



# ХВО® – лампы для кинотеатров

Технология и применение



УВИДЕТЬ МИР В НОВОМ СВЕТЕ

**OSRAM**





## **4 Введение**

## **4 Исторический обзор**

## **5 Общее описание ламп XBO®**

## **6 Конструкция ламп**

- 6 Терминология
- 6 Колба
- 7 Электроды
- 7 Уплотнение
- 10 Цоколь
- 10 Нить зажигания
- 10 Газонаполнение
- 10 Геометрические допуски

## **11 Фотометрические характеристики**

- 11 Световой поток и светоотдача
- 11 Яркость
- 13 Распределение силы света
- 14 Спектральные и цветовые характеристики

## **16 Электрические характеристики**

- 16 Общие сведения
- 16 Работа в установившемся режиме
- 17 Зажигание
- 18 Пуск
- 19 Пульсации тока

## **22 Эксплуатационное оборудование**

- 22 Ламповые модули
- 23 Выпрямители
- 23 Зажигающие устройства

## **25 Рабочие параметры**

- 25 Положение горения
- 26 Магнитная стабилизация дуги
- 27 Поворот лампы
- 28 Охлаждение
- 29 Диапазон регулирования тока
- 30 Рабочий цикл

## **31 Эксплуатация**

- 31 Срок службы ламп
- 31 Почернение
- 33 Стабильность дуги и мерцание
- 37 Выработка озона

## **39 Обслуживание**

- 39 Механическая установка
- 39 Электрическое подключение
- 40 Очистка ламп
- 41 Транспортировка
- 41 Хранение
- 41 Утилизация

## **42 Проблемы**

### **Поиск и устранение неисправностей – рекомендации**

- 42 Лампа не загорается
- 42 Мерцание
- 43 Сокращение срока службы
- 43 Несоответствующая полярность
- 43 Деформированные электроды
- 43 Разрыв лампы
- 44 Изменение цвета цоколя, кабеля и кабельных наконечников
- 44 Недостаточная сила света
- 45 Неравномерная освещенность
- 45 Сжатие лампы
- 45 Непрерывное горение

## **45 Безопасность**

- 45 Давление
- 45 Яркость
- 45 УФ-излучение
- 45 Выработка озона

## **46 Алфавитный указатель**

## Введение

Назначением этой брошюры является предоставление как можно более полной информации, касающейся использования и работы ламп ХВО®. Она предназначена для всех операторов и пользователей ламп ХВО®, а также конструкторов светотехнических приборов и эксплуатационного оборудования, такого как выпрямители и зажигающие устройства, а также ламповые модули и оптические системы.

В настоящей брошюре в основном рассматриваются не столько физические и фотометрические принципы генерации света в лампах ХВО® или фотометрические характеристики генерируемого излучения, сколько практические требования, которые должны быть выполнены в целях обеспечения надежной работы ламп, проблемы, которые могут возникать в процессе их эксплуатации и методы решения этих проблем.

Несмотря на то, что приведенная ниже информация в основном относится к использованию ламп ХВО® в кинопроекции (наиболее важное их применение с коммерческой точки зрения), многое из сказанного также относится к другим областям применения, таким как имитация солнечного света или зенитные прожекторы. Внимание настоящей брошюры сфокусировано на лампах ХВО® высокой мощности (свыше 450 Вт), используемых в различных областях, в том числе в киноиндустрии; и отмечается существенное отличие от ламп ХВО® низкой мощности.

Настоящая публикация служит в качестве справочного руководства и содержит детальное оглавление в начале и алфавитный указатель в конце.

## Исторический обзор

Лампы ХВО® представляют собой газоразрядные лампы с короткой дугой, работа которых основана на сильноточном дуговом разряде в среде чистого ксенона. Они были разработаны компанией OSRAM в середине XX века. Эти лампы сразу получили применение в качестве источников света в кинопроекторных установках, где они очень быстро заменили дуговые лампы с угольными электродами. ХВО® стали особенно популярны с 1970 года, когда были разработаны лампы, способные работать не только в вертикальном (как было ранее), но и в горизонтальном положении горения. Эта разработка позволила при той же мощности повысить освещенность экрана примерно на 30%.



Рис. 1 В 1984 году Академия киноискусства и кинотехники США вручила компании OSRAM награду OSCAR® за разработку и совершенствование ламп ХВО®. Источник: Академия киноискусства и кинотехники

На протяжении последних 40 лет надежность и ресурс ламп были значительно увеличены благодаря непрерывной разработке и совершенствованию компонентов и ламп и технологических процессов. В настоящее время их модельный ряд включает лампы различных типов в диапазоне мощностей от 75 до 12 000 Вт.

#### Общее описание ламп XBO®

Лампы XBO® принадлежат к классу газоразрядных ламп. В этих лампах свет генерируется дуговым разрядом, свободно горящим в среде чистого ксенона между двумя электродами. Длина дуги равна расстоянию между двумя электродами и даже при высоком уровне мощности в несколько киловатт составляет всего лишь несколько миллиметров. Это означает, что данные лампы очень близки к идеальному точечному источнику света.

Давление в горелке составляет несколько десятков бар, что позволяет получить высокий уровень пространственной концентрации света и в то же время приемлемый уровень напряжения на лампе. Рабочее напряжение ламп в основном составляет 20-30 В, с крайними значениями от 15 до 60 В. При обычно используемых мощностях эти лампы отличаются высокими значениями тока, до 200 А. При этом источник питания должен обеспечивать хорошо сглаженный постоянный ток.

Одним из основных фотометрических преимуществ ламп XBO®, кроме их вышеупомянутой высокой яркости и близости к точечным источникам света, является качество света, близкого к дневному свету. При средней цветовой температуре 6200 К их свет очень близок по цветовой температуре солнечному; а индекс цветопередачи – степень «естественности» воспроизведения цветов тела всего лишь на несколько единиц ниже идеального значения, равного 100, причем это качество цвета остается неизменным, и на него не оказывают влияния тип лампы, мощность, срок эксплуатации и использование устройств регулирования яркости.

В ряде случаев дополнительным преимуществом является то, что повторное зажигание ламп возможно в горячем состоянии, и полная светоотдача достигается практически немедленно.

