

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра горных машин и комплексов

Составители  
В. М. Ефременко, Е. В. Скребнева

## **ОСВЕЩЕНИЕ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

**Методические материалы к лабораторным работам  
по дисциплине «Электрооборудование и электроснабжение  
открытых горных работ»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04 Горное дело  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Ананьев К. А. – доцент, зав. кафедрой горных машин и комплексов

Беляевский Р. В. – доцент, кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

**Ефременко Владимир Михайлович**

**Скребнева Евгения Владимировна**

**Освещение на открытых горных работах** : методические материалы к лабораторным работам по дисциплине «**Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ**» для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации 03 Открытые горные работы, 09 Горные машины и оборудование, 10 Электрификация и автоматизация горного производства / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра горных машин и комплексов ; составители В. М. Ефременко, Е. В. Скребнева. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (1247 КБ). – Текст : электронный.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Электроснабжение и электрооборудование открытых горных работ» и организация лабораторной работы.

© Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2025

© Ефременко В. М., Скребнева Е. В.,  
составление, 2025

В настоящих методических указаниях приведено описание светильников, осветительных приборов и оборудования, а также систем освещения на открытых горных работах.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель выполнения работы - приобретение студентами знаний и представлений о особенностях электрического освещения на разрезах. Изучить основные сведения об электрическом освещении ОГР. Изучить основные электрические источники света. Изучить осветительные приборы, применяемые на ОГР. Познакомиться с системами электрического освещения ОГР.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Выполнение работы предусматривает:

- 1) изучение устройства светильников, осветительных приборов и оборудования, область его применения, принцип действия и назначение различных частей систем освещения разрезов (изучение следует производить последовательно, согласно методическим указаниям и с разъяснениями появившихся вопросов преподавателем);
- 2) защиту работы, выполняемую индивидуально по заданию и вопросам преподавателя (примерный перечень вопросов и индивидуальные задания представлены в конце методических указаний).

Одно из основных мероприятий, обеспечивающих нормальные условия труда на карьерах – создание равномерного электрического освещения.

Правильно выполненное электрическое освещение способствует повышению производительности труда и улучшению качества продукции, повышению безопасности работ, сокращению аварий и несчастных случаев, снижению утомляемости рабочих.

При устройствах электрического освещения на карьерах необходимо учитывать следующие особенности:

- освещение должно быть эффективным при любой погоде;
- освещению подлежат большие рабочие площади с постоянно изменяющимися размерами в плане и по глубине;
- возможность разрушения осветительного оборудования и обры-

ва питающих сетей при взрывных работах в карьере.

Согласно Правилам технической эксплуатации, при работе в ночное время на карьерах по нормируемой освещенности должны быть освещены места работы экскаваторов, транспортно-отвальных мостов, буровых станков, насосов, конвейеров и других машин, и механизмов, электростанции, распредустройства, железнодорожные пути и станции, пересечения с автодорогами, лестничные спуски и пути хождения людей, отвалы и вся территория в районе ведения работ.

По видам освещение делят на рабочее и аварийное для продолжения работ и для эвакуации людей.

Аварийное освещение для продолжения работ устраивается в помещениях и на открытых пространствах, если отсутствие рабочего освещения и связанное с ним нарушение нормального обслуживания может вызвать взрыв, пожар, расстройство технологических процессов, отравление и травматизм персонала.

## 1. Основные светотехнические величины

**Световой поток** ( $F$ ) определяется мощностью лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, которое она производит на глаз человека.

Единицей светового потока является люмен (лм). Один люмен – это световой поток, излучаемый с поверхности абсолютно черного тела  $S = 0,5305 \text{ мм}^2$  при температуре затвердения платины  $T = 2046 \text{ К}$ .

**Сила света** ( $I$ ) источника в направлении равномерного излучения есть отношение величины светового потока  $F$  к телесному углу  $\omega$ , в котором он заключен, т. е. сила света есть угловая плотность светового потока:

$$I = \frac{F}{\omega}.$$

Единицей силы света является кандела (кд),  $1 \text{ кд} = 1 \text{ св}$ .

Значение международной свечи соответствует угловой плотности светового потока в 1 лм внутри телесного угла в 1 стерadian.

**Освещенность** ( $E$ ) поверхности называется отношение светового потока  $F$  к площади той части поверхности  $S$ , на которую он падает, т. е.

$$E = \frac{F}{S}.$$

Единицей освещенности является люкс (лк), который определя-

ется как поверхностная плотность светового потока в 1 лм, равномерно распределенного на площади 1 м.

**Яркостью** ( $L$ ) называется отношение силы света к видимой в данном направлении площади светящейся поверхности:

$$L = \frac{I_{\alpha}}{S \cdot \cos \alpha}.$$

Единицей яркости является кандела на квадратный метр (кд/м<sup>2</sup>). Это яркость равномерно светящейся плоской поверхности в перпендикулярном к ней направлении, испускающей в том же направлении. Свет силой в одну свечу с одного квадратного метра поверхности.

Как известно, световой поток, падающий на какую-либо поверхность, в зависимости от свойства последней может полностью или частично отражаться, поглощаться или пропускаться ею.

**Коэффициент отражения** ( $\rho$ ) представляет собой отношение отраженной части светового потока к общему световому потоку, падающему на поверхность.

**Коэффициент поглощения** ( $\alpha$ ) представляет собой отношение поглощаемой части светового потока к общему световому потоку, падающему на поверхность.

**Коэффициент пропускания** ( $\tau$ ) представляет собой отношение прошедшего через поверхность светового потока к общему световому потоку, падающему на поверхность.

**Цветовая температура** характеризует спектральный состав излучения источника света:

- 2700°K – сверхтеплый белый;
- 3000°K – теплый белый;
- 4000°K – естественный белый;
- 5000°K – холодный белый.

**Индекс светопередачи** ( $R_a$ ) – отношение цветов предмета при освещении их данным источником света к цветам предмета при освещении его эталонным источником света (чаще всего Солнцем) в строго определенных условиях:

- $R_a = 91-100$  – очень хорошая цветопередача;
- $R_a = 81-91$  – хорошая цветопередача;
- $R_a = 51-80$  – средняя цветопередача;
- $R_a < 51$  – слабая цветопередача.

**Световая отдача** – отношение излучаемого светового потока  $F$  к потребленной мощности  $P$ :

$$C = \frac{F}{P}.$$

Единица измерения: люмен на ватт (лм/Вт).

Световая отдача показывает, с какой экономичностью полученная электрическая мощность преобразуется в свет.

Критерии качества освещения:

1. Обеспечение нормируемых количественных параметров (освещенности).
2. Комфортность.
3. Безопасность.
4. Надежность.
5. Экономичность

## 2. Электрические источники света

По принципу преобразования электрической энергии в энергию видимых излучений источника света делятся на (рис. 1):

- тепловые: лампы накаливания ЛН (а) и кварцевые галогенные лампы КГ (б);
- газоразрядные: люминесцентные ЛЛ (в), дуговые ртутные высокого давления ДРЛ (г), металлогалогенные ДРИ (д), дуговые ксеноновые трубчатые ДКсТ (е), натриевые лампы (ж).

Основные электрические и световые характеристики, которые необходимо учитывать при выборе источников света, следующие:

- срок службы;
- единичная мощность;
- световая отдача (лм/Вт);
- спектральный состав (цветность излучения).

