dulux-S (Osram), PL-S PRO/2p (Philips), Biax-S (GE-Lighting), Lynx CF-S (Sylvania), Ralux RX-S (Radium), КЛ/ТБЦП (Саранское объединение "Лисма"), КЛ/ТБЦ (Брестский ламповый завод).
	7	400	57,1	137	27		
	9	600	66,7	167	27		
	11	900	81,8	237	27		
ТС-Е (одноканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	5	250	50,0	85	27	2G7	Dulux-S/E (Osram), PL-S PRO/4p (Philips), Biax-S/E (GE-Lighting), Lynx CF-SE (Sylvania), Ralux RX-S/E (Radium).
	7	400	57,1	115	27		
	9	600	66,7	145	27		
	11	900	81,8	215	27		
ТС-L (одноканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭМПА)	18	1200	66,7	217	38	2G11	Dulux-L (Osram), Master PL-L/4p (Philips), Biax-L (GE-Lighting), Lynx CF-L (Sylvania), Ralux RX-L (Radium).
	24	1800	75,0	317	38		
	34 <sup>3</sup>	2800	82,4	535	38		
	36	2900	80,6	411	38		
	40 <sup>4</sup>	3500	87,5	533	38		
ТС-L (одноканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	55 <sup>5</sup>	4800	87,3	533	38	2G11	Dulux-L Osram), Master PL-L HF/4p (Philips), Biax-L (GE-Lighting), Lynx CF-LE (Sylvania), Ralux RX-LT <sup>7</sup> (Radium).
	18	1200	66,7	209	38		
	24	1800	75,0	309	38		
	34 <sup>6</sup>	2800	82,4	535	38		
	36	2900	80,6	410	38		
ТС-D (двухканальные с 2-штифтовым цоколем, встроенным стартером и выносным ЭМПА)	40	3500	87,5	535	38	G24d-1 G24d-1 G24d-2 G24d-3	Dulux-D (Osram), Master PL-C/2p (Philips), Biax-D (GE-Lighting), Lynx CF-D (Sylvania), Ralux RX-D (Radium).
	55	4800	87,3	535	38		
	10	600	60,0	110	27		
	13	900	69,2	138	27		
	18	1200	66,7	153	27		
	26	1800	69,2	172	27		

Продолжение таблицы Б.9

Тип	Мощность, Вт	Световой поток <sup>1</sup> , лм	Световая отдача, лм/Вт	Размеры <sup>2</sup> , мм		Цоколь	Серия (производитель)
				длина	диаметр		
ТС-DE (двухканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	10	600	60,0	103	27	G24q-1	Dulux-D/E (Osram),
	13	900	69,2	131	27	G24q-1	Master PL-C/4p (Philips),
	18	1200	66,7	146	27	G24q-2	Biax-D/E (GE-Lighting),
	26	1800	69,2	165	27	G24q-3	Lynx CF-DE (Sylvania), Ralux RX-D/E (Radium).
ТС-F (двухканальные, плоской конструкции с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭМПРА или ЭПРА)	18	1100	61,1	122	79	2G10	Dulux-F (Osram),
	24	1700	70,8	165	79	2G11	Lynx CF-F (Sylvania),
	36	2800	77,8	217	79	2G12	Ralux RX-TW (Radium).
ТС-T (трехканальные с 2-штифтовым цоколем и выносным ЭМПРА)	13 <sup>8</sup>	900	69,2	113	42	GX24d-1	Dulux-T (Osram),
	18	1200	66,7	123	42	GX24d-2	Master PL-T/2p (Philips),
	26	1800	69,2	138	42	GX24d-3	Lynx CF-T (Sylvania), Ralux RX-T (Radium).
ТС-TE (трехканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	13 <sup>9</sup>	900	69,2	106	42	GX24q-1	Dulux-T/E (Osram),
	18	1200	66,7	116	42	GX24q-2	Master PL-T/4p (Philips),
	26	1800	69,2	131	42	GX24q-3	Lynx CF-TE (Sylvania),
	32	2400	75,0	147	42	GX24q-3	Ralux RX-T/E (Radium).
	42 <sup>10</sup>	3200	76,2	168	42	GX24q-4	
ТС-T IN (амальгамные трехканальные с 2-штифтовым цоколем и выносным ЭМПРА)	13 <sup>11</sup>	900	69,2	115	42	GX24d-1	Dulux-T IN (Osram),
	18	1200	66,7	118	42	GX24d-2	Biax-T (GE-Lighting),
	26	1800	69,2	133	42	GX24d-3	Ralux RX-TI (Radium).

Продолжение таблицы Б.9

Тип	Мощность, Вт	Световой поток <sup>1</sup> , лм	Световая отдача, лм/Вт	Размеры <sup>2</sup> , мм		Цоколь	Серия (производитель)	
				длина	диаметр			
ТС-TE IN (амальгамные, трехканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	13 <sup>12</sup>	900	69,2	115	42	GX24g-1	Dulux-T/E IN (Osram),	
	18	1200	66,7	111	42	GX24q-2	Biax-T/E (GE-Lighting),	
	26	1800	69,2	126	42	GX24q-3	Ralux RX-TI/E (Radium).	
	32	2400	75,0	142	42	GX24q-3		
	42	3200	76,2	163	42	GX24q-4		
	57	4300	75,4	197	42	GX24q-5		
ТС-DE (двухканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	10	600	60,0	103	27	G24q-1	Dulux-D/E (Osram),	
	13	900	69,2	131	27	G24q-1	Master PL-C/4p (Philips),	
	18	1200	66,7	146	27	G24q-2	Biax-D/E (GE-Lighting),	
	26	1800	69,2	165	27	G24q-3	Lynx CF-DE (Sylvania), Ralux RX-D/E (Radium).	
ТС-QE IN (амальгамные, четырехканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	42	3200	76,2	154	58	GX24q-4	Biax-Q/E (GE-Lighting).	
Одноканальные с встроеным ЭПРА	3	100	33,3	115	30	E14	Dulux EL LL (Osram), Ralux RX-Q (Radium).	
Двухканальные с встроеным ЭПРА	5	240	48,0	124	36	E14, E27	Dulux EL LL (Osram),	
	6 <sup>13</sup>	230	38,3	115	36		PLE-C PRO (Philips),	
	7	400	57,1	134	45		Economy 3Y (Philips),	
	8 <sup>14</sup>	400	50,0	121	36		Economy 6Y (Philips),	
	9 <sup>15</sup>	425	47,2	150	45		Electronic Biax M (GE-Lighting),	
	11	600	54,5	143	45		Electronic Biax D (GE-Lighting),	
	13 <sup>16</sup>	600	46,2	160	45		Mini-Lynx (Sylvania),	
	14 <sup>17</sup>	850	60,7	165	45		Ralux RX-Q (Radium),	
	15 <sup>18</sup>	900	60,0	165	-		E14, E27, B22d	КЛС/ТБЦ (Саранское объединение "Лисма").
	18 <sup>19</sup>	1100	61,1	177	45			
	20 <sup>20</sup>	1200	60,0	176	-			