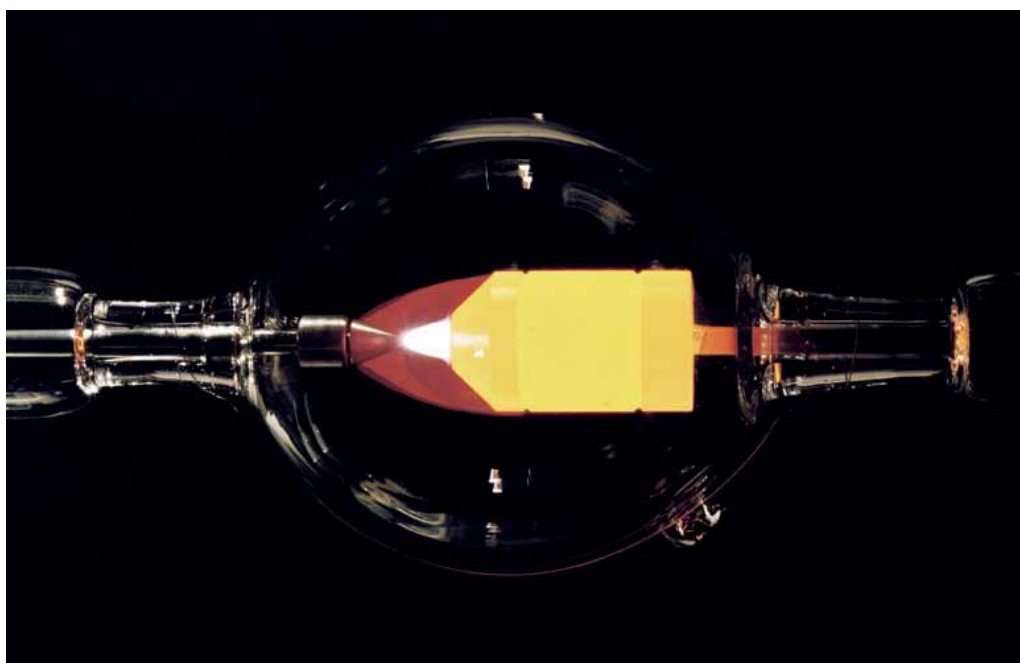


Рис. 2 Работа лампы XBO®

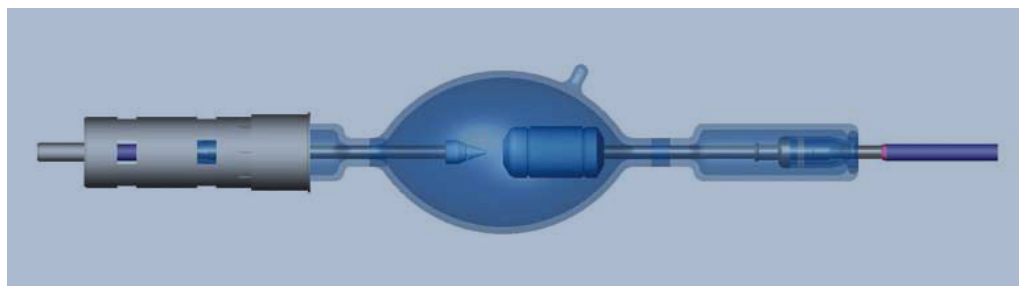


Рис. 3 Схематическое изображение лампы HBO®, демонстрирующее ее основные компоненты

Лампы HBO® представляют собой двухцокольные газоразрядные лампы. На Рис. 3 показаны следующие основные компоненты:

**Колба из кварцевого стекла** представляет собой разрядный сосуд, содержащий **систему электродов** и заполненный ксеноном. Утолщение выступает наружу в **трубку** или **шейку лампы**.

«Носик» лампы, через который она заполняется газом в процессе изготовления, называется **откачной трубкой (штенгелем)** или **наконечником откачной трубки**. Он расположен на колбе или на одной из шеек лампы.

Дуга загорается между двумя **электродами**, выступающими в разрядный сосуд. Электроды располагаются напротив друг друга, и между ними имеет место небольшой зазор. Во время работы длина дуги равна величине зазора между электродами. Электрод меньшего размера является **катодом**, а большего размера – **анодом**.

В лампах большинства типов электроды установлены на электродных стержнях.

Оба электрода **герметично уплотнены** в разрядном сосуде.

Для внешнего электрического подключения и механического крепления лампы служат цоколи. Один из них является цоколем катода (отрицательным полюсом), а другой цоколем анода (положительным полюсом).

**Нить зажигания** проходит по наружной поверхности колбы; в зависимости от типа лампы она проходит от шейки до шейки или от шейки к цоколю.

### Колба

Колбы ламп HBO® всегда изготавливаются из кварцевого стекла. Это обусловлено тем, что только кварцевое стекло может выдерживать высокие механические нагрузки, вызываемые рабочим давлением в несколько десятков бар и высокие тепловые нагрузки (температура поверхности составляет свыше 700°C).

В зависимости от типа лампы и области применения выбирается овальное или круглое сечение. Толщина кварцевого стекла составляет несколько миллиметров. Для изготовления колбы используется только кварцевое стекло высшего качества, не содержащее свилей и пузырьков, что позволяет получить наилучшее возможное качество изображения.

Как правило, кварцевое стекло имеет присадки или невидимое для человеческого глаза покрытие, поглощающее нежелательное ультрафиолетовое излучение. Обозначение этих ламп содержит буквы «OFR». Лампы HBO® с колбами из чистого кварцевого стекла во время работы генерируют озон, при высоких концентрациях и длительном вдыхании представляющий собой опасность для здоровья.

## Электроды

Электроды ламп ХВО® всегда изготавливаются из вольфрама.

Электрод меньшего размера, **катод**, является источником электронов. Наилучшим материалом для выполнения этой задачи является легированный вольфрам. Эмиссию электронов также облегчает геометрия катода с относительно острым концом и (в некоторых случаях) теплоотражающей канавкой. Такая форма также способствует образованию стабильного и четко ограниченного основания дуги, необходимого для достижения высокой концентрации генерируемого света непосредственно перед кончиком катода и хорошей пространственной стабильности корня дуги.

**Анод** принимает электроны, испускаемые катодом. Они с высокой скоростью проникают в анод и там останавливаются. При этом рассеиваемая энергия преобразуется в тепло. Это тепло должно рассеиваться, и в основном излучается наружу. Большой и массивный анод позволяет поддерживать как можно более низкую его температуру, что способствует увеличению срока службы лампы. В целях улучшения характеристик инфракрасного излучения поверхность анода часто подвергается специальной обработке; для человеческого глаза она выглядит блестящей или матово-серой.

Кроме формы важными факторами, определяющими, как долго анод может выдерживать бомбардировку электронами, являются состав и структура материала. В то время как в прошлом использовался чистый вольфрам очень высокой плотности, в настоящее время применяются легирование и строго контролируемая термообработка и механическая обработка, обеспечивающие особую структуру металла и значительно лучшие характеристики анода. Определяющим фактором всегда является время, в течение которого фронтальная поверхность анода может сохранять свою форму. На процесс износа также значительное влияние оказывают особые условия, в которых работает лампа.

За счет специальных технологических процессов, OSRAM может оптимизировать состав и структуру материалов на основе вольфрама в соответствии с особенностями того или иного применения. Постоянное совершенствование этих материалов позволяет значительно увеличить срок службы и светоотдачу ламп.

## Герметизация

Два уплотнения, которые имеют все лампы ХВО®, обеспечивают газонепроницаемое соединение для подключения лампы к внешнему источнику питания.