**Лампа накаливания** – самый дешевый электрический источник света, в котором тугоплавкий проводник, помещённый в прозрачный вакуумированный или заполненный инертным газом сосуд, нагревается до высокой температуры за счёт протекания через него электрического тока, в результате чего образуются излучения в широком спектральном диапазоне, в том числе видимый свет.

Разновидности ламп накаливания:

- вакуумные;
- аргоновые;
- криптоновые;
- ксеноновые;
- галогенные;

- ксенон-галогенные;
- ксенон-галогенные с отражателем;
- накаливания с покрытием, преобразующим инфракрасное излучение в видимый диапазон.

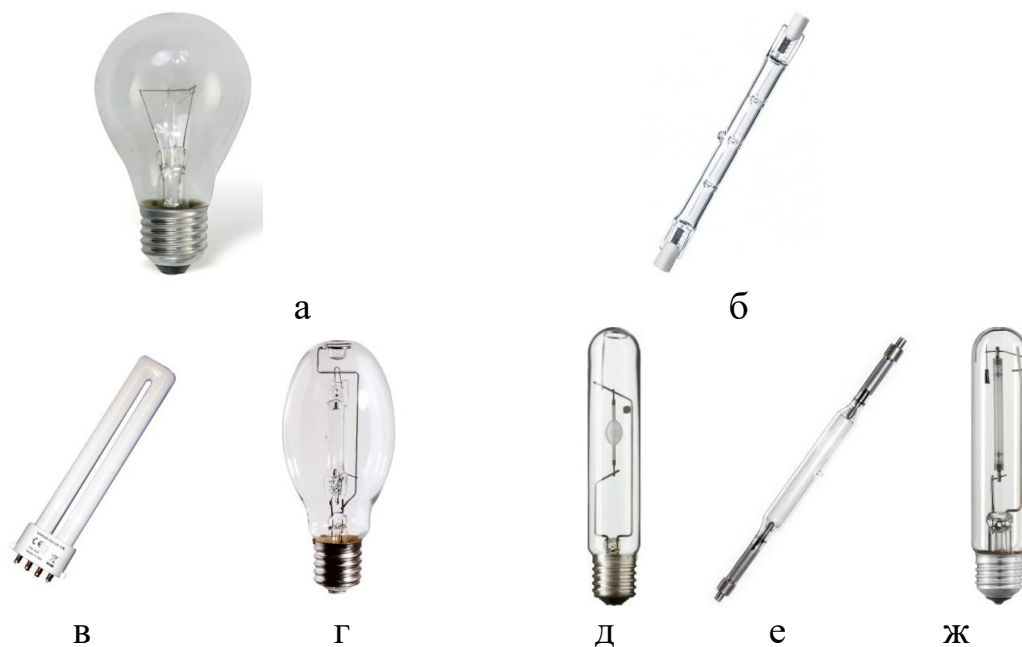


Рис. 1 – Классификация ламп по принципу преобразования электрической энергии: а – лампы накаливания ЛН; б – кварцевые галогенные лампы КГ; в – люминесцентные ЛЛ; г – дуговые ртутные высокого давления ДРЛ; д – металлогалогенные ДРИ; е – дуговые ксеноновые трубчатые ДКсТ; ж – натриевые лампы

Лампы накаливания российских производителей принято обозначать ЛОН – лампы общего назначения. Находят широкое применение лампы накаливания зарубежных компаний: Philips, Osram и др.

Выпускаются лампы мощностью от 15 до 1500 Вт на напряжение 127 и 220 В. Световая отдача ламп накаливания не превышает 19 лм/Вт.

Выпускают лампы на повышенное напряжение 135 и 235 В, имеющие срок службы 2500 ч и пониженные на 15–20 % световые характеристики. Эти лампы применяют в труднодоступных осветительных установках, в производственных помещениях, для дежурного и охранного освещения, в сетях которых напряжение может длительно превышать номинальное.

Для прожекторов выпускают ЛН, имеющие концентрированное в одной плоскости тело накала, обеспечивающее яркий узкий пучок света. Прожекторные лампы имеют срок службы 400 ч и светототдачу 17 лм/Вт.

Для освещения рабочих мест и переносного освещения выпускаются ЛН местного освещения на напряжение 12 и 36 В мощностью до 100 Вт.

ЛН очень чувствительны к отклонениям напряжения в питающей сети. При изменении напряжения на лампе на 1 %:

- световой поток изменяется на  $\pm 3,7$  %;
- световая отдача – на  $\pm 2,2$  %;
- срок службы – на  $\pm 14$  %.

Лампы накаливания имеют ряд ценных преимуществ – простота устройства, низкая стоимость, надежность и удобство в эксплуатации. Основным недостаток их низкая экономичность.

**Галогенная лампа** – лампа накаливания, в баллон которой добавлен буферный газ: пары галогенов (брома или йода). Это повышает время жизни лампы до 2000–4000 ч. и позволяет повысить температуру спирали. Галогенные лампы накаливания обладают высокой цветопередачей. В отличие от обычных ламп накаливания, галогенные лампы восстанавливают свою нить накала.

Галогенная лампа накаливания представляет собой трубку из кварцевого стекла, в которой коаксиально на вольфрамовых держках располагается спиральная нить накала. Колба заполняется аргоном или криптоном при давлении до 10 Па и имеет в торцах выведенные контакты в виде керамических цоколей или ножей. Лампы выпускаются мощностью от 1 до 20 кВт и имеют световую отдачу 22 лм/Вт.

Пары йода, введенные в колбу, под влиянием высоких температур в зоне нити, перемещаются к стенкам лампы и образуют с осевшими на стенках частицами вольфрама, йодистый вольфрам. Попадая снова в зону нити, это соединение разлагается, частицы вольфрама оседают на нить накала, а атомы йода вновь перемещаются к стенкам колбы. Создается непрерывный цикл, в результате которого происходит регенерация нити накала лампы и увеличение срока ее службы.

**Газоразрядные лампы** основаны на использовании излучения, возникающего в результате электрического разряда в газах, парах металлов и их смесей.

**Ртутные лампы (РЛ)** являются разновидностью газоразрядных ламп. Ртутные газоразрядные лампы представляют собой электрический источник света, в котором для генерации оптического излучения используется газовый разряд в парах ртути. Различают РЛ:

- низкого давления (РЛНД);
- высокого давления (РЛВД);



- сверхвысокого давления (РЛСВД).

Для согласования электрических параметров лампы и источника электропитания практически все виды РЛ, имеющие падающую внешнюю вольт-амперную характеристику, нуждаются в использовании пускорегулирующего аппарата, в качестве которого в большинстве случаев используется дроссель, включенный последовательно с лампой.

Дуговые ртутные лампы (ДРЛ) представляют собой колбу 1, внутри которой установлена кварцевая разрядная трубка 2 с парами ртути и аргона при давлении  $(2-5) \cdot 10^5$  Па, в которую впаяны основные 3 и зажигающие 4 электроды (рис. 2). Зажигающие электроды соединены с противоположными основными электродами через высокоомные резисторы.

Наружная колба изнутри покрыта слоем люминофора, преобразующего излучение ртутного разряда в видимое.

При включении лампы возникает тлеющий разряд между основными и зажигающими электродами. Электроны этого вспомогательного тлеющего свечения ускоряются полем в основном промежутке и возникает пробой между рабочими электродами. Процесс разгорания лампы и стабилизация ее параметров наступает через 10–15 мин после включения.