Продолжение таблицы Б.9

Тип	Мощность, Вт	Световой поток <sup>1</sup> , лм	Световая отдача, лм/Вт	Размеры <sup>2</sup> , мм		Цоколь	Серия (производитель)
				длина	диаметр		
Двухканальные с встроенным ЭПРА и встроенным фотоэлементом	11	600	54,5	137	-	E27	Mini-Lynx Automatic (Sylvania).
	15	900	60,0	165	-		
ТС-DE (двухканальные с 4-штифтовым цоколем и выносным ЭПРА)	10	600	60,0	103	27	G24q-1	Dulux-D/E (Osram),
	13	900	69,2	131	27	G24q-1	Master PL-C/4p (Philips),
	18	1200	66,7	146	27	G24q-2	Biax-D/E (GE-Lighting),
	26	1800	69,2	165	27	G24q-3	Lynx CF-DE (Sylvania), Ralux RX-D/E (Radium).
Трехканальные с встроенным ЭПРА	11 <sup>21</sup>	600	54,5	126	55	E27, B22d	Dulux EL LL (Osram),
	15	900	60,0	143	52		PL E-T PRO (Philips),
	18 <sup>22</sup>	900	50,0	170	85		Electronic Biax T амальгамная (GE-Lighting),
	20	1200	60,0	157	52		Mini-Lynx T (Sylvania),
	23	1500	65,2	176	58		Ralux RX-Q (Radium),
25 <sup>23</sup>	1200	48,0	180	85	КЛС/ТБЦ (Саранское объединение "Лисма").		
Трехканальные с встроенным ЭПРА и встроенным фотоэлементом	15	900	60,0	151	52	E27	Dulux EL Sensor (Osram), Ralux RX-QS (Radium).
Четырехканальные с встроенным ЭПРА	23	1500	65,2	159	58	E27	Electronic Biax Q амальгамная (GE-Lighting).
Лампа с комбинированным отражателем (рефлектром) и встроенным ЭПРА	15	335 <sup>24</sup>		145	102	E27	Dulux EL Reflector (Osram),
	20	450 <sup>25</sup>		163	117,5		Ralux RX-R (Radium).

Продолжение таблицы Б.9

Тип	Мощность, Вт	Световой поток <sup>1</sup> , лм	Световая отдача, лм/Вт	Размеры <sup>2</sup> , мм		Цоколь	Серия (производитель)
				длина	диаметр		
Лампа с шаровой колбой и встроенным ЭПРА	9 <sup>26</sup>	425	47,2	150	94	E 27	Dulux EL Globe (Osram),
	11 <sup>27</sup>	450	40,9	152	80		PL E-D PRO (Philips),
	12 <sup>28</sup>	600	50,0	150	94		Ambiance Globe (Philips),
	15	700	46,7	171	100		Electronic Biax Globe
	16 <sup>29</sup>	850	53,1	179	121		(GE-Lighting),
	20	1000	50,0	192	120		Mini-Lynx-Globe (Sylvania),
23 <sup>30</sup>	1350	58,7	182	121	Ralux RX-G (Radium).		

<sup>1</sup> В таблице указано среднее значение светового потока для различных серий ламп.  
<sup>2</sup> Размеры приведены для серий фирмы Radium. Для других фирм размеры могут отличаться.  
<sup>3</sup> Выпускается только в серии Biax L.  
<sup>4</sup> Только для серии Ralux RX-L.  
<sup>5</sup> Только для серии Ralux RX-L.  
<sup>6</sup> Выпускается только в серии Biax L.  
<sup>7</sup> Производятся лампы мощностью 18 и 24 Вт.  
<sup>8</sup> В сериях PL-T/2p, Lynx CF-T не выпускается.  
<sup>9</sup> В сериях PL-T/4p, Lynx CF-TE не выпускается.  
<sup>10</sup> Выпускается только в сериях Ralux RX-T/E, Master PL-T/4p.  
<sup>11</sup> Выпускается только в серии Biax-T.  
<sup>12</sup> Выпускается только в серии Biax-T/E.  
<sup>13</sup> Выпускается только в серии Economy 6Y.  
<sup>14</sup> Выпускается только в серии PL E-C PRO.  
<sup>15</sup> Выпускается только в сериях Economy 6Y, Economy 3Y, КЛС/ТБЦ.  
<sup>16</sup> Выпускается только в серии КЛС/ТБЦ.  
<sup>17</sup> Выпускается в сериях PL E-C PRO, Economy 3Y, Economy 6Y.  
<sup>18</sup> Выпускается только в серии Mini-Lynx.  
<sup>19</sup> Выпускается в сериях PL E-C PRO, Economy 3Y, Economy 6Y.  
<sup>20</sup> Выпускается только в серии Mini-Lynx.  
<sup>21</sup> Выпускается только в серии PL E-T PRO.  
<sup>22</sup> Выпускается только в серии КЛС/ТБЦ.  
<sup>23</sup> Выпускается только в серии КЛС/ТБЦ.  
<sup>24</sup> Сила света, кд.  
<sup>25</sup> Сила света, кд.  
<sup>26</sup> Выпускается только в серии Ambiance Globe.  
<sup>27</sup> Выпускается только в серии Electronic Biax Globe.  
<sup>28</sup> Выпускается только в серии Ambiance Globe.  
<sup>29</sup> Выпускается в сериях Ambiance Globe и PL E-D PRO.  
<sup>30</sup> Выпускается в сериях PL E-D PRO и Electronic Biax Globe (световой поток 1250 лм).

Таблица Б.10 – Параметры безэлектродных индукционных люминесцентных ламп

Тип лампы*	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Общий индекс цветопередачи	Тип цоколя	Производитель
Master QL55	55	3500	63,6	60000	80	-	Philips
Master QL85	85	6000	70,6	60000	80	-	Philips
Master QL165	165	12000	72,7	60000	80	-	Philips
Genura	23	1100	47,8	15000	82	E 27	GE-Lighting
Endura 100W	100	8000	80,0	60000	80-89	-	Osram
Endura 150W	150	12000	80,0	60000	80-89	-	Osram

\* БИЛЛ типа QL и Genura имеют форму разрядной трубки, аналогичную лампам накаливания, типа Endura – в виде вытянутого кольца.

Таблица Б.11 – Параметры ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя
ДРЛ50(15)	50	1,9	38,0	10	56	130	E27/27
ДРЛ80(6)	80	3,3	41,3	12	73	160	E27/30
ДРЛ80(10)		3,6	45,0				E27/30
ДРЛ80(15)		3,6	45,0				E27/27
ДРЛ125(6)	125	5,9	47,2	12	78	184	E27/30
ДРЛ125(10)		6,3	50,4				E27/30
ДРЛ125(15)		6,3	50,4				E27/27
ДРЛ250(6)-4	250	13	52,0	12	91	227	E40/45
ДРЛ250(10)-4		13,5	54,0				
ДРЛ250(14)-4		13,5	54,0				
ДРЛ400(6)-4	400	23,5	58,8	15	122	292	E40/45
ДРЛ400(10)-4		24	60,0				
ДРЛ400(12)-4		24	60,0				
ДРЛ700(6)-3	700	40,6	58,0	20	152	368	E40/45
ДРЛ700(10)-3		41	58,6				
ДРЛ700(12)-3		41	58,6				
ДРЛ1000(6)-3	1000	58	58,0	18	178	400	E40/45
ДРЛ1000(10)-3		59	59,0				
ДРЛ1000(12)-3		59	59,0				
ДРЛ2000	2000	120	60,0	6	187	445	E40/55x47

Таблица Б.12 – Аналоги ламп типа ДРЛ

Российские производители	GE Lighting	Radium	Osram	Philips	Sylvania
Цветовая температура 4000 - 4300 К, цветопередача $R_a \approx 42$ .					
ДРЛ50	H50/27	HRL 50W/230/E27	HQL 50	HPL-N 50W	HSL-BW 50W
ДРЛ80	H80/27	HRL 80W/230/E27	HQL 80	HPL-N 80W	HSL-BW 80W
ДРЛ125	H125/27	HRL 125W/230/E27	HQL 125	HPL-N 125W	HSL-BW 125W
ДРЛ250	H250/40	HRL 250W/230/E40	HQL 250	HPL-N 250W	HSL-BW 250W
ДРЛ400	H400/40	HRL 400W/230/E40	HQL 400	HPL-N 400W	HSL-BW 400W
ДРЛ700	H700/40	HRL 700W/230/E40	HQL 700	HPL-N 700W	HSL-BW 700W
ДРЛ1000	H1000/40	HRL 1000W/230/E40	HQL 1000	HPL-N 1000W	HSL-BW 1000W
Цветовая температура 3300-3500 К, цветопередача $R_a \approx 60$ .					
-	H50NDX/27	HRL 50W/DL/230/E27	HQL 50 DE LUXE	HPL COMFORT PRO 50W	HSL-SC 50W
-	H80NDX/27	HRL 80W/DL/230/E27	HQL 80 DE LUXE	HPL COMFORT PRO 80W	HSL-SC 80W
-	H125NDX/27	HRL 125W/DL/230/E27	HQL 125 DE LUXE	HPL COMFORT PRO 125W	HSL-SC 125W
-	H250NDX/40	-	HQL 250 DE LUXE	HPL COMFORT PRO 250W	HSL-SC 250W
-	H400NDX/40	-	HQL 400 DE LUXE	HPL COMFORT PRO 400W	HSL-SC 400W

*Примечание* – Срок службы зарубежных аналогов 16000 ч для ламп мощностью 50 Вт и 20000 ч для остальных ламп.