Так же как все металлы, вольфрам имеет относительно высокий коэффициент теплового расширения. В отличие от вольфрама кварцевое стекло при нагреве

практически не расширяется. По этой причине вольфрамовый стержень, например, стержень анода не может быть заделан непосредственно в кварцевое стекло, поскольку при нагреве он просто разрушит его. Поэтому для создания уплотнения между стеклом и металлом применяются определенные специальные процессы.

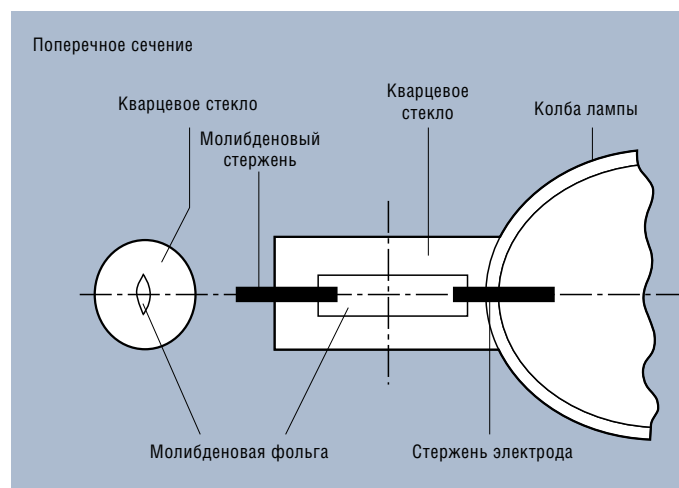


Рис. 4 Схематическое изображение уплотнения из фольги

### Процесс № 1:

Ток проводится через кварцевое стекло при помощи молибденовой фольги (см. Рис. 4, стр. 7). Толщина фольги составляет всего лишь около 20 мкм (тоньше человеческого волоса). Фольга протравливается с целью образования острой режущей кромки с обеих сторон. При нагреве абсолютное расширение фольги в поперечном направлении настолько мало, что кварцевое стекло способно поглощать возникающие при этом усилия. По ширине острые кромки могут легко внедряться в кварцевое стекло, не разрушая его. Этот метод **уплотнения из фольги** используется при изготовлении всех маломощных ламп ХВО®. Этот метод не может применяться для ламп более высокой мощности, поскольку тонкая фольга не может проводить токи свыше 10 ампер.

### Процесс № 2:

Вместо ряда параллельно соединенных слоев фольги используется круглая фольга в форме чашки, образующая **«молибденовое манжетное уплотнение»**. Недостатки этой в основном прогрессивной идеи заключаются в высокой стоимости изготовления чашеобразного уплотнения из фольги и относительно низкой надежности уплотнения вдоль круговой режущей кромки.

### Процесс №3:

Наиболее надежным в механическом и электрическом отношении методом является пропускание тока непосредственно через стержень, к которому крепится электрод. Однако, поскольку электрод не может быть внедрен в кварцевое стекло, необходимо создание промежуточной среды между вольфрамом и кварцевым стеклом с целью сглаживания различия коэффициентов расширения. Это осуществляется посредством использования нескольких стеклянных элементов, из стекла с различным коэффициентом расширения. При этом коэффициент расширения стекла становится тем ниже, чем дальше от вольфрамового стержня находится данный стеклянный элемент. Слой стекла с высоким коэффициентом расширения, близким к коэффициенту расширения металла, располагается непосредственно рядом с металлом, слой стекла с низким коэффициентом расширения располагается вблизи кварцевого стекла, а между ними располагаются слои стекла с промежуточными значениями коэффициента расширения. Такой метод известен под названием **ступенчатого уплотнения**. Поскольку уплотнительное стекло может испытывать давление, его геометрия напоминает вывернутый наружу напалечник (см. Рис. 5). Важную роль при этом играет часть уплотнения, называемая уплотнительным куполом.

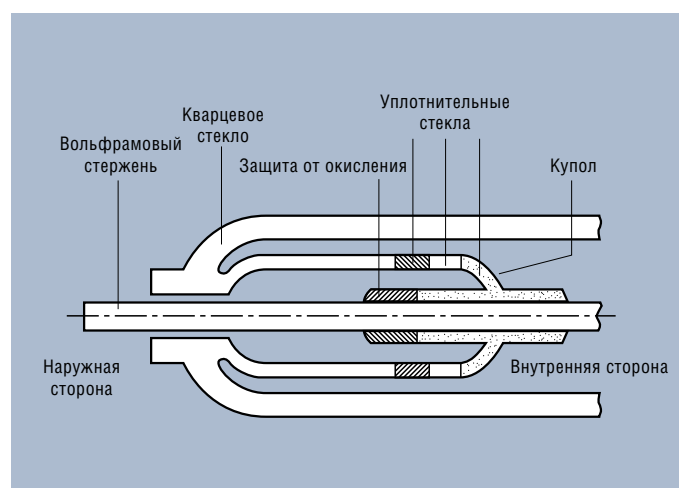
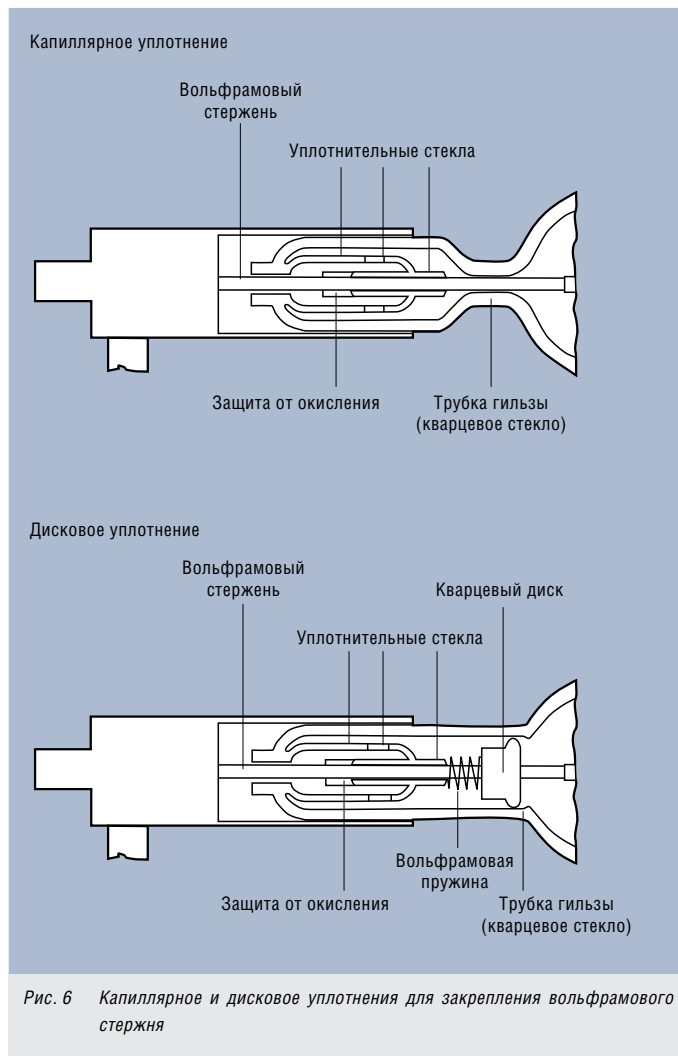