ДРЛ выпускаются мощностью от 80 до 1000 Вт; световая отдача 40–55 лм/Вт. Средний срок службы 10000 ч. Весьма перспективными являются разработанные в последние годы металлогалогенные лампы (ДРИ), отличающиеся от ДРЛ добавками иодидов некоторых металлов. По сравнению с ДРЛ лампы ДРИ обладают повышенной светоотдачей до 90 лм/Вт, улучшенной цветопередачей и сроком службы более 5000 ч. Лампы ДРИ выпускаются мощностью 400–3500 Вт.

**Металлогалогенная лампа** ДРИ (дуговая ртутная с излучающими добавками) конструктивно схожа с ДРЛ, однако в ее горелку дополнительно вводятся строго дозированные порции специальных добавок галогенидов некоторых металлов (натрия, таллия, индия и др.), за счёт чего значительно увеличивается световая отдача (порядка 70–95 лм/Вт и выше) при достаточно хорошей цветности излучения. Лампы имеют колбы эллипсоидной и цилиндрической формы, внутри которых размещается кварцевая или керамическая горелка.

Срок службы ламп ДРИ до 8–10 тыс. ч. Для зажигания ламп ДРИ помимо индуктивного балласта дросселя используют импульсное зажигающее устройство (ИЗУ).

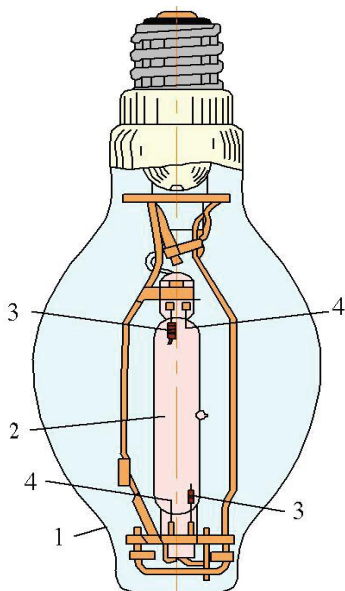


Рис. 2 – Конструкция дуговой ртутной лампы:

- 1 – колба;
- 2 – кварцевая разрядная трубка;
- 3 – основные электроды;
- 4 – зажигающие электроды

**Дуговые ксеноновые трубчатые лампы (ДКсТ)** являются наиболее мощными газоразрядными источниками света, применяемыми для освещения карьеров. Лампы ДКсТ выпускаются мощностью от 5 до 100 кВт; световая отдача до 40 лм/Вт. Ксеноновая лампа представляет собой трубку 1 из кварцевого толстостенного стекла, заполненную ксеноном (рис. 3).

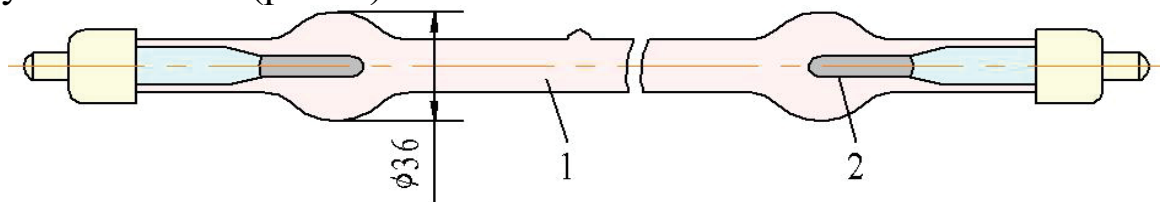


Рис. 3 – Конструкция дуговой ксеноновой трубчатой лампы:

- 1 – трубка из кварцевого толстостенного стекла, заполненную ксеноном;
- 2 – электроды из торированного вольфрама

С обоих концов впаяны электроды 2 из тарированного вольфрама. Выводы от электродов используются для соединения лампы с пусковым устройством.

Спектральный состав света ксеноновых ламп наиболее близок к солнечному, что создает осветительные условия и цветопередачу, как при естественном освещении. Большая единичная мощность ламп позволяет осветить большое открытое пространство, обеспечивая при этом значительную экономию средств и материалов.

Недостатки ламп – сложность пускового устройства, большая пульсация светового потока, повышенное ультрафиолетовое излучение. В настоящее время начат выпуск ламп в колбе из легированного кварца типа ДКсТЛ, в которых последний недостаток устранен.

**Люминесцентная лампа** – это РЛНД, в которой электрический

разряд в парах ртути создаёт ультрафиолетовое излучение, преобразуемое в видимый свет помощью люминофора – смеси фосфора с другими элементами. При выборе люминесцентных ламп по качеству цветопередачи следует ориентироваться на требования новых европейских норм освещенности: в помещениях с длительным пребыванием людей  $R_a$  не должно быть меньше 80. Лампы с «отличной» цветопередачей ( $R_a$  не менее 90) следует применять только там, где цветопередача является одним из главных критериев освещения.

ЛЛ представляет собой (рис. 4) стеклянную трубку 1. На концах трубки расположены цоколи 5 с контактами 4 для подключения к сети. С внутренней стороны трубки контакты соединены между собой спиралью 3 из вольфрама. На неё всегда наносится слой активирующего вещества – смесь окислов бария, стронция, кальция, иногда с небольшой добавкой тория для улучшения эмиссии. Именно процесс распыления активирующего покрытия определяет долговечность лампы.

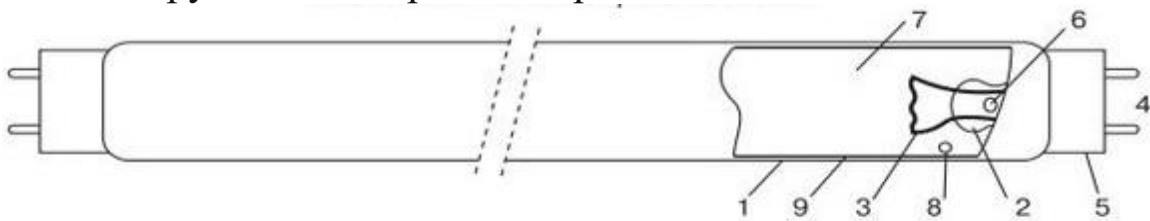


Рис. 4 – Конструкция люминесцентной лампы:

- 1 – стеклянная цилиндрическая трубка; 2 – стеклянная ножка;
- 3 – электроды; 4 – контактные штырьки; 5 – цоколь; 6 – штенгель (отверстие для откачивания воздуха); 7 – инертный газ;
- 8 – капля ртути; 9 – люминофор

В трубку вводится капля ртути 8 с небольшим количеством инертного газа аргона. В ртутных разрядах низкого давления доля видимого излучения не превышает 2% мощности разряда. Более половины мощности, выделяемой в разряде, представляет невидимое ультрафиолетовое излучение. С помощью специальных веществ – люминофоров 9 его превращают в видимое излучение.

Вся цилиндрическая часть колбы изнутри покрыта тонким слоем люминофора (галофосфат кальция с добавками сурьмы и марганца). При его облучении ультрафиолетовым излучением он светится белым светом разных оттенков в зависимости от соотношения добавок.

ЛЛ выпускаются мощностью от 15 до 80 Вт.

По цвету излучения люминесцентные лампы выпускаются:

- белые (ЛБ);
- дневные (ЛД, ЛДЦ);

- тепло-белые (ЛТБ);
- холодно-белые (ЛХБ).