Таблица Б.13 – Параметры металлогалогенных ламп типа ДРИ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя
С добавками иодидов натрия и скандия, $T_{цв} = 4200$ К; $R_a = 60 \dots 65$							
ДРИ125	125	8,3	66,4	3	46	170	E27/27
ДРИ175	175	12	68,6	4	46	211	E27/27
ДРИ250-5	250	19	76,0	10	91	227	E40/45
ДРИ250-6	250	19	76,0	3	60	227	E40/45
ДРИ400-5	400	35	87,5	10	122	290	E40/45
ДРИ400-6	400	32	80,0	3	62	290	E40/45

Продолжение таблицы Б.13

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя
ДРИ700-5	700	60	85,7	9	152	370	E40/65x x50БМ
ДРИ700-6	700	56	80,0	3	80	350	E40/65x x50БМ
ДРИ1000-5	1000	90	90,0	9	176	390	E40/45
ДРИ1000-6	1000	90	90,0	3	80	350	E40/45
ДРИ2000-6	2000	200	100,0	2	100	430	E40/65x x50БМ
ДРИ3500-6	3500	350	100,0	1,5	100	430	E40/65x x50БМ
ДМЗ-3000	3000	240	80,0	1,5	190	470	специальный
ДРИ3125	125	4,5	36,0	2	140	200	E27/30
ДРИ3125-1	125	4,7	37,6	2	140	200	E27/30
ДРИ3175	175	5,8	33,1	2,5	140	200	E27/30
ДРИ3175-1	175	6,2	35,4	2,5	140	200	E27/30
ДРИ3250	250	13,7	54,8	7,5	168	280	E27/30
ДРИ3250-1	250	12	48,0	7,5	165	290	E27/30
ДРИ3250-2 <sup>1</sup>	250	13,7	54,8	7,5	165	280	E40/45
ДРИ3400-1	400	24	60,0	7,5	225	355	E40/65x50
ДРИ3400-2 <sup>1</sup>	400	24	60,0	7,5	179	290	E40/45
ДРИ3400-3 <sup>2</sup>	400	24	60,0	7,5	183	325	E40/45
ДРИ3700-1	700	45	64,3	5	253	355	E40/45
ДРИ3700-2 <sup>1</sup>	700	45	64,3	7,5	255	355	E40/65X50
ДРИ3700-3 <sup>2</sup>	700	45	64,3	7,5	255	355	E40/65X50
С добавками иодидов натрия, галлия, индия, $T_{\text{цв}} = 5000 \pm 500 \text{ K}$ , $R_a = 55 \dots 60$							
ДРИ250	250	18,7	74,8	3	91	227	E40/45
ДРИ400	400	34	85,0	6	91	227	E40/45
ДРИ700	700	59,5	85,0	5	122	300	E40/55X47

<sup>1</sup> КСС типа Г;<sup>2</sup> КСС типа К.

Таблица Б.14 – Аналоги ламп типа ДРИ

Российские производители	GE Lighting	Radium <sup>4</sup>	Osram <sup>5</sup>	Philips <sup>6</sup>	Sylvania <sup>7</sup>
ДРИ70 <sup>1</sup>	CMH70/E27	HRI-E 70W/E27	HCI-TT 70W E27; HCI-E/P 70W E27; HQI E 70W E27;	MASTERcolour CDM-TT 70/E27 <sup>2</sup> ; MASTERcolour CDM-ET 70/E27 <sup>2</sup>	-
ДРИ75 <sup>1</sup>	-	-	-	-	HSI-MP 75W/E27
ДРИ100 <sup>1</sup>	MXR100/E27 <sup>2</sup>	HRI-E 100W/E27	HQI E 100W E27;	-	HSI-MP 100W/E27
ДРИ125	-	-	-	-	-
ДРИ150 <sup>1</sup>	CMH150/E40	HRI-E 150W/E27	HCI-TT 150W E40; HCI-E/P 150W E27; HQI E 150W E27;	MASTERcolour CDM-TT 150/E27 <sup>2</sup> ; MASTERcolour CDM-ET 150/E27 <sup>2</sup>	HSI-MP 150W/E27
ДРИ175	-	-	-	-	-
ДРИ250	ARC250/E40 <sup>2</sup>	HRI-E 250W/E40; HRI-T 250W/E40	HCI-T 250W E40; HCI-E 250W E40; HQI T 250W E40; HQI E/P 250W E40;	MASTER HPI PLUS 250/E40; MASTER HPI-T PLUS 250/E40	HSI-HX 250W/E40; HSI-THX 250W/E40; HSI-T 250W/E40; HSI-SX 250W/E40; HSI-TSX 250W/E40
ДРИ400	ARC400/E40 <sup>2</sup> ; KRC400/E40 <sup>3</sup>	HRI-E 400W/E40 HRI-T 400W/E40	HQI T 400W E40; HQI E/P 400W E40;	MASTER HPI PLUS 400/E40; MASTER HPI-T PLUS 400/E40	HSI-HX 400W/E40; HSI-THX 400W/E40; HSI-T 400W/E40; HSI-SX 400W/E40; HSI-TSX 400W/E40
ДРИ700	-	-	-	-	-
ДРИ1000	-	HRI-E 1000W/E40; HRI-T 1000W/E40	HQI T 1000W E40; HQI E 1000W E40;	HPI-T PRO 1000/E40	HIS-T 1000W/E40

Продолжение таблицы Б.14

Российские производители	GE Lighting	Radium <sup>4</sup>	Osram <sup>5</sup>	Philips <sup>6</sup>	Sylvania <sup>7</sup>
ДРИ2000	-	HRI-T 2000W/E40	HQI T 2000W E40;	HPI-T PRO 1000/E40	HSI-T 2000W/E40
ДРИ3500	-	HRI-T 3500W/E40	HQI T 3500W E40;	-	-

<sup>1</sup> Не выпускаются.  
<sup>2</sup> Работают с балластами для натриевых и металлогалогенных ламп.  
<sup>3</sup> Работают с балластами для дуговых ртутных ламп и зажигающим устройством для металлогалогенных ламп.  
<sup>4</sup> В обозначении лампы буква после дефиса E – эллипсоидная форма колбы, T – цилиндрическая форма колбы.  
<sup>5</sup> HCI – лампа с керамической горелкой, HQI – с кварцевой горелкой. В обозначении лампы буква после дефиса (пробела) E – эллипсоидная форма колбы, T – цилиндрическая форма колбы.  
<sup>6</sup> Все лампы, кроме MASTERcolour CDM-TT и MASTERcolour CDM-ET, работают с балластами для дуговых ртутных ламп. В обозначении лампы буква после дефиса T – цилиндрическая форма колбы, E (может отсутствовать) – эллипсоидная форма колбы.  
<sup>7</sup> В обозначении лампы буквы после дефиса:  
MP – эллипсоидная форма колбы, теплый или холодный белый свет,  $R_a = 60 \dots 79$ ;  
HX – эллипсоидная форма колбы, холодный белый свет,  $R_a > 80$  ;  
THX – цилиндрическая форма колбы, холодный белый свет,  $R_a > 80$ ;  
T – цилиндрическая форма колбы, дневной свет,  $R_a > 80$ ;  
SX – эллипсоидная форма колбы, холодный белый свет,  $R_a = 60 \dots 79$ ;  
TSX – цилиндрическая форма колбы, холодный белый свет,  $R_a = 60 \dots 79$ .