Рис. 5 Схематическое изображение ступенчатого уплотнения



В настоящее время ступенчатое уплотнение считается наиболее надежным и эффективным типом уплотнения для высоконапряженных ламп, таких как ХВО®. Поскольку уплотнительное стекло чувствительно к температуре, оно не должно располагаться вблизи дуги, имеющей высокую температуру, и анода. При этом используется ряд различных методов закрепления тяжелого электрода в колбе лампы. Наиболее важные из них показаны на Рис. 6:



В **капиллярном уплотнении** трубка гильзы на протяжении определенной длины плотно окружает вольфрамовый стержень. Это создает хорошую опору для стержня вместе с довольно изящной механической конструкцией.

В **дисковом уплотнении** стержень электрода центрируется в прочной трубке гильзы большого диаметра при помощи диска, имеющего форму, подобную головке клапана автомобильного двигателя. Диск прижимается к своему седлу вольфрамовой пружины.

Важной деталью ступенчатого уплотнения является **защита от окисления**. Она состоит из специального стекла с относительно низкой температурой плавления, нанесенного на вольфрамовый стержень вблизи уплотнения. Ее особенно тесная физическая и химическая связь с вольфрамовым стержнем обеспечивает хорошее дополнительное уплотнение по отношению к атмосферному кислороду, пытающемуся проникнуть через уплотнительное стекло.

Цоколь	<p>Два цоколя ламп ХВО® используются для электрического подключения и механического крепления. Для ламп высокой мощности они, как правило, состоят из металлических втулок, крепящихся к стержням лампы при помощи зажимных колец, и вспомогательной графитовой ленты. Гибкий вывод внутри цоколя обеспечивает надежное соединение без механических напряжений между стержнем электрода и цоколем. К втулкам крепится кабель, резьбовой или гладкий цилиндрический стержень, или имеет место комбинация кабеля и стержня. Втулки имеют блестящее никелевое покрытие, обеспечивающее хороший электрический и тепловой контакт. Обычно на цоколях выбиваются метки идентификации полярности, служащие как для собственно идентификации, так и для охлаждения внутреннего пространства цоколя.</p>
Нить зажигания	<p>Нить зажигания представляет собой тонкую, термостабильную проволоку из железо-никелевого сплава, натянутую между шейками лампы, и, в зависимости от типа лампы, иногда доходящую до втулки цоколя. Она облегчает зажигание лампы, особенно при снижении эффективности выпрямителей и устройств зажигания в процессе эксплуатации. Она имеет две функции: во-первых, она искажает форму прикладываемого для зажигания лампы электрического поля, создавая неоднородности, вызывающие пики в картине распределения поля, что является благоприятным для искрового пробоя. Во-вторых, на ней имеют место частичные разряды, которые за счет фотоэлектрического эффекта могут выбивать из катода электроны, которые, в свою очередь, инициируют разряд.</p>
Газонаполнение	<p>Лампы ХВО® заполнены чистым ксеноном. Ксенон является самым редким из стабильных инертных газов и присутствует в воздухе в очень низких концентрациях (менее 0,00001 %). В промышленных условиях он может быть получен посредством сжижения воздуха. По сравнению с другими инертными газами, такими как аргон и криптон, также получаемыми из воздуха, ксенон имеет очень высокую стоимость. Для обеспечения длительного срока службы ламп газ должен отвечать чрезвычайно строгим стандартам чистоты. Допустимое содержание агрессивных примесей составляет всего лишь несколько частей на миллион.</p> <p>В зависимости от конструкции давление ксенона в лампах ХВО® в холодном состоянии составляет от 5 до 15 бар. Для получения этого избыточного давления в процессе изготовления ксенон вмораживается в полость лампы. Во время работы в результате повышения температуры давление в лампе возрастает приблизительно в четыре раза.</p>
Геометрические допуски	<p>Лампы ХВО® часто используются в высококачественных оптических системах в качестве точечных источников света. Это требует прецизионного позиционирования дуги, или точнее, ее горячего пятна, т.е. точки максимальной яркости. Стеклообразные колбы ламп ХВО® имеют более широкие допуски изготовления по сравнению с ротационно симметричными металлическими частями, изготавливаемыми посредством механической обработки. Для облегчения регулировки положения ламп в оптических системах и даже исключения необходимости в такой регулировке там, где требования не столь высоки, положение дуги относительно базовой точки (обычно цоколя катода) в отношении расстояния и соосности имеет очень строгие допуски, обычно составляющие <math>\pm 0,5</math> мм. Допуски всех остальных размеров составляют несколько миллиметров. Это следует учитывать при проектировании аппаратуры и ламповых модулей.</p> <p>В лампах некоторых типов диаметр штыря цоколя также имеет строгий допуск, если этот штырь используется для электрического подключения. Строгие допуски установки обеспечивают большую площадь поверхности контакта.</p>

## Фотометрические характеристики

### Световой поток и светоотдача

При типичных средних уровнях мощности около 80 % электроэнергии, подводимой к лампам ХВО®, преобразуется в излучение. Остальная часть энергии теряется за счет теплопроводности и конвекции. Только около 60% энергии излучается электрической дугой, причем основная часть излучения находится в невидимом инфракрасном диапазоне. Остальные 20% излучения генерируются электродами (в основном анодом) и колбой, температура которой достигает около 700°C.

В отношении видимого света **светоотдача** для вышеприведенного примера составляет около 30 лм/Вт и, следовательно, сравнима со светоотдачей мощных вольфрамово-галогенных ламп с коротким сроком службы. Чем ниже мощность лампы ХВО® или точнее, напряжение на лампе, тем меньше светоотдача лампы и наоборот. Для ламп ХВО® она составляет от 15 до 50 лм/Вт. Лампы с более коротким зазором между электродами, как правило, имеют меньшую светоотдачу.

При возрастании протекающего через лампу электрического тока **световой поток** возрастает приблизительно пропорционально току в степени 1,5. Такая зависимость обусловлена одновременным увеличением напряжения на лампе, и соответственно, повышением мощности, и увеличением температуры и давления.

### Яркость

В большинстве областей применения наиболее важной характеристикой ламп ХВО® является их **яркость**. Поскольку в этих лампах постоянного тока дуга имеет высокую степень геометрической концентрации, короткое расстояние перед катодом (обусловленное формой катода, его тепловым балансом и электромагнитодинамическими силами в поле дуги), в лампах имеет место четко ограниченная область максимальной яркости, за пределами которой яркость резко снижается в направлении анода (см. Рис. 7).