В установках наружного освещения обычно применяются наиболее экономичные лампы ЛБ, светоотдача которых 70 лм/Вт.

Положительными качествами люминесцентных ламп является высокая экономичность, разнообразная цветность излучения, большой срок службы (до 10000 ч).

Люминесцентные лампы имеют и ряд существенных недостатков, к которым относятся:

- сложность включения;
- ограниченная единичная мощность;
- зависимость световых характеристик лампы от температуры окружающей среды;
- пульсации светового потока;
- ухудшающие условия зрительного восприятия движущихся предметов.

**Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ).** Уменьшение габаритов ЛЛ натолкнулось на ряд трудностей. Уменьшение диаметра колбы ведет к перегреву ЛЛ, увеличению давления внутри неё и снижению светоотдачи и изменению цветности.

Первую проблему удалось решить, применив люминофор другого состава, что позволило увеличить плотность тока. Диаметр трубки лампы уменьшен до 12 мм. Габарит лампы в длину уменьшен путём многократного изгибания или закручивания её в спираль. ПРА и сама лампа представляют единый блок с разными цоколями (рис. 5).



Рис. 5 – Компактные люминесцентные лампы

**Натриевая газоразрядная лампа** (ДНаТ) – электрический источник света, светящимся телом которого служит газовый разряд в парах натрия. Поэтому преобладающим в спектре таких ламп является резонансное излучение натрия: лампы дают яркий оранжево-жёлтый свет.

НЛ применяются в основном для уличного освещения, утилитарного, архитектурного и декоративного.

Для внутреннего освещения производственных площадей используются в том случае, если нет требований к высокому значению индекса цветопередачи источника света.

**Натриевая лампа** ДНаТ состоит из прямой разрядной трубки (горелки) 1, смонтированной внутри внешней стеклянной колбы 3 эллипсоидальной формы (рис. 6).

Разрядная трубка изготавливается из керамического светопропускающего материала на основе поликристаллической окиси алюминия, стойкого к парам натрия при высоких температурах. Концы трубки закрыты металлокерамическими элементами 2, на которых укреплены активированные вольфрамовые электроды. Внутри трубки находятся дозированные количества натрия, ртути, аргона или ксенона.

Натриевые лампы выпускаются низкого и высокого давления, отличающиеся друг от друга по характеру излучения.

Натриевые лампы низкого давления имеют высокую световую отдачу, превышающую 100 лм/Вт. Однако излучаемый ими желтый свет делает их непригодными для общего освещения. Натриевые лампы высокого давления имеют сплошной спектр излучения и цветность излучения, приближающуюся к белой.

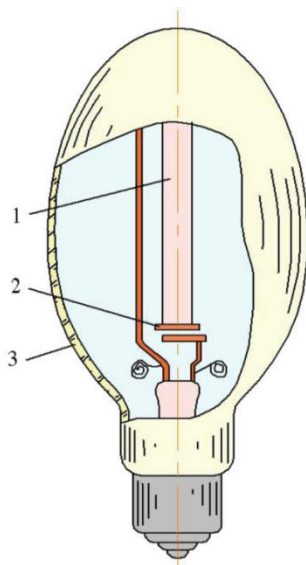


Рис. 6 – Конструкция натриевой лампы:

- 1 – прямая разрядная трубка;
- 2 – металлокерамические элементы, на которых укреплены активированные вольфрамовые электроды;
- 3 – внешняя стеклянная колба

Отечественной промышленностью выпускаются лампы ДНаТ (дуговая, натриевая, трубчатая) мощностью 250–1000 Вт со световой отдачей свыше 100 лм/Вт и сроком службы 7000 ч.

Высокая световая отдача, достаточно хороший спектральный состав излучения, большой срок службы натриевых ламп высокого давления открывают широкие возможности для применения их в установках наружного освещения.

**Индукционная лампа** – это электрический источник света, действие которого основано на газовом разряде и электромагнитной индукции для получения видимого света. Индукционная лампа имеет три основные части: газоразрядная трубка (ее внутренняя поверхность покрыта люминофором), стержень с индукционной катушкой (феррит) или магнитное кольцо и электронный балласт, являющийся генератором высокочастотного тока.

Главное отличие от известных газоразрядных ламп – безэлектродная конструкция (нет нитей накала и термокатодов, что существенно увеличивает срок службы).

По принципу работы и по конструкции лампа походит на трансформатор, где есть и первичная обмотка с высокочастотным током, и вторичная обмотка, представляющая газовый разряд, который происходит в стеклянной трубе.

Индукционные лампы представляют собой колбу, заполненную смесью аргона с парами ртути, и со стенками, покрытыми люминофором (рис. 7). Устройство похоже на люминесцентные лампы. Колба индукционной лампы физически отделена и независима от электрической части, которая представляет собой индукционную катушку. Индукционная катушка закрепляется рядом со стенками колбы и при включении лампы индуцирует (вызывает) высокочастотное магнитное поле в полость колбы, которая становится вторичным витком катушки.



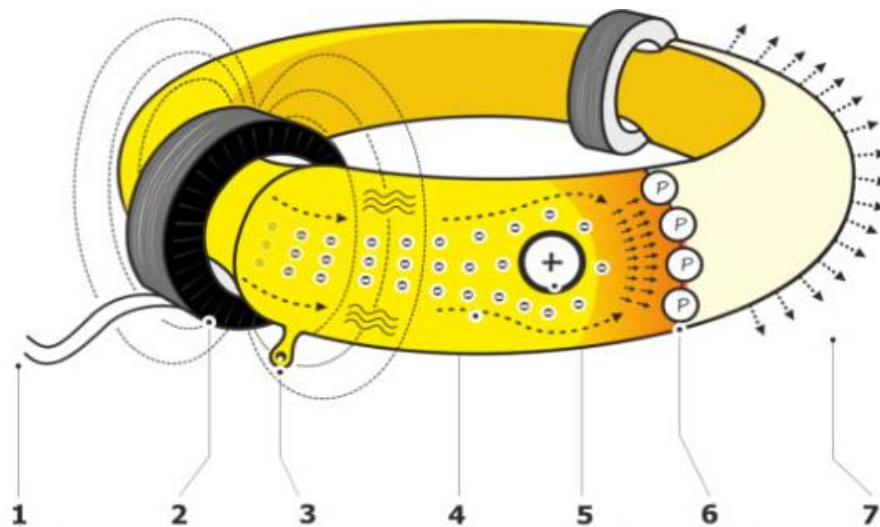


Рис. 7 – Конструкция индукционной лампы:

- 1 – пускорегулирующая аппаратура; 2 – сердечник и катушка;  
 3 – амальгама; 4 – заряженные частицы пара; 5 – УФ свет;  
 6 – фосфорное покрытие; 7 – видимый свет

Принцип работы индукционной лампы следующий.

Пускорегулирующая аппаратура генерирует высокочастотный ток, протекающий по индукционной катушке на индукторе, магнитном кольце.

Сердечник и катушка (ферритовое кольцо) создают высокочастотное электромагнитное поле. Когда лампа под напряжением, тонкий слой ртутной амальгамы внутри лампы начинает испаряться и конденсироваться (1/30 часть от объема стандартной люминесцентной лампы).

Высокочастотное электромагнитное поле ионизирует газовую смесь в лампе. Ионизация газовой смеси приводит к генерации в ней ультрафиолетового излучения.

Под воздействием ультрафиолетового излучения происходит свечение люминоформа.