Таблица Б.15 – Параметры натриевых ламп низкого давления

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Фирма-производитель
MASTER SOX-E 18	18	1770	99,0	-	52	216	Philips
SOX18		1800	100,	16000	-	216	GE Lighting
MASTER SOX-E 26	26	3700	137,0	-	52	311	Philips
SOX26E		4060	156,2	16000	-	311	GE Lighting
SOX PRO 35	35	4550	123,0	-	52	311	Philips
SOXPLUS35W		4600	131,4	16000	-	311	GE Lighting
SOX35		4600	131,4	16000	-	311	GE Lighting
SLP-35 W		4500	128,6	-	-	310	Sylvania
SOX 35W	37	4600	124,3	-	54	311	Radium

Продолжение таблицы Б.15

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Фирма-производитель
MASTER SOX-E 36	36	6100	160,0	-	52	425	Philips
SOX36E		6400	177,8	16000	-	425	GE Lighting
SOX PRO 55	55	7800	140,0	-	52	425	Philips
SOXPLUS55W		7650	139,1	16000	-	425	GE Lighting
SOX55		7650	139,1	16000	-	425	GE Lighting
SLP-55 W		7400	134,5	-	-	425	Sylvania
SOX 55W	56	8100	144,6	-	54	425	Radium
MASTER SOX-E 66	66	10700	165,0	-	68	528	Philips
SOX66E		10800	163,6	16000	-	528	GE Lighting
ДHaO85	85	6800	80,0	5000	38	550	-
SOX PRO 90	90	13000	146,0	-	68	528	Philips
SOXPLUS90W		12750	141,7	16000	-	528	GE Lighting
SOX90		12750	141,7	16000	-	528	GE Lighting
SLP-90 W		13000	144,4	-	-	528	Sylvania
SOX 90W	91	13500	148,4	-	68	528	Radium
MASTER SOX-E 91	91	17000	189,0	-	68	775	Philips
SOX91E		16800	184,6	16000	-	775	GE Lighting
MASTER SOX-E 131	131	26000	203,0	-	68	1120	Philips
SOX131E		26000	198,5	16000	-	1120	GE Lighting
SOX PRO 135	135	20800	161,0	-	68	775	Philips
SOXPLUS135 W		22000	163,0	16000	-	775	GE Lighting
SOX135		22000	163,0	16000	-	775	GE Lighting
SLP-135 W		21500	159,3	-	-	775	Sylvania
SOX 135W		22500	166,7	-	68	775	Radium
ДHaO140		140	9800	70,0	2000	75	560

Продолжение таблицы Б.15

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Диаметр внешней колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Фирма-производитель
SOX PRO 180	180	32500	179,0	-	68	1120	Philips
SLP-180 W		33000	183,3	-	-	1120	Sylvania
SOX 180W	185	32000	173,0	-	68	1120	Radium
<i>Примечание – Лампа ДНаО85 имеет цоколь G13/35, ДНаО140 - В15, все остальные лампы – ВУ22d.</i>							

Т а б л и ц а Б.16 – Параметры натриевых ламп высокого давления

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель
<b>В прозрачной цилиндрической колбе</b>							
ДНаТ50	50	3700	74,0	12000	-	E27	Рефлакс
LU50/90/T/27		3400	68,0	28500	154	E27	GE Lighting
LU50/85/HO/T/27		4000	80,0	28500	154	E27	GE Lighting
LU50/90/SBY/T/27		3400	68,0	40000	156	E27	GE Lighting
Master SON-T PIA Plus 50		4400	88,0	-	156	E27	Philips
SHP-TS 50W/CL/E		4000	80,0	-	156	E27	Sylvania
SHP-TS 50W Twinarc		4000	80,0	40000	156	E27	Sylvania
ДНаТ70		70	6000	85,7	12000	-	E27
LU70/90/T/27	6000		85,7	28500	154	E27	GE Lighting
LU70/90/HO/T/27	6500		92,9	28500	154	E27	GE Lighting
LU70/90/SBY/T/27	70	6000	85,7	40000	156	E27	GE Lighting
SON-T PRO 70		6000	85,7	-	156	E27	Philips
Master SON-T PIA Plus 70		6600	94,3	-	156	E27	Philips
SHP-TS 70W/CL/E		6500	92,9	-	156	E27	Sylvania
SHP-TS 70W Twinarc		6500	92,9	40000	156	E27	Sylvania

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель
ДНаТ100	100	10500	105,0	16000	-	E40	Рефлакс
LU100/100/T/40		9600	96,0	28500	209	E40	GE Lighting
LU100/100/HO/T/40		10000	100,0	28500	210	E40	GE Lighting
LU100/100/SBY/T/40		9600	96,0	40000	211	E40	GE Lighting
WLS 100 TC		8800	88,0	20000	211	E40	Natrium
WLS 100 TC EXTRA		10000	100,0	20000	211	E40	Natrium
Master SON-T PIA Plus 100		10500	105,0	-	211	E40	Philips
SHP-TS 100W/CL/E		10000	100,0	-	211	E40	Sylvania
SHP-TS 100W Twinarc		10000	100,0	40000	211	E40	Sylvania
ДНаТ150		150	15000	100,0	16000	-	E40
LU150/100/T/40	15000		100,0	28500	209	E40	GE Lighting
LU150/150/HO/T/40	17500		116,7	28500	210	E40	GE Lighting
LU150/100/SBY/T/40	15000		100,0	50000	211	E40	GE Lighting
WLS 150 TC	14500		96,7	20000	211	E40	Natrium
WLS 150 TC EXTRA	17000		113,3	20000	211	E40	Natrium
SON-T PRO150	15000		100,0	-	211	E40	Philips
Master SON-T PIA Plus 150	16500		110,0	-	211	E40	Philips
SHP-T 150W/CL/E	14500		96,7	-	211	E40	Sylvania
SHP-TS 150W/CL/E	17000		113,3	-	211	E40	Sylvania
SHP-TS 150W Twinarc	17000	113,3	50000	211	E40	Sylvania	
ДНаТ250	250	28000	112,0	20000	-	E40	Рефлакс
LU250/T/40		27500	110,0	28500	257	E40	GE Lighting
LU250/HO/T/40		33000	132,0	28500	257	E40	GE Lighting
LU250/SBY/T/40		27500	110,0	55000	260	E40	GE Lighting
WLS 250 TC		27000	108,0	20000	260	E40	Natrium