Рис. 7 Распределение яркости в дуге вдоль оси лампы

При вертикальном положении горения **распределение яркости** в дуге является строго ротационно-симметричным. При горизонтальном положении горения дуга слегка отклоняется вверх за счет конвекции ксенона. Величина отклонения прямо пропорциональна зазору между электродами и обратно пропорциональна току.

Для количественной оценки яркости лампы определяется **средняя яркость** (см. Рис. 8).

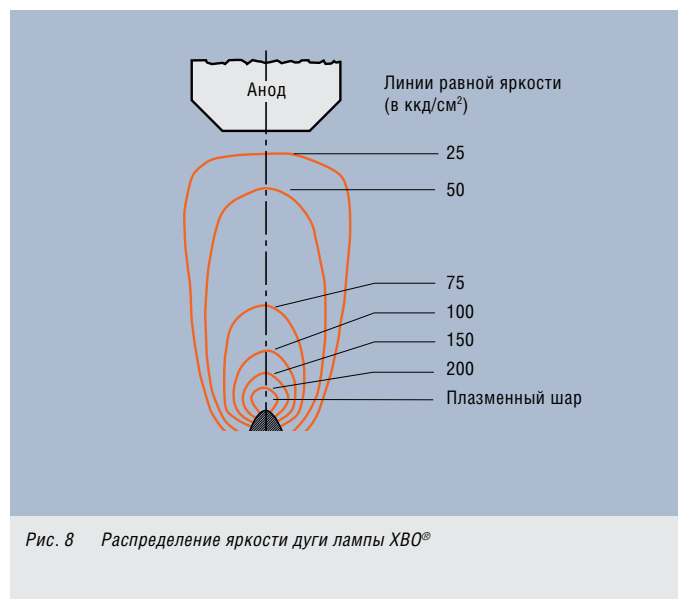


Рис. 8 Распределение яркости дуги лампы XBO®

При этом применяются следующие правила измерения: маскируется небольшая область шириной около 0,02 мм по всей длине дуги вдоль оси лампы, и определяется ее средняя яркость. Это определяет **осевую яркость**. Затем измеренная область (просвет) сдвигается в обе стороны от оси до тех пор, пока значение яркости не будет составлять половину значения осевой яркости. Эта величина составляет среднюю яркость дуги. Излучающая площадь определяется, исходя из длины дуги и снижения яркости до половины значения осевой яркости.

Типичные лампы XBO® достигают значения яркости, равного около половины яркости поверхности солнца. Яркость света сложных ламп для специальных применений с очень малым зазором между электродами может в 3-4 раза превышать яркость поверхности солнца.

В таблице, представленной на Рис. 9, приведены значения яркости некоторых естественных и искусственных источников света.

Источник света	Яркость (кд/см <sup>2</sup> )
<b>Естественные источники света</b>	
Полуденное солнце	от 100 000 до 150 000
Полная луна	от 0,25 до 0,35
Чистое небо	от 0,3 до 0,7
Облачное небо	от 0,01 до 0,1
<b>Искусственные источники света</b>	
Ксеноновая лампа с короткой дугой	от 20 000 до 500 000
Дуговая лампа с угольными электродами	от 20 000 до 180 000
Прозрачная лампа накаливания	от 200 до 5000
Прозрачная натриевая лампа высокого давления	от 300 до 550
Люминесцентная лампа	от 0,3 до 2

Рис. 9 Яркость некоторых естественных и искусственных источников света

Кроме яркости важным фактором при проектировании и определении размеров оптических систем для ламп XBO® является пространственное распределение силы света вокруг лампы.

Благодаря ротационной симметрии дуги и лампы, распределение силы света также практически одинаково во всех плоскостях, проходящих через ось лампы (см. Рис. 10). Это также относится к горизонтальному положению горения лампы; несмотря на то, что дуга в большей или меньшей степени отклоняется от оси симметрии лампы, основным источником излучения является область вблизи катода (корень дуги), на положение которого конвективные силы практически не оказывают влияния.