Затем фосфорное покрытие на внутренней части лампы преобразует ультрафиолетовое излучение в видимый свет. Благодаря тому, что внутри лампы не образуется электрическая дуга, видимый свет имеет равномерное распределение и высокий коэффициент зрительной эффективности.

Как видно принцип работы тот же, что и в обычных люминесцентных лампах, но благодаря отсутствию внутри колбы электродов, которые являются слабым звеном системы, значительно повышается

срок службы лампы.

Впрочем, существуют индукционные лампы с колбой без покрытия люминофором. В таких лампах видимый свет, исходящий наружу, излучается ионизированным газом, закаченным в колбу. Но такие лампы, относящиеся к газосветным, а не к газоразрядным, обычно используют как декоративные или для световой рекламы, а не как лампы освещения.

Колба без электродов и волокон полностью герметична, в ней электронный балласт генерирует высокочастотный ток, который протекает на магнитном стержне или кольце по индукционной катушке.

Электромагнит и индукционная катушка образуют в электромагнитном высокочастотном поле новый газовый разряд, и под действием ультрафиолета происходит свечение люминофора.

Заводами производятся индукционные лампы:

- круглые – LVD Saturn-40, 80, 120, 150, 200, 300 Вт;
- прямоугольные – LVD Smart dragon-40, 80, 120, 150, 200, 300, 400, 500 Вт;
- цокольные – LVD Venus-15, 23, 40, 50 Вт.

**Светодиодные лампы** или светодиодные светильники в качестве источника света используют светодиоды (рис. 8). Различают законченные устройства – светильники (с электронными драйверами) и элементы для светильников – сменные лампы.

Наиболее эффективные серийно выпускаемые светодиодные лампы имеют эффективность 200 люмен на ватт (лм/Вт).

**Светодиодный светильник** – самостоятельное устройство. Корпус светильника чаще всего уникален, специально спроектирован под светодиодный источник освещения. Конструктивно такой светильник состоит из цоколя, металлического корпуса, служащего одновременно радиатором, платы со светодиодами, электронного драйвера (преобразователя питания) и полупрозрачной пластмассовой полусферы.

Иногда светодиодным светильником называют традиционный светильник с установленной сменной светодиодной лампой. Однако специально спроектированный светильник обладает большей энергоэффективностью и надёжностью.

Светодиодные источники света в основном используются для направленного или местного освещения по причине особенностей полупроводникового излучателя светить преимущественно в одном направлении.



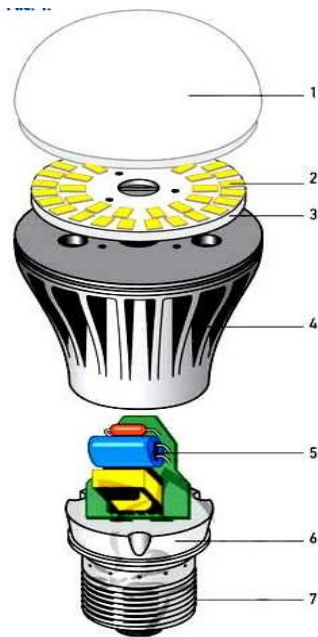


Рис. 8 – Конструкция лампы:

- 1 – рассеиватель;
- 2 – светодиоды;
- 3 – печатная плата с алюминиевым основанием;
- 4 – радиатор;
- 5 – драйвер;
- 6 – пластиковое основание цоколя;
- 7 – цоколь

Светодиодные светильники для улиц, парков, дорог, для архитектурного освещения выполняются в защищенном от влаги и пыли корпусе, кроме того, корпус обычно выполняет роль теплоотвода и изготавливается из хорошо проводящих тепло материалов.

К светильникам для производственных целей, ЖКХ и офисов предъявляются повышенные требования по качеству освещения, в том числе к стабильности и цветопередаче, условиям эксплуатации. Такие светильники чаще производятся в антивандальном исполнении, укомплектованы специальной отвёрткой и специальными саморезами, защищающими корпус от несанкционированного вскрытия. Рассеиватель у современных антивандальных светильников для ЖКХ выполнен из поликарбоната, который в десятки раз крепче традиционного стекла.

Светильники для бытовых нужд обычно выпускаются невысокой мощности, но должны удовлетворять многочисленным требованиям к качеству освещения, электробезопасности, пожароопасности и, в немалой степени, – к внешнему виду. Зачастую бытовые светильники имеют сменные лампы.

Энергоэффективность различных источников света представлена в табл. 1.

Сравнение энергоэффективности ламп

Тип светильника	С индукционной лампой	С ЛОН	С лампой ДРЛ	С лампой ДНаТ	Светодиодный светильник
Мощность ламп, Вт	40	400	140	115	40
	80	800	280	170	80
	150	1 500	450	290	160
	200	2 000	800	460	270
	300	3 000	1 050	650	—

### 3. Осветительные приборы

**Осветительный прибор (ОП)** – электротехническое устройство, содержащее источник света и светотехническую арматуру. ОП предназначены для внутреннего или наружного освещения.

Осветительный прибор состоит из источника света и цельной арматуры. В светильниках осветительная арматура предназначена для:

- распределения светового потока лампы в требуемом направлении;
- предохранения глаз работающих от слепящего действия чрезмерно ярких частей лампы;
- защиты от внешней среды, т.е. защиты от механических повреждений и загрязнения;
- защиты внешней среды от лампы;
- подвода электроэнергии

Арматура включает в себя корпус с патроном, отражатель, защитное стекло или рассеиватель, приспособления для крепления светильника и устройство для ввода кабеля.

Осветительные приборы разделяют на приборы ближнего действия (светильники) и приборы дальнего действия (прожекторы).

Основными параметрами светильника являются:

- класс светораспределения силы света;
- коэффициент полезного действия;
- защитный угол;
- конструктивное исполнение.

**Светильник** – это осветительный прибор, перераспределяющий свет установленных в нём ламп внутри относительно больших телесных углов и предназначенный для освещения достаточно близко расположенных объектов или поверхностей, находящихся на расстояниях

обычно меньших, чем 20-кратный максимальный размер светильника

В светильниках могут быть установлены одна, две или более ламп. Арматура светильников с газоразрядными или светодиодными источниками света включает в себя аппаратуру и устройства для зажигания и стабилизации режима работы ламп.

По основному назначению различают светильники внутреннего освещения, светильники наружного освещения и светильники для эксплуатации в экстремальных средах.

Классификация светильников по основной светотехнической функции:

- общего освещения;
- местного освещения;
- комбинированного освещения;
- экспозиционного освещения;
- декоративные;
- ориентационные.

По виду монтажа и месту установки светильники делят на стационарные и переносные.

По способу установки светильники разделяются на следующие основные группы: встраиваемые; потолочные; подвесные; настенные; напольные; настольные; венчающие; консольные; ручные.

Светотехническими характеристиками светильников являются их кривые силы света, соотношение потоков, излучаемых в нижнюю и верхнюю полусферы, коэффициент полезного действия, защитные углы, яркостные характеристики.

По классам светораспределения светильники подразделяются в зависимости от доли распределения потоков света в нижнюю полусферу:

- П – прямого света, у которых более 80 % светового потока направлено в нижнюю полусферу;
- Н – преимущественного прямого света (60–80 %);
- Р – рассеянного света (40–60 %);
- В – преимущественно отраженного света (20–40 %);
- О – отраженного света (меньше 20 %).