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель
WLS 250 TC EXTRA	250	32000	128,0	20000	260	E40	Natrium
SON-T PRO250		28000	112,0	-	257	E40	Philips
Master SON-T PIA Plus 250		32000	128,0	-	257	E40	Philips
SHP-T 250W/CL/E		28000	112,0	-	260	E40	Sylvania
SHP-TS 250W Twinarc		32000	128,0	55000	260	E40	Sylvania
ДHaT400	400	48000	120,0	20000	-	E40	Рефлакс
LU400/T/40		50000	125,0	28500	280	E40	GE Lighting
LU400/HO/T/40		56500	141,3	28500	285	E40	GE Lighting
LU400/SBY/T/40		50000	125,0	55000	283	E40	GE Lighting
WLS 400 TC		48000	120,0	20000	292	E40	Natrium
WLS 400 TC EXTRA		55000	137,5	20000	292	E40	Natrium
SON-T PRO400		48000	120,0	-	283	E40	Philips
Master SON-T PIA Plus 400		55000	137,5	-	283	E40	Philips
SHP-T 400W/CL/E		48000	120,0	-	292	E40	Sylvania
SHP-TS 400W Twinarc		55000	137,5	55000	292	E40	Sylvania
LU600/HO/T/40	600	90000	150,0	28500	285	E40	GE Lighting
Master SON-T PIA Plus 600		90000	150,0	-	283	E40	Philips
SHP-TS 600W/CL/E		90000	150,0	-	292	E40	Sylvania
ДHaT1000	1000	130000	130,0	16000	-	E40	Рефлакс
LU1000/110/T/40		130000	130,0	24000	380	E40	GE Lighting
SON-T PRO1000 SHP-T 1000W/CL/E		130000	130,0	-	390	E40	Philips
	1000	130000	130,0	-	382	E40	Sylvania
<b>В прозрачной цилиндрической колбе (без ртути)</b>							
SHP-TS 70W MercuryFree	70	6500	92,9	24000	156	E27	Sylvania

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель	
Master SON-T PIA Hg free 100	100	8800	88,0	-	211	E40	Philips	
SHP-TS 100W MercuryFree		10000	100,0	24000	211	E40	Sylvania	
Master SON-T PIA Hg free 150	150	15000	100,0	-	211	E40	Philips	
SHP-TS 100W MercuryFree		17000	113,3	24000	211	E40	Sylvania	
Master SON-T PIA Hg free 250	250	28000	112,0	-	257	E40	Philips	
SHP-TS 250W MercuryFree		32000	128,0	24000	260	E40	Sylvania	
Master SON-T PIA Hg free 400	400	48000	120,0	-	283	E40	Philips	
SHP-TS 400W MercuryFree		55000	137,5	24000	292	E40	Sylvania	
<b>В прозрачной цилиндрической колбе улучшенной цветопередачи <math>R_a = 65</math></b>								
SON-T Comfort PRO 150	150	13000	86,7	-	211	E40	Philips	
SON-T Comfort PRO 250	250	23000	92,0	-	257	E40	Philips	
SON-T Comfort PRO 400	400	38000	95,0	-	283	E40	Philips	
<b>В светорассеивающей эллипсоидной колбе</b>								
ДHaMr50	50	3500	70,0	12000	-	E27	Рефлакс	
LU50/90/D/27		3300	66,0	28500	160	E27	GE Lighting	
LU50/90/SBY/D/27		3300	66,0	40000	156	E27	GE Lighting	
SON PRO 50		3500	70,0	-	156	E27	Philips	
Master SON PIA 50		3500	70,0	-	156	E27	Philips	
SHP 50W/CO/E		3300	66,0	-	165	E27	Sylvania	
SHP-S 50W/CO/E		3600	72,0	-	165	E27	Sylvania	
SHP-S 50W Twinarc		3600	72,0	40000	165	E27	Sylvania	
ДHaMr70		70	5600	80,0	12000	-	E27	Рефлакс
LU70/90/D/27			5800	82,9	28500	160	E27	GE Lighting
LU70/90/SBY/D/27	5800		82,9	40000	156	E27	GE Lighting	
WLS 70 ED	5600		80,0	20000	165	E27	Natrium	
SON PRO 70	5600		80,0	-	156	E27	Philips	

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель	
Master SON PIA 70	70	5600	80,0	-	156	E27	Philips	
SHP 70W/CO/E		5800	82,9	-	165	E27	Sylvania	
SHP-S 70W/CO/E		6000	85,7	-	165	E27	Sylvania	
SHP-S 70W Twinarc		6000	85,7	40000	165	E27	Sylvania	
ДНаМт100+	100	10000	100,0	16000	-	E40	Рефлакс	
LU100/100/D/40		9200	92,0	28500	186	E40	GE Lighting	
LU100/100/HO/D/40		9600	96,0	28500	186	E40	GE Lighting	
LU100/100/SBY/D/40		9200	92,0	40000	186	E40	GE Lighting	
WLS 100 ED		8400	84,0	20000	186	E40	Natrium	
Master SON PIA Plus 100		10000	100,0	-	186	E40	Philips	
SHP-S 100W/CO/E		9500	95,0	-	186	E27, E40	Sylvania	
SHP-S 100W Twinarc		9500	95,0	40000	186	E40	Sylvania	
ДНаМт150		150	14000	93,3	16000	-	E40	Рефлакс
LU150/100/D/40			14500	96,7	28500	232	E40	GE Lighting
LU150/100/HO/D/40	16900		112,7	28500	227	E40	GE Lighting	
LU150/100/SBY/D/40	14500		96,7	50000	227	E40	GE Lighting	
WLS 150 ED	14000		93,3	20000	227	E40	Natrium	
SON PRO 150	14500		96,7	-	226	E40	Philips	
Master SON PIA Plus 150	16000		106,7	-	226	E40	Philips	
SHP 150W/CO/E	14000		93,3	-	227	E40	Sylvania	
SHP-S 150W/CO/E	15500		103,3	-	227	E40	Sylvania	
SHP-S 150W Twinarc	16500		110,0	50000	227	E40	Sylvania	
ДНаМт250	250	26000	104,0	20000	-	E40	Рефлакс	
LU250/D/40		26000	104,0	28500	232	E40	GE Lighting	
LU250/HO/D/40		31200	124,8	28500	227	E40	GE Lighting	
LU250/SBY/D/40		26000	104,0	55000	227	E40	GE Lighting	

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель
WLS 250 ED	250	26000	104,0	20000	227	E40	Natrium
SON PRO 250		27000	108,0	-	226	E40	Philips
Master SON PIA Plus 250		30000	120,0	-	226	E40	Philips
SHP 250W/CO/E		26000	104,0	-	227	E40	Sylvania
SHP-S 250W Twinarc		31050	124,2	55000	227	E40	Sylvania
ДНаМт400	400	45000	112,5	20000	-	E40	Рефлакс
LU400/D/40		47500	118,8	28500	292	E40	GE Lighting
LU400/HO/D/40		53700	134,3	28500	282	E40	GE Lighting
LU400/SBY/D/40		47500	118,8	55000	282	E40	GE Lighting
WLS 400 ED		46000	115,0	20000	292	E40	Natrium
SON PRO 400		48000	120,0	-	290	E40	Philips
Master SON PIA Plus 400		54000	135,0	-	290	E40	Philips
SHP 400W/CO/E		47000	117,5	-	292	E40	Sylvania
SHP-S 400W Twinarc		52500	131,3	55000	292	E40	Sylvania
LU1000/110/D/40		1000	120000	120,0	24000	410	E40
SON PRO 1000	130000		130,0	-	400	E40	Philips
<b>В светорассеивающей эллипсоидной колбе (без ртути)</b>							
SHP-S 70W MercuryFree	70	6000	85,7	24000	165	E27	Sylvania
SHP-S 100W MercuryFree	100	9500	95,0	24000	186	E40	Sylvania
Master SON PIA Hg free 150	150	14500	96,7	-	226	E40	Philips
SHP-S 150W MercuryFree		15500	103,3	24000	227	E40	Sylvania
Master SON PIA Hg free 250	250	27000	108,0	-	226	E40	Philips
SHP-S 250W MercuryFree		31500	126,0	24000	227	E40	Sylvania
Master SON PIA Hg free 400	400	48000	120,0	-	290	E40	Philips
SHP-S 400W MercuryFree		52500	131,3	24000	292	E40	Sylvania