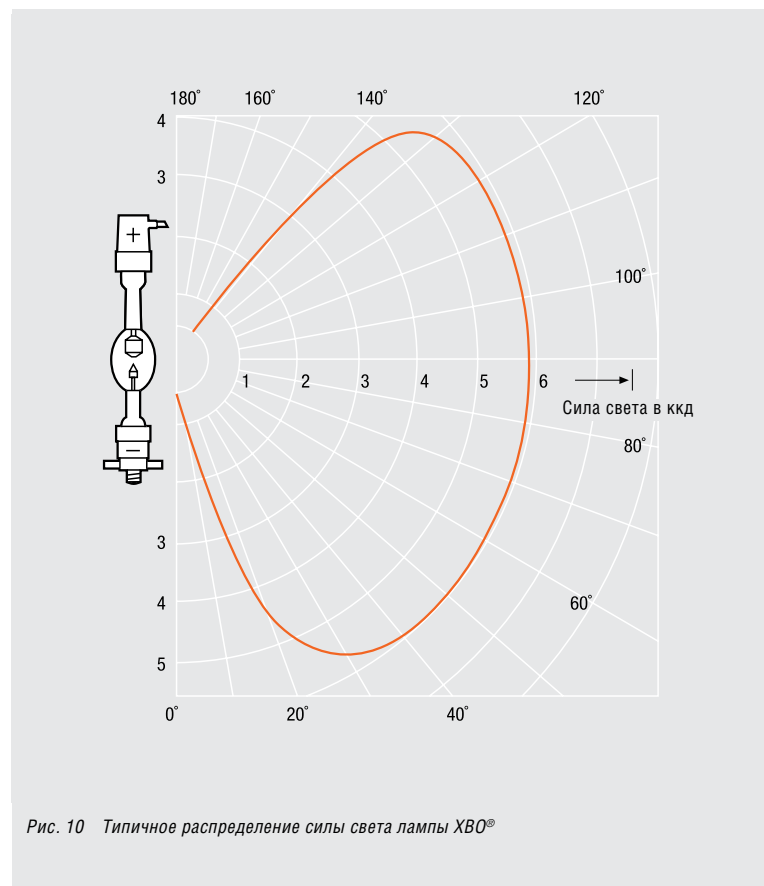


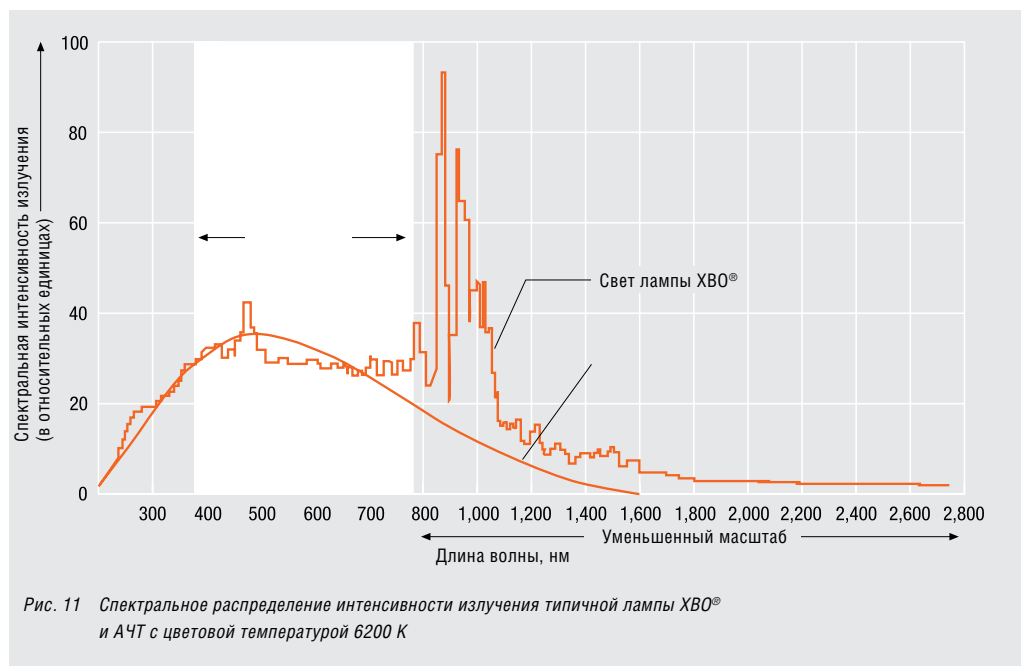
Рис. 10 Типичное распределение силы света лампы XBO®

Благодаря геометрии катода и анода и их геометрической компоновке, в большинстве ламп имеет место практически равномерное распределение силы света в пределах телесного угла величиной около 10 стерadians (полный телесный угол равен  $4 \cdot \pi =$  около 12 стерadians). Отсюда следует, что сила света может быть определена, исходя из величины светового потока данной лампы следующим образом:

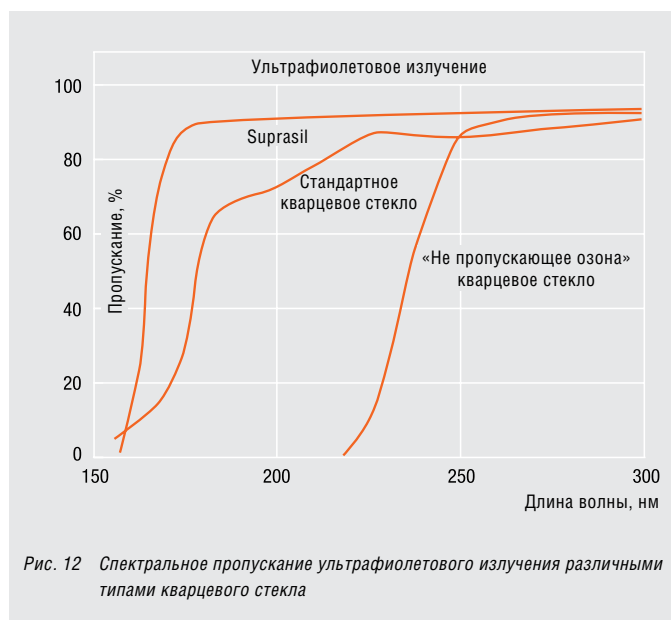
**Сила света (кд) = световой поток (лм), деленный на десять**

И наоборот, общий световой поток лампы можно легко вычислить, исходя из измеренной силы света.

Для ряда областей применения лампы ХВО® интересны не только своей высокой яркостью, но и спектральными цветовыми характеристиками. В диапазоне видимого излучения с длиной волны от 380 до 780 нм **спектральный состав излучения ксеноновой лампы** очень близок к спектральной характеристике излучателя с характеристиками абсолютно черного тела с цветовой температурой 6200 К (см. Рис. 11). Таким образом, излучение лампы представляет собой чистый белый свет, аналогичный свету полуденного солнца.



Около 6% потребляемой электроэнергии преобразуется в **ультрафиолетовое (УФ) излучение** с длиной волны менее 380 нм. Граница спектра составляет около 170 нм, поскольку излучение с меньшей длиной волны начинает поглощаться стандартным кварцевым стеклом. Синтетическое кварцевое стекло Suprasil, отличающееся сверхнизким содержанием примесей, позволяет использовать излучение с длиной волны до 155 нм. При этом интенсивность излучения снижается приблизительно экспоненциально в сторону более коротких длин волн. Во всех случаях, когда УФ излучение



оказывает неблагоприятное воздействие, используются лампы с колбами из легированного кварцевого стекла или стекла с покрытием. Такое стекло может эффективно подавлять излучение с длиной волны ниже 240 нм, в результате чего во время работы в воздушной среде (и, следовательно, в присутствии кислорода) отсутствует генерация озона (ОЗ). Разработка **«не генерирующих озона»** ламп позволила значительно снизить затраты на вентиляцию киноаппаратных помещений. Спектральное пропускание ультрафиолетового излучения различными типами стекла показано на Рис. 12.

Следует отметить, что снижение интенсивности ультрафиолетового излучения «не генерирующими озона» лампами за счет применения колб из легированного кварцевого стекла или стекла с покрытием не означает, что эти лампы вообще не генерируют ультрафиолетового излучения. Оставшаяся часть ультрафиолетового излучения с длиной волны более 240 нм также представляет собой опасность для здоровья (см. раздел «Безопасность», стр. 45).

В отношении спектра света газоразрядных ламп выдающейся особенностью ламп ХВО® является непрерывность спектра в видимом диапазоне; это отражается в их высоком индексе цветопередачи, равном около 98.

Также следует отметить, что как цветовая температура, так и индекс цветопередачи практически не зависят от тех или иных специальных рабочих параметров. Различия цветовой температуры для различных вариантов конструкции в основном бывают вызваны изменениями доли излучения, генерируемого электродами: лампы большой мощности с большими анодами обычно имеют более низкую цветовую температуру, что обусловлено более высокой долей излучения в красной части спектра. Диапазон цветовой температуры составляет от 6000 до 6500 К.

В частности цветовая температура практически не зависит от:

- типа лампы
- мощности
- напряжения лампы
- тока лампы
- уровня регулирования яркости
- срока службы лампы

Эта стабильность цветовых характеристик ксеноновых разрядных ламп делает их наиболее подходящим источником света для всех высококачественных систем имитации солнечного света.