По форме кривой распределения силы света различают светильники с концентрированной, глубокой, косинусной, полуширокой, широкой, равномерной и синусной типами кривых силы света.

Класс по светораспределению и кривые сил света (условной лампы 1000 лм) приводятся для светильников в каталогах и справочниках.

Коэффициентом полезного действия  $\eta_{\text{св}}$  светильника называют отношение светового потока светильника  $F_{\text{св}}$  к световому потоку ламп  $F_{\text{л}}$  светильника:

$$\eta_{\text{св}} = \frac{F_{\text{св}}}{F_{\text{л}}} \cdot 100 \%$$

Величина КПД светильника зависит от материала отражателя и конструкции светильника. Серийно выпускаемые светильники имеют КПД равный 40–90 %.

Для ограничения слепящего действия светильников в них предусматривается защитный угол  $\gamma$ , образуемый горизонталью и линией, касательной к светящемуся телу лампы и краю отражателя (рис. 9).

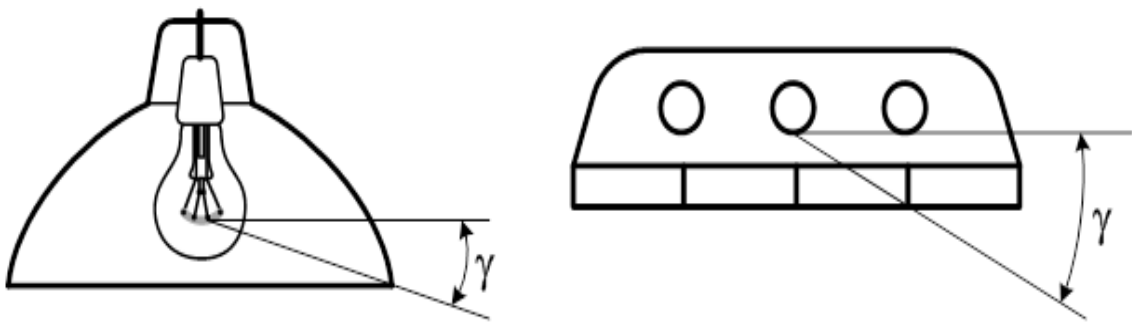


Рис. 9 – Защитный угол светильника

Угол  $\gamma$  характеризует зону, в пределах которой глаз наблюдателя защищен от прямого действия лампы. Чем больше защитный угол, тем меньше слепящее действие оказывает источник света. Минимальный угол  $\gamma$  светильников принимается равным  $15^\circ$ .

Наружное освещение открытых пространств в карьере и на отвалах, автодорог, подъемных путей, подстанций, распределительных пунктов и т. д. осуществляется светильниками с лампами накаливания типов СПО, СПП и СЗП, имеющими симметричное широкое или равномерное светораспределение. С лампами ДРЛ применяются светильники типов СППР, СПОР, СЗПР, СКЗН, РКУ и СКЗПР.

В зависимости от направления максимальной силы света и зоны направления максимальной силы света кривые силы света представляются в виде графиков  $I_a = f(\alpha)$  для светового потока светильника  $F = 1000$  лм.

По ГОСТ, все светильники по типу кривой силы света (КСС) подразделяют на семь основных классов: К, Г, Д, Л, Ш, М, С. (рис. 10).

При общем равномерном освещении горизонтальных поверхностей выбор светильников зависит от расчётной высоты  $h$  и нормируе-

мой освещенности  $E$ . При наибольшем значении этих параметров выбирают светильники с кривыми силы света типов К или Г, при средних – Г, при малых – Д. Если требуется повысить соотношение между вертикальной и горизонтальной освещенностями, то светильники с КСС К заменяют на светильники с кривыми Г, кривые Г – кривыми Д, а последние в ряде случаев – кривыми Л.

Кривые М выбирают только при малых значениях  $h$  и  $E$ , если при этом необходимо осветить высоко расположенные поверхности или насколько возможно увеличить расстояние между светильниками (например, при освещении протяженных галерей или туннелей).

При освещении вертикальных поверхностей, расположенных по одну сторону от ряда светильников, выбирают светильники специального одностороннего светораспределения или устанавливают в наклонном положении светильники с кривыми типов Г или Д.

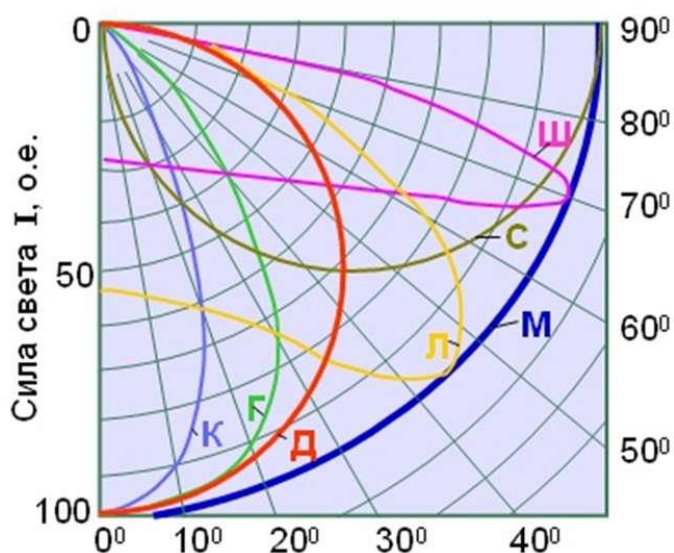


Рис. 10 – Типы кривой силы света (КСС):

- К – концентрированная
- Г – глубокая
- Д – косинусная
- Л – полуширокая
- Ш – широкая
- М – равномерная
- С – синусная

Наружное освещение открытых пространств на ОГР, автодорог и подъездных путей, распределительных пунктов и подстанций производится светильниками с лампами накаливания типов СПО, СПП, СЗП, рассчитанными на установку ламп мощностью 150–500 Вт и имеющими симметричное широкое или равномерное светораспределение. С лампами ДРЛ применяют светильники подвесные типов СПП, СПОР, СПОГ, СЗПР и консольные типов СКЗР, РКУ, ЖКУ и СКЗПР.

Для освещения производственных помещений должны преимущественно применяться светильники светораспределения класса П, а при хорошо отражающих свет ограждающих поверхностях (перекрытия и стены), если это технически возможно и не связано с существенным увеличением установленной мощности, – класса Н. Для административно-конторских и лабораторных помещений должны приме-

няться светильники светораспределения класса Н.

Для освещения закрытых галерей конвейеров, подземных дренажных выработок, обогатительных фабрик и других объектов, где может быть взрывоопасная среда, применяются светильники типов РП, Н4БН, ВЗГ, РВЛ и др.

В помещениях электромеханических мастерских, компрессорных станций, конторах и т.п. применяются светильники общего назначения с лампами накаливания и газоразрядными лампами типов «Астра», «Универсаль», УПМ, ППД, ППР, ПВЛМ, ЛПР, УСП, ЛПО-02 и др.

К осветительным приборам дальнего действия относятся прожекторы: ПЗС и ПЗМ с лампами накаливания, ПКН и ИСУ с галогенными лампами и СКсН, и ОУКсН и ОУКсНФ – с ксеноновыми лампами.

Основными характеристиками прожекторов являются:

- кривая распределения силы света;
- угол рассеяния;
- коэффициент усиления;
- коэффициент полезного действия.