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель
<b>В светорассеивающей эллипсоидной колбе улучшенной цветопередачи <math>R_a = 65</math></b>							
SON Comfort PRO 150	150	12500	83,3	-	226	E40	Philips
SON Comfort PRO 250	250	22000	88,0	-	226	E40	Philips
SON Comfort PRO 400	400	37000	92,5	-	290	E40	Philips
<b>Для непосредственной замены ртутных ламп</b>							
SPX ECO ARC	98	7400	75,5	24000	178	E27	Sylvania
SHX-110 W	110	8000	72,7	-	178	E27	Sylvania
LUH110/D/27		8800	80,0	16000	175	E27	GE Lighting
WLS 110 ED		8000	72,7	-	175	E27	Natrium
SON-H PRO 110		10400	94,5	-	169	E27	Philips
SPX ECO ARC	190	17000	89,5	24000	227	E40	Sylvania
SHX-210 W	210	18000	85,7	-	227	E40	Sylvania
WLS 210 ED		18000	85,7	-	227	E40	Natrium
LUH215/D/EZ/40	215	18000	83,7	12000	232	E40	GE Lighting
ДНаМт220	220	19000	86,4	12000	-	E40	Рефлакс
REFLUX-H (ДНаЗ)220		20000	90,9	12 000	320	EX 40/60x 47	Рефлакс
SON-H PRO 220		20000	90,9	-	226	E40	Philips
SPX ECO ARC	295	32000	108,5	24000	292	E40	Sylvania
WLS 330 ED	330	32000	97,0	-	292	E40	Natrium
ДНаМт350	350	33000	94,3	12000	-	E40	Рефлакс
REFLUX-H (ДНаЗ)350		34000	97,1	12 000	320	EX 40/60x 47	Рефлакс
SHX-350 W		34000	97,1	-	292	E40	Sylvania
SON-H PRO 350		34000	97,1	-	290	E40	Philips
<b>Зеркальные лампы</b>							
REFLUX (ДНаЗ) 50	50	3500	70,0	12 000	200	E 27	Рефлакс
REFLUX (ДНаЗ) 70	70	5000	71,4	12 000	200	E 27	Рефлакс
REFLUX (ДНаЗ) 100+	100	9800	98,0	16 000	250	EX 40/46	Рефлакс

Продолжение таблицы Б.16

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Фирма-производитель
REFLUX (ДНаЗ) 150	150	14000	93,3	16 000	250	EX 40/46	Рефлакс
REFLUX (ДНаЗ) 250	250	26000	104,0	20 000	320	EX 40/60x47	Рефлакс
REFLUX (ДНаЗ) 400	400	46000	115,0	20 000	320	EX 40/60x 47	Рефлакс
REFLUX (ДНаЗ) 400 Супер	400	52000	130,0	20 000	320	EX 40/60x 47	Рефлакс
REFLUX (ДНаЗ) 600 Супер	600	86000	143,3	20 000	320	EX 40/60x 47	Рефлакс

Таблица Б.17 – Параметры ксеноновых ламп типа ДКсТ

Тип лампы	Мощность лампы, кВт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Полная длина лампы, мм	Средняя продолжительность горения, ч
ДКсТБ2000	2	40	20,0	370	500
ДКсТ5000	5	100	20,0	646	400
ДКсТ10000	10	250	25,0	1260	800
ДКсТЛ10000	10	250	25,0	1190	800
ДКсТ10000-3	10	260	26,0	1680	1350
ДКсТ20000	20	500	25,0	1990	800
ДКсТ20000-3	20	600	30,0	2400	1350
ДКсТ50000	50	2230	44,6	2700	500
ДКсТВ6000	6	210	35,0	478	-
ДКсТВ15000	15	600	40,0	460	-
ДКсТВ50000	50	2080	41,6	935	-
ДПКс1500	1,5	38	25,3	396	-
ДПКс5000	5	150	30,0	-	-
ДНКс8000	8	240	30,0	-	-

Таблица Б.18 – Параметры безэлектродных СВЧ-ламп [19]

Тип лампы	Образец 1994 г.	Образец 1995 – 1996 г.г.	Solar 1000™	Lightdrive 1000™	Perpetual Light Pump
Мощность СВЧ-накачки, кВт	3,1	3,1	1,0	1,0	1,0
Мощность СВЧ-лампового модуля, кВт	5,9	5,1	1,4-1,5	1,4	1,4*
Световой поток, клм	445	480	135	135-140	133*
Световая отдача лампового модуля, лм/Вт	75,4	94,1	93,1	97,9	95,0
Коэффициент мощности	0,93 - 0,94	0,93 - 0,94	0,93 - 0,94	0,99	0,99*
Пульсация, %	-	-	15	<5	-
Индекс цветопередачи	86	86	79	78 - 79	79
Цветовая температура, К	6300	6000	6000	6000	6000
Время разгорания, с	5	5 - 15	15 - 25	15 - 25	15 – 25
Вид охлаждения	Принудительное воздушное	Принудительное воздушное	Естественное воздушное	Естественное воздушное	Естественное воздушное
Аппертура формирователя светового потока	Круглая, совместимая со световодом диаметром 250 мм	Круглая, совместимая со световодом диаметром 250 мм	Круглая, совместимая со световодом диаметром 250 мм	а) круглая, совместимая со световодом диаметром 250 мм; б) круглая, совместимая со световодом диаметром 400 мм; в) прямоугольная 397х408 мм	52 разъема с выходом на волоконные световоды диаметром 12 мм
* Предположительные данные.					

Таблица Б.19 – Параметры суперярких светозлучающих диодов с диаметром корпуса 5 мм

Тип	Цвет	Длина волны, нм	Сила света при $I_{np}=20\text{мА}$ , мкд	Угол излучения, град	Производитель*
HLMP-CW15	Белый	-	1300	15	Agilent
HLMP-CW30	“-	“-	450	30	“-
LWK3343	“-	“-	4000	15	Ligitek
LWK3333	“-	“-	5000	20	“-
LWK3343-30	“-	“-	2000	30	“-
LWK3343-50	“-	“-	2000	50	“-
NSPW500BS	“-	“-	5600	20	NCI
NSPW510BS	“-	“-	1600	50	“-
NSPW515BS	“-	“-	420	70	“-
HLMP-CB15-R0000	Синий	480	1300	15	Agilent
HLMP-CB30-M0000	“-	480	450	30	“-
LDBK3343	“-	470	4300	15	Ligitek
LSBK3333	“-	468	1500	20	“-
LDBK3333	“-	470	4300	20	“-
LDBK13743	“-	470	1500	56	“-
NSPB500S	“-	470	3000	15	NCI
NSPB510S	“-	470	1300	30	“-
NSPB520S	“-	470	700	45	“-
КИПД40С20-1/С-П6	“-	475	2500	23	Планета
HLMP-CE15-TWC00	Голубой	505	2170	15	Agilent
HLMP-CE23-SVC00	“-	505	1650	23	“-
HLMP-CE30-QTC00	“-	505	1000	30	“-
LSGL3333	“-	502	4000	20	Ligitek
LSGL3333/S46	“-	502	4000	30	“-
LSGL13743	“-	502	1900	56	“-
NSPE590S	“-	505	10400	10	NCI
NSPE500S	“-	505	8000	15	“-
NSPE510S	“-	505	3400	30	“-
КИПД40С20-1/Л1-П6	“-	505	2500	23	Планета
HLMP-CM15-W0000	Зеленый	560	4700	15	Agilent
HLMP-CM30-S0000	“-	560	1650	30	“-
LDGM3343	“-	523	4000	15	Ligitek
LDGM3333	“-	523	4000	20	“-
LDGM3333/S46	“-	523	4000	30	“-
LDGM13743	“-	525	1900	56	“-
NSPG500S	“-	525	10000	15	NCI