Лампы ХВО® работают на постоянном токе. Все попытки разработать лампы, работающие на переменном токе, оказались безуспешными вследствие короткого срока службы таких ламп и нестабильности дуги. Причина этого заключается в том, что лампы ХВО® являются сильноточными лампами с рабочим током, приближающимся к 30 А даже в диапазоне низких мощностей ниже 500 Вт. Такие величины тока требуют наличия катода (отрицательного полюса) и анода (положительного полюса), специально разработанных для выполнения соответствующих задач: катод должен испускать мощный поток электронов, а анод - принимать его. Это определенное назначение электродов также означает, что последствия неправильной полярности подключения являются катастрофическими; разрушение лампы, особенно катода, произойдет в течение нескольких секунд.

Постоянный ток, как правило, генерируется выпрямителями, подключаемыми к сети переменного тока. Параметры и характеристики эксплуатационного оборудования оказывают более значительное влияние на поведение и в особенности на срок службы ламп ХВО® по сравнению с лампами других типов. Поэтому хорошее понимание электрических характеристик ламп крайне необходимо при конструировании такого оборудования.

Оставив на некоторое время в стороне процессы зажигания и пуска ламп ХВО®, мы можем описать их электрическое поведение посредством вольтамперной характеристики в установившемся состоянии.

В рабочем диапазоне, т.е. в области, близкой к номинальному току, эта характеристика является линейной и может быть описана следующим уравнением:

$$U_L = U_G + I_L \cdot R_L$$

Где:

$U_L$  = Напряжение на лампе

$U_G$  = Базовое напряжение

$I_L$  = Ток лампы

$R_L$  = Статическое дифференциальное внутреннее сопротивление

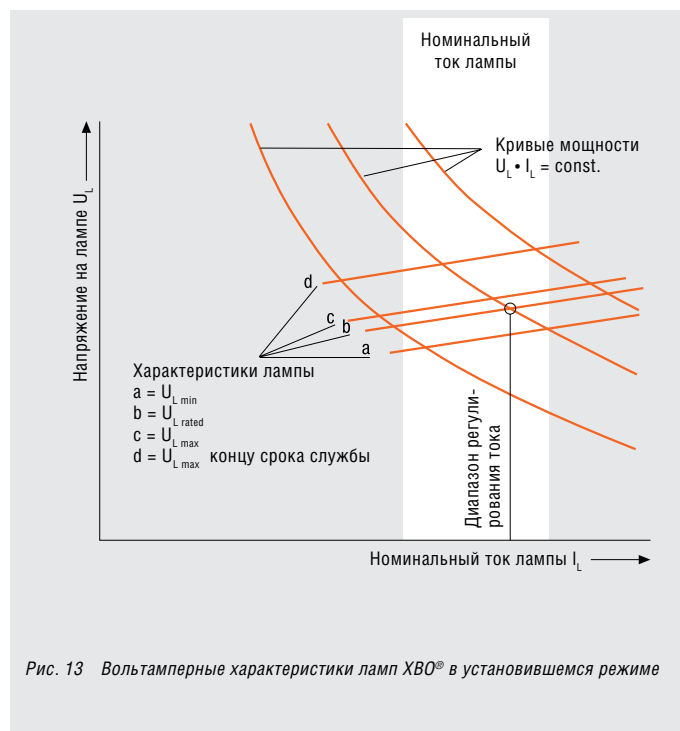
Базовое напряжение представляет собой переменную величину, используемую для описания практически линейного соотношения между током и напряжением в рабочем диапазоне. Как видно из Рис. 13, характеристики имеют небольшой подъем в сторону более высоких значений тока. Допуски изготовления для того или иного типа ламп приводят к отклонению в ту или иную сторону базового напряжения, как правило  $\pm 2$  вольта. В процессе эксплуатации каждой лампы происходит постепенный рост напряжения на лампе вследствие некоторой эрозии кончика катода, вызывающей увеличение длины дуги. Это состояние лампы отражает верхнюю линию допуска. Это увеличение также составляет порядка 2 вольт.

Большинство ламп ХВО® работают только при точно определенном значении **постоянного тока**. Напряжение на лампе устанавливается автоматически в соответствии с ее индивидуальными характеристиками.

Для большинства ламп ХВО® также указывается **диапазон регулирования** тока вокруг номинального значения тока. Это регулирование тока может использоваться для приведения яркости лампы в соответствие с индивидуальными требованиями или для компенсации небольшого снижения светового потока в процессе эксплуатации за счет увеличения тока и, следовательно, выходной мощности.

В целях обеспечения максимальной стабильности работы лампы выходная характеристика выпрямителя должна пересекать характеристику лампы по возможности под углом 90°.





## Зажигание

В холодном состоянии лампы ХВО® представляют собой превосходные изоляторы. Подача на лампу напряжения питания порядка 100 В (напряжение холостого хода выпрямителя) не оказывает на лампу никакого влияния. Для зажигания лампы требуется принятие специальных мер, направленных на то, чтобы сделать изоляционный газ, находящийся между двумя электродами, проводящим посредством его ионизации. Это обычно осуществляется при помощи высоковольтного разряда или вспышки. Для того чтобы такая вспышка превратилась в стабильную, устойчивую дугу, требуется выполнить ряд условий, включая:

- Подачу достаточно высокого пикового напряжения (напряжения зажигания) с блока зажигания
- Достаточную продолжительность импульса зажигания
- Достаточную электрическую энергию искры зажигания
- Достаточно быстрое возрастание тока выпрямителя
- Надлежащее напряжение выпрямителя в режиме холостого хода

Если **амплитудного напряжения** зажигающего устройства (ЗУ) недостаточно для пробоя зазора между электродами, разряда не произойдет. Если напряжение зажигания достаточно для получения разряда, но имеет место недостаточная **энергия искры зажигания**, искра гаснет, прежде чем лампа достигнет установившегося состояния, и разряд может поддерживаться выпрямителем. На практике это характеризуется кратковременными вспышками лампы.

Если выпрямитель неспособен достаточно быстро обеспечить после разряда ток требуемой величины, лампа снова гаснет; единственное отличие от предыдущего случая заключается в том, что продолжительность вспышки может быть несколько больше. Для обеспечения надежного перехода от искрового разряда к стабильной работе на постоянном токе выпрямитель должен отвечать минимальным требованиям в отношении **напряжения холостого хода**. Как правило, это напряжение в 3-4 раза выше номинального напряжения на лампе.

Из практических соображений напряжение зажигания обычно генерируется в форме ряда **высокочастотных импульсов**. Если импульсы следуют друг за другом достаточно быстро, например, с частотой 300 Гц, зажигание лампы облегчается, благодаря тому, что проводящий путь между электродами, созданный первым разрядом, поддерживается и расширяется последующими импульсами.