**Угол рассеяния** – угол, на границе которого сила света равна 10 % максимальной осевой силы света прожектора. Этот угол у прожекторов составляет 25–35°.

**Коэффициент усиления прожектора** – отношение максимальной силы света  $I_{\max}$  к средней сферической

$$\text{силе света } I_{\text{ср.сф}} = \frac{\Phi_{\text{л}}}{4\pi}$$

$$\text{применяемого источника } k = \frac{I_{\max}}{I_{\text{ср.сф}}}.$$

Коэффициент полезного действия прожекторов ПЗС  $\eta_{\text{ПЗС}} = 25\text{--}35\%$ .

Устройство прожектора ПКН-1500 с галогенной лампой мощностью 1500 Вт показано на рис. 11.

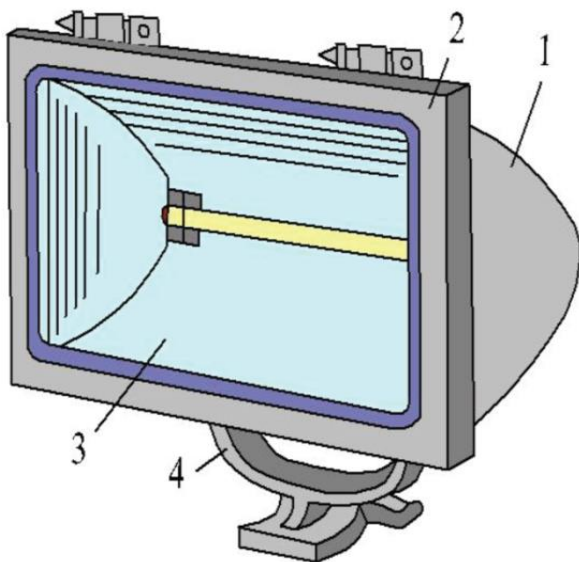


Рис. 11 – Устройство прожектора ПКН-1500:

- 1 – литой алюминиевый корпус; 2 – откидная литая рама;  
3 – отражатель алюминиевый,  
зеркальный параболоцилиндрической формы; 4 – лира

Прожектор имеет ребристый (для лучшего отвода тепла), литой алюминиевый корпус 1 и откидную литую раму 2 с термостойким защитным стеклом. Отражатель 3 – алюминиевый, зеркальный параболоцилиндрической формы. Прожектор крепится на лире 4, которая обеспечивает поворот его в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Осветительные устройства с ксеноновыми лампами состоят из корпуса, пускового устройства и ксеноновой лампы мощностью 10, 20 или 50 кВт.

Светильник, входящий в комплект ОУКсН-20000 (рис. 12), представляет собой конструкцию с параболоцилиндрическим отражателем 1 из полированной листовой нержавеющей стали. Отражатель установлен на раме 2 и может поворачиваться и закрепляться под необходимым углом наклона.

Блок зажигающего устройства 3 закреплен на корпусе светильника.

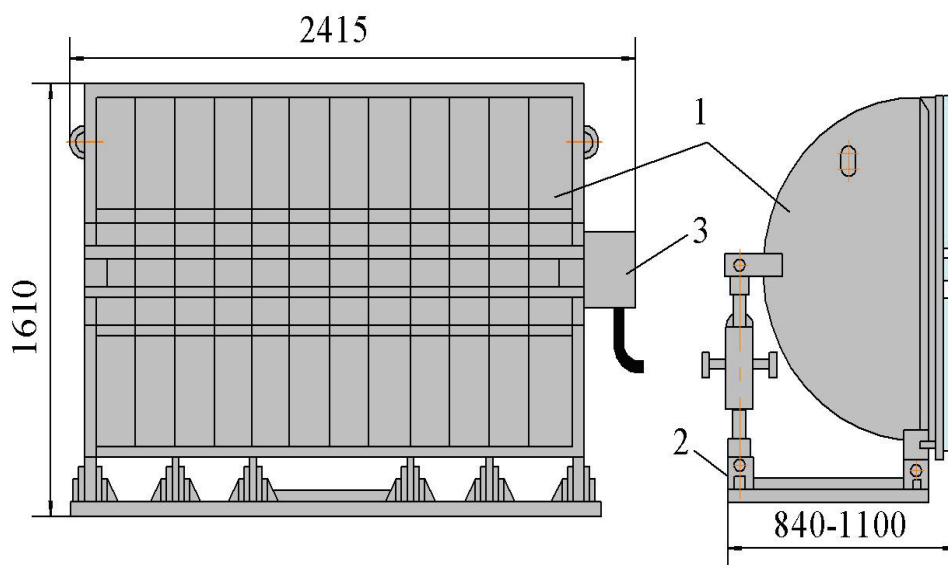


Рис. 12 – Устройство светильника, входящего в комплект ОУКсН-20000

Осветительное устройство ОУКсН-50000 с лампой ДКсТ-50000 мощностью 50 кВт принципиально не отличается от осветительного устройства с лампой мощностью 20 кВт.

#### 4. Системы электрического освещения ОГР

Необходимое освещение территории ОГР создается комбинированными системами общего и местного освещения.

Система общего освещения предназначена для обеспечения необходимого минимального уровня освещенности на всей территории



открытых горных работ.

Общее освещение осуществляется светильниками наружной установки, стационарными или передвижными прожекторами и светильниками с галогенными, ртутными и ксеноновыми лампами, которые устанавливают на опорах вдоль бортов карьера, на рабочих уступах и на нерабочих площадках. Рассчитывается оно на создание освещенности, равной 2 лк в зоне производства работ и 0,5 лк в остальной части территории ОГР, где необходимо обеспечить только возможность передвижения обслуживающего персонала и транспорта.

Система местного освещения применяется тогда, когда на отдельных участках ОГР (места бурения, экскаваторные забои, автомобильные дороги, места разгрузочных и ремонтных работ и т. д.) по условиям работы требуется повышенная освещенность по сравнению с уровнем освещенности всей территории горных разработок.

Местное освещение осуществляется светильниками и прожекторами, которые устанавливают на самих передвижных машинах. В случае недостаточной освещенности, создаваемой светильниками, установленными на механизмах, в непосредственной близости к рабочим площадкам дополнительно устанавливают передвижные прожекторные мачты или опоры со светильниками. Применение одного местного освещения без системы общего освещения запрещается.

Наиболее распространена система комбинированного освещения, включающая общее освещение всей площади ОГР и местное освещение отдельных участков работ, где требуется создание более высоких освещенностей.

В большинстве случаев для освещения ОГР применяют светильники типов СПО, СПП, СЗП, СВПР, СПОГ, а также прожекторы типов ПЗС, ПЗМ, ПСМ, ПКН и ИСУ. В качестве собственных источников света на горных и транспортных машинах применяют прожекторы, фары и зеркальные лампы. Для освещения помещений насосных и компрессорных станций, депо, различных цехов и мастерских на промплощадках используют светильники нормального исполнения с ЛН и ЛЛ.

Конвейерные галереи, железнодорожные бункера, подземные дренажные выработки и другие помещения, опасные в отношении взрыва метана или пыли, освещаются светильниками повышенной надежности (типа РЛ, РПЛ, Н4Б, Н4Т2 и др.) или взрывозащищенными (типа РВЛ, ВЗГ, НОТЛ и др.).