Тип	Цвет	Длина волны, нм	Сила света при $I_{пр}=20\text{мА}$ , мкд	Угол излучения, град	Производитель*
NSPG510S	“-	525	4400	30	“-
NSPG515S	“-	525	420	70	“-
КИПД40С20-1/Л-П6	“-	526	2500	23	Планета
HLMP-EL08-VY000	Желтый	592	3600	6	Agilent
HLMP-EL16-VY000	“-	592	3600	15	“-
HLMP-EL25-SV000	“-	592	1650	23	“-
HLMP-EL30-PS000	“-	592	765	30	“-
LUY3833	“-	595	6000	12	Ligitek
LUY3333H	“-	590	5700	17	“-
LUY13233	Желтый	595	6000	18	Ligitek
LUY3333	“-	595	6000	20	“-
LUY3333/S46	“-	595	5500	30	“-
LUY3333/НО	“-	595	4500	38	“-
LUY3330	“-	595	1500	40	“-
LUY13743	“-	595	1500	56	“-
КИПД40С20-1/Ж-П6	“-	590	2500	23	Планета
HLMP-ED16-UX000	Красно-оранжевый	630	2750	15	Agilent
HLMP-ED27-TW000	“-	630	2170	23	“-
HLMP-ED31-ST000	“-	630	1650	30	“-
HLMP-ED57-LP000	“-	630	3450	55	“-
LUE3333	“-	620	4000	20	Ligitek
LUE3333/S46	“-	620	2500	30	“-
КИПД40С20-1/КР-П6	“-	615	2500	23	Планета
КИПД40С20-1/К4-П6	“-	626	2500	23	Планета
LUR3833	Красный	660	3500	12	Ligitek
LUR13233	“-	660	3500	18	“-
LUR3333	“-	660	3500	20	“-
LUR3333/S46	“-	660	2500	30	“-
LUR3333/НО	“-	660	2000	38	“-
LUR3330/НО	“-	660	1900	40	“-
LUR13743	“-	660	1500	56	“-

\* Agilent – Agilent Technologies; Ligitek – Ligitek Electronics; NCI – Nichia Chemical Industries; Планета – НПО «Планета»-СИД

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(обязательное)

Типы цоколей

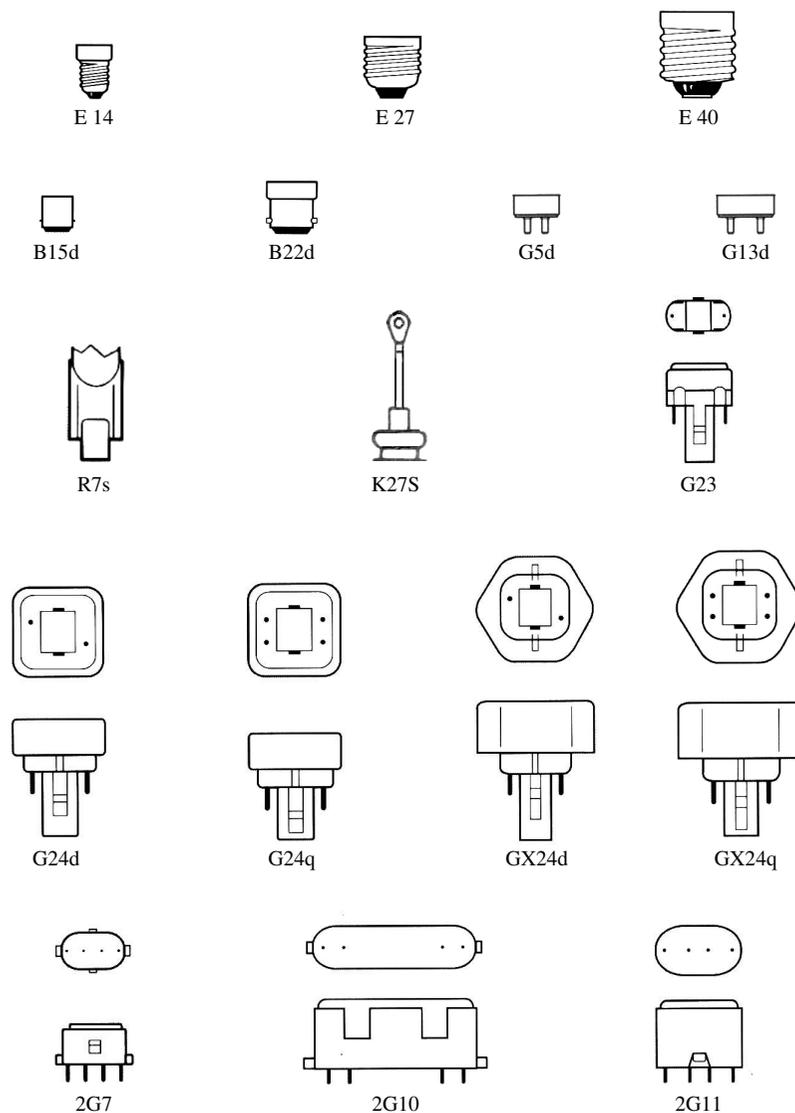


Рисунок В1 – Основные типы цоколей ламп по ГОСТ 17100-79

ПРИЛОЖЕНИЕ Г  
(справочное)

Типы компактных люминесцентных ламп

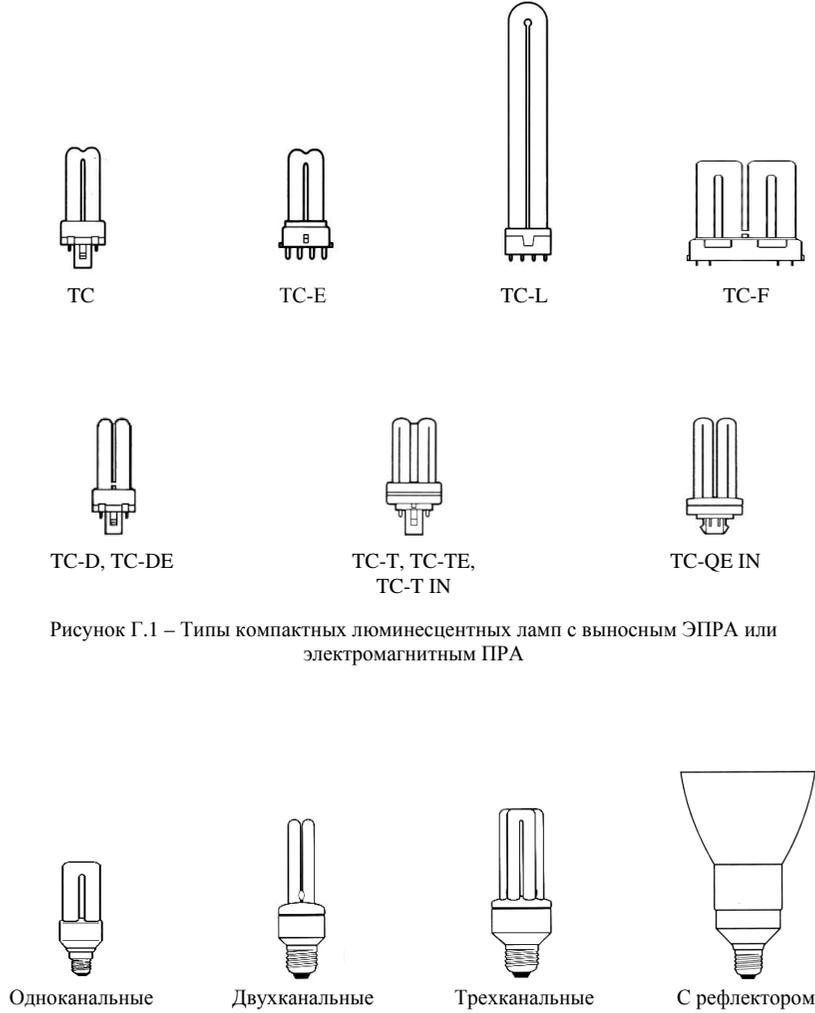


Рисунок Г.1 – Типы компактных люминесцентных ламп с выносным ЭПРА или электромагнитным ПРА

Рисунок Г.2 – Типы компактных люминесцентных ламп с встроенным ЭПРА

ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
(обязательное)  
Коэффициенты использования светового потока

Таблица Д.1 – Значение коэффициента использования [16]

Тип КСС	$\rho_{\text{пол.}} \cdot \rho_{\text{ст.}} \cdot \rho_{\text{р}}$																							
	0,7; 0,5; 0,3					0,7; 0,3; 0,1					0,5; 0,5; 0,3													
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5						
М	35	50	61	73	83	95	34	47	56	66	75	86	26	36	46	56	67	80	32	45	55	67	74	84
Д1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79	28	40	49	59	68	74	36	48	57	66	76	85
Д2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	76	84	92	33	43	56	74	80	76	42	51	65	71	90	85
Д3	49	60	75	90	101	106	48	57	71	82	89	94	42	52	69	78	73	76	45	56	65	78	76	84
Г1	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96	48	60	73	84	90	94	55	66	80	92	98	103
Г2	64	74	85	95	100	105	62	70	79	86	90	93	57	66	76	84	83	91	63	72	83	91	96	100
Г3	70	77	84	90	94	99	65	71	78	83	86	87	62	69	76	81	84	85	68	73	81	87	91	94
К1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92	65	73	81	86	89	90	70	78	86	92	96	100
К2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	95	97	100	67	75	84	93	97	100	72	80	91	99	103	108
К3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	94	99	102	68	77	86	95	98	101	74	83	93	101	106	110
Ш1	32	49	59	71	83	91	31	46	55	65	74	83	24	40	50	62	71	77	32	47	57	69	79	90

Тип КСС	Р <sub>плот.</sub> Р <sub>ст.</sub> Р <sub>б</sub>																							
	0,5; 0,5; 0,1					0,5; 0,3; 0,1					0,3; 0,1; 0,1					0; 0; 0								
	Индекс помещения <i>i</i>																							
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75	17	29	38	46	58	67	16	28	38	45	55	65
Д1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73	27	35	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66
Д2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78
Д3	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74
Г1	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86
Г2	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85
Г3	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85	61	66	72	78	81	83	59	65	71	78	80	81
К1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86
К2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95
К3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94
Ш1	30	45	85	65	70	78	24	40	49	60	70	76	20	35	44	48	65	69	17	33	42	53	63	70
Ш2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ш3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Примечания:**

1 Тип КСС определен по ГОСТ 17677-82.

2 Р<sub>плот.</sub>; Р<sub>ст.</sub>; Р<sub>б</sub> – коэффициенты отражения потолка, стен и рабочей поверхности соответственно. Коэффициент отражения равен 0,7 при побеленных потолке и стенах с окнами, закрытыми белыми шторами; 0,5 – чистом бетонном и светлом деревянном потолке, побеленном потолке в серых помещениях, побеленных стенах с незавешенными окнами; 0,3 – бетонном потолке в грязных помещениях, деревянном потолке; 0,1 – сплошном остеклении без шпоров, стенах из красного кирпича, бетонных и деревянных потолках и стенах в пыльных помещениях.

**Список литературы**

- 1 Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». Введ. 20.08.98. – Мн.: СП «ТопПРИНТ», 1999. – 16 с.
- 2 Изменение №1 к отраслевому стандарту ОСТ 32-9-81. ССБТ Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1989. – 23 с.
- 3 Лампы разрядные натриевые высокого давления зеркального типа REFLUX (ДНаЗ). Инструкция по эксплуатации (Паспорт). – 4 с.
- 4 Кириленко А.И., Щербаков Н.Н. О системном подходе к повышению эффективности освещения // Энергия и менеджмент. – Вып. 1. – Мн., 2002. – С. 5–8.
- 5 Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1981. – 288 с.
- 6 Коган Л.М. Светодиоды нового поколения для светосигнальных и осветительных приборов // Новости светотехники. Вып. 7–8 (34–35) / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Дом Света, 2001. – 48 с.
- 7 Колюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Мастерство; Высшая школа, 2001. – 320 с.
- 8 Копытов Ю.В., Чуланов Б.А. Экономия электроэнергии в промышленности: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 112 с.
- 9 Методика проведения энергетических обследований и паспортизации предприятий железнодорожного транспорта / МПС. – М., 2000. – 150 с.
- 10 ОСТ 32-9-81. Система стандартов безопасности труда. Нормы искусственного освещения объектов железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1981. – 39 с.
- 11 Панфилов А.И., Корытов Г.П. Энергосбережение: Метод. пособие для работников энергонадзора и энергослужб предприятий. – Воронеж, 1998. – 255 с.
- 12 Поплавский А.Н., Краснов Б.Д., Недачин В.В. Стационарная электроэнергетика железнодорожного узла. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
- 13 Расчет освещения железнодорожных территорий: Справочник / Н.Г. Чеснокова, Н.В. Сысоева, В.А. Суцкова, Н.И. Харитонова, Л.В. Малова, В.А. Белова; Под. ред. Н.Г. Чесноковой. – М.: Транспорт, 1985. – 150 с.
- 14 Рекомендации по нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов на ремонтно-механических заводах и заводах металлических конструкций. – М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства, 1984. – 141 с.
- 15 СНБ 2.04.05-98. Естественное и искусственное освещение. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 58 с.
- 16 Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
- 17 Харитонова Н.И. Инженерные методы расчета общего локализованного и равномерного освещения основных цехов депо и заводов по ремонту подвижного состава // Улучшение условий и повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте: Тр. ВНИИЖТа. – М.: ВНИИЖТ, 1987. – С.55–61.
- 18 Электротехнический справочник: В 3 т. Т.3: В 2 кн. Кн 2. Использование электрической энергии / По общ. ред. профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и др. 7-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 616 с.

- 19 Энергосбережение в освещении / Под ред. проф. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 1999. – 264 с.
- 20 Natrium. Освещение твоего города. Натриевые лампы высокого давления. – Blonje: Natrium S. A., 2001. – 6 с.
- 21 Philips. Каталог ламп 2001/2002. – 58 с.
- 22 Philips. Making our cities more beautiful ... with Mastercolour City lamps. – 2001. – 31 с.
- 23 Radium. Die Lichtmarke. – 2001. – 200 с.
- 24 Spectrum. Каталог ламп GE Lighting 2000. – М., 2000. – 121 с.
- 25 Sylvania. Лампы. 2001. – 25 с.

Учебное издание

*ЕВДАСЕВ Игорь Сергеевич*  
*ОВЧИННИКОВ Вячеслав Михайлович*  
*МОГИЛА Владимир Степанович*  
*ПАВЛОВ Михаил Александрович*

**Энергосбережение.**

Часть 1. Современные источники света.

Пособие для самостоятельной работы студентов  
по курсу «Основы энергосбережения»

Редактор Н. А. Д а ш к е в и ч  
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а  
Оформление обложки И. С. Е в д а с е в

Подписано в печать 22.07.2003 г. Формат бумаги 60x84 1/8.  
Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 4,78. Тираж 100 экз.  
Изд. № 4001. Зак. №

Редакционно-издательский отдел БелГУТа, 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.  
Лицензия ЛВ № 57 от 22.10.2002 г.

Типография БелГУТа, 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.  
Лицензия ЛП № 360 от 26.07.1999 г.