Выездные траншеи, автодороги и другие транспортные магистра-



ли, места работы машин и механизмов, лестницы, пути хождения людей, проходы между зданиями промплощадки освещаются светильниками наружной установки типов СПО, СПП, СЗП, СЗПР. Светильники подвешивают на стационарных или передвижных опорах ниже проводов. Территории электроподстанций, железнодорожных станций, открытых складов освещаются прожекторами, устанавливаемыми на стационарных прожекторных мачтах.

При устройстве общего и местного освещения применяют светильники и прожекторы на стационарных и передвижных опорах и мачтах. Мачты применяют металлические, деревянные и железобетонные высотой 6–20 м с установкой одного или нескольких прожекторов. При производстве взрывов передвижные мачты переводят в транспортное положение и передвигают на безопасное расстояние. Прожекторные мачты устанавливают по внешним бортам карьера и на промежуточных горизонтах.

В состав электроосветительных установок входят, помимо световых приборов, осветительные трансформаторы, коммутационная и защитная аппаратура, провода и кабели.

Для питания осветительных установок на промплощадке ОГР, отвалах, охранного освещения, автодорог вне карьера используют обычные силовые трансформаторы напряжением 6000/400/230 В.

Стационарные и передвижные осветительные установки на ОГР питаются напряжением 127 или 220 В от трансформаторов типов ТМ, ОМ и КТП напряжением 6000/230 В, трансформаторов типов ТСМ и ТС напряжением 400/133 В.

Переносные светильники местного освещения подключают к понижающим трансформаторам малой мощности типов ТС, ТСЗ, ОСВУ напряжением 220-380/12-36 В.

Осветительные трансформаторы устанавливают на опорах линий, ПКТП, на подстанциях мачтового типа, в помещениях на промплощадке, в кабинах горных машин.

Осветительные сети ОГР выполняют голыми алюминиевыми проводами, бронированными кабелями с бумажной и резиновой изоляцией (СБ, СРБ, АСБ, ВРБ, НРБ), гибкими кабелями (КГЭШ, КГ, КГН, КРШС) и изолированными проводами (ПР, ПРГ, АПР, АППВ, ВВГ, АВВГ и др.).

На рисунке 13 представлена ячейка карьерная унифицированная трансформаторная ЯКУ-1-Т с системой защиты, контроля и управления СЗКУ-1 наружной установки.

Ячейка предназначена для работы в сетях трехфазного тока напряжением 6 кВ для подключения питания и защиты сетей освещения с линейным напряжением 220(380) В. Ячейка может эксплуатироваться в интервале рабочих температур от минус 40 °С до плюс 45 °С. Относительная влажность воздуха – 80 % при 20 °С. Категория размещения 1 по ГОСТ 15150-69.

Основные технические данные:

- номинальное напряжение	6 кВ
- номинальная частота	50 Гц
- номинальная мощность трансформатора	25, 40, 63 кВА
- номинальное низшее напряжение трансформатора	0,23 (0,4) кВ
- режим управления освещением	местный, автоматический
- степень защиты от воздействия окружающей среды	IP43 по ГОСТ 14254-96
- габаритные размеры (В×Ш×Г)	4020×1200×1200 мм
- масса (без трансформатора)	не более 1050 кг



Рис. 13 – Ячейка карьерная унифицированная трансформаторная ЯКУ-1-Т с системой защиты, контроля и управления СЗКУ-1 наружной установки

Система СЗКУ-1 обеспечивает:

- режимы управления освещением – местный (вручную) и автоматический (от фотореле);
- защиту от утечек тока ЗУТ (реле утечки);

- максимально-токовую защиту МТЗ;
- защиту от перегрузки.

Безопасность обслуживания ячейки обеспечивается наличием всех требуемых блокировок.

Для удобства транспортировки ячейка состоит из двух частей - кабины и мачты

Конструкцией предусмотрена возможность замены трансформатора через верхнюю часть кабины.

## **5. Контрольные вопросы**

1. Какие факторы необходимо учитывать при устройстве электрического освещения на открытых горных работах?
2. Приведите классификацию освещения по видам.
3. Дайте определение световому потоку.
4. Что такое сила света и как она связана с яркостью?
5. Дайте понятие освещенности.
6. Что означают коэффициент отражения, коэффициент поглощения и коэффициент пропускания?
7. Что такое цветовая температура и какова ее градация?
8. Что означает светопередача?
9. Укажите критерии качества освещения.
10. Приведите классификацию источников света по принципу преобразования электрической энергии в энергию видимых излучений.
11. Что представляет собой лампа накаливания? Какие разновидности ламп накаливания существуют? Укажите достоинства и недостатки ламп накаливания.
12. Дайте описание конструкции галогенной лампы. Укажите достоинства и недостатки галогенной лампы.
13. Опишите конструкцию дуговой ртутной лампы. Какие достоинства и недостатки присущи дуговой ртутной лампе?
14. Укажите особенности металлогалогенной лампы.
15. Какова конструкция дуговых ксеноновых трубчатых ламп? Укажите достоинства и недостатки дуговых ксеноновых трубчатых ламп.
16. Опишите конструкцию люминесцентных ламп. Каковы достоинства и недостатки люминесцентных ламп.
17. Укажите основные проблемы, возникшие при изготовлении компактных люминесцентных ламп.
18. Дайте описание конструкции натриевой лампы. Укажите до-

стоинства и недостатки натриевой лампы.

19. Что представляет из себя индукционная лампа? Опишите принцип работы индукционной лампы.

20. Опишите светодиодные источники света.

21. Каковы различия в энергоэффективности различных источников света?

22. Что представляет собой осветительный прибор? Какие основные параметры осветительных приборов?

23. Что такое светильник?

24. Какова классификация светильников по основной светотехнической функции?

25. Дайте классификацию светильников по способу установки.

26. Укажите классификацию светильников по классам светораспределения.

27. Как различаются светильники по кривой распределения силы света?

28. Что такое коэффициент полезного действия светильника?

29. Что представляет собой защитный угол?

30. Что такое кривая силы света? Какие типы кривой силы света существуют?

31. Как выбирают светильники по типу кривой силы света?

32. Какие типы светильников используют для освещения открытых пространств, автодорог и подъездных путей?

33. Укажите основные характеристики прожекторов.

34. Опишите устройство прожектора ПКН-1500.

35. Каково устройство светильника, входящего в комплект ОУКсН-20000?

36. Что представляет из себя система общего освещения?

37. Когда применяется система местного освещения?

Параметр	Лампы накаливания		Разрядные лампы							Светодиодные
	Общего назначения.	Галогенные	Люминесцентные лампы			ДРЛ	ДРИ	ДНаТ	Индукционные	
Мощность, Вт	10–1000	3–5 000	4–80	3–125	23–165	50–1 000	20–3 500	50–1 000	15–300	3–5000
Световой поток, лм	70–18 000	30–110 000	110–7 500	100–10000	1300–12 000	1 500–58 000	1 000–300 000	3 500–130 000	750–24 500	30–110 000
Световая отдача, лм/Вт	7–18	До 30	25–104	25–80	55–80	36–58	70–95	70–150	80–90	>90
Цветовая температура, К	2500–2 900	2700–4 000	2 700–6 500			4 000–4 500	3 000–6 000	4 000–4 500	2700–6 500	2700–6 500
Индекс цветопередачи $R_a$	100	100	50–90			40–45	65–90	40–45	80–85	>80
Срок службы, ч	1 000	до 1 000	5 000–60 000			до 24 000	8 000–10 000	до 24 000	100 000	60 000–150 000