После зажигания лампы ЗУ должно быть отключено. Несмотря на свою относительно небольшую величину энергия искры зажигания с течением времени может вызывать повреждение электродов. Оптимальная **продолжительность работы** ЗУ составляет от 0,2 до 0,5 с. В принципе, зажигание ламп ХВО® может быть осуществлено единственным импульсом. Этот метод получает все большее распространение, во-первых, потому, что он позволяет снизить уровень шума при зажигании, а во-вторых, с целью снижения уровня электромагнитных помех, оказывающих влияние на расположенную поблизости электронную аппаратуру. **Одноимпульсные ЗУ** требуют приблизительно на 20 % более высоких пиковых напряжений, поскольку при их использовании отсутствует поддерживающий эффект цепочки импульсов.

Положительный эффект **нити зажигания** был рассмотрен выше в разделе «Конструкция лампы» (см. стр. 10).

В установившемся режиме, после установления постоянного тока лампы ХВО® имеют плавно возрастающую, положительную вольтамперную характеристику. Параметры процессов зажигания и разряда между электродами описаны в предыдущем разделе. Поведение лампы непосредственно после того как искра зажигания создала токопроводящий, ионизированный путь между электродами, является очень сложным.

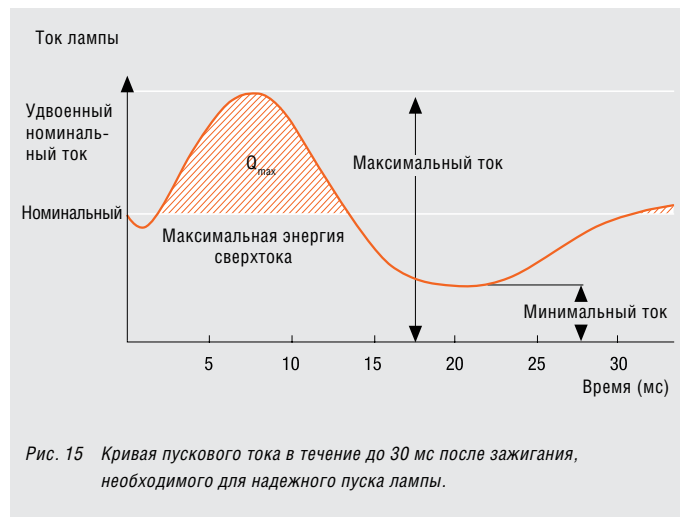
Пуск

Если рассматривать лампу как омический резистор (каковым она, разумеется, не является), после зажигания его сопротивление в течение очень короткого времени снижается от бесконечности до нескольких десятков ом. Каким образом это происходит, и как обеспечивается продолжение работы по завершении этого динамичного и «взрывоподобного» процесса, зависит от характеристик эксплуатационного оборудования (выпрямителя или пускорегулирующего аппарата) и особенностей кабельной электропроводки.

На Рис. 14 и 15 показаны типичные **кривые пускового тока** в течение, соответственно, первых 3-х и 30-ти мс после пуска.

При этом важно, чтобы токопроводящий путь, созданный искрой зажигания, достаточно быстро наполнился электронами в достаточном количестве, прежде чем холодные электроды будут повреждены чрезмерно высокими токами.





Для надежного образования дуги должны быть выполнены следующие граничные условия:

1. Номинальный ток лампы должен быть достигнут в течение, по меньшей мере, 0,2 мс после разряда.
2. Во избежание повреждения лампы при пуске пиковое значение пускового тока не должно превышать двукратного значения номинального тока, и ни при каких условиях не должно превышать максимального пикового значения, указанного в спецификации лампы.
3. В течение фазы пуска величина тока не должна снижаться ниже половины номинального тока.
4. Общая энергия сверхтока (в ампер-секундах), прилагаемая к лампе в течение первой секунды, не должна превышать номинальное значение (т.е. номинальный ток, умноженный на время) более чем на 50%.

Первое требование обычно может быть выполнено при помощи **вспомогательного конденсатора зажигания**, подключенного параллельно лампе. Для выполнения второго требования последовательно с лампой следует включить соответствующий резистор. Третье требование означает, что выпрямитель должен обеспечивать достаточно высокий ток для поддержания дуги в течение времени разряда вспомогательного конденсатора зажигания. Соблюдение четвертого требования обеспечит надлежащую защиту катода.

Современные электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА) позволяют значительно снизить протекающие через лампу сверхтоки или даже полностью исключить их. Это, естественно, способствует увеличению срока службы ламп.

#### Пульсации тока

Основным требованием для нормальной работы ламп ХВО® является протекание постоянного тока; фактически абсолютно постоянный ток может обеспечиваться только аккумуляторными батареями. Постоянный ток, генерируемый выпрямителями, имеет пульсации, в большей или меньшей степени, налагающиеся на постоянный ток. Качество постоянного тока определяется величиной пульсаций, указываемой в процентах от номинального тока.

Термин **«остаточная пульсация»** следует определить более точно. «Пульсация тока лампы  $p_i$ » является основным фактором, определяющим поведение ламп ХВО®, и определяется как:

$$p_i = \frac{i_{\max} - i_{\min}}{i_{\max}} \cdot 100\%$$

где  $i_{\max}$  и  $i_{\min}$  представляют собой максимальное и минимальное значения тока во времени (см. Рис. 16).

Величина пульсаций должна быть как можно ниже, насколько это возможно с технической и экономической точек зрения. Чем ниже величина пульсаций тока, тем лучше поведение лампы в долгосрочной перспективе. Чрезмерно высокие пульсации тока являются определяющим фактором сокращения срока службы. При этом указываются следующие максимально допустимые значения:

$P_i < 10\%$  для ламп мощностью до 3000 Вт

$P_i < 5\%$  для ламп мощностью свыше 3000 Вт

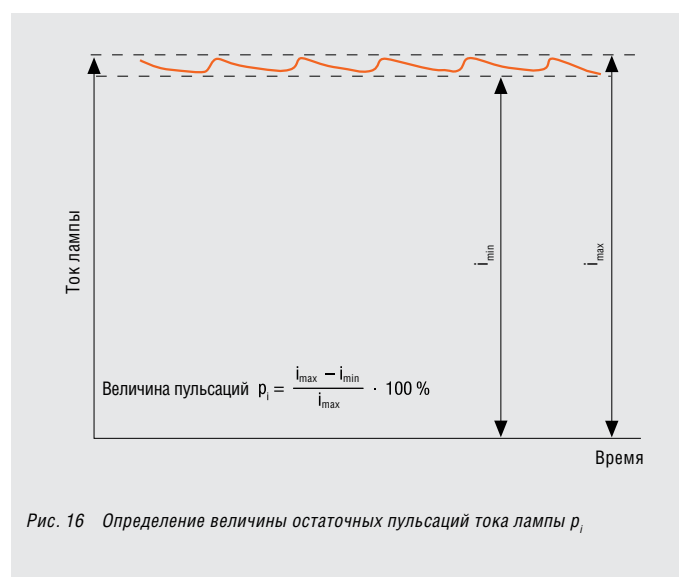
На Рис. 31 на стр. 36 показана эрозия катода после длительного периода работы при чрезмерно высокой пульсации тока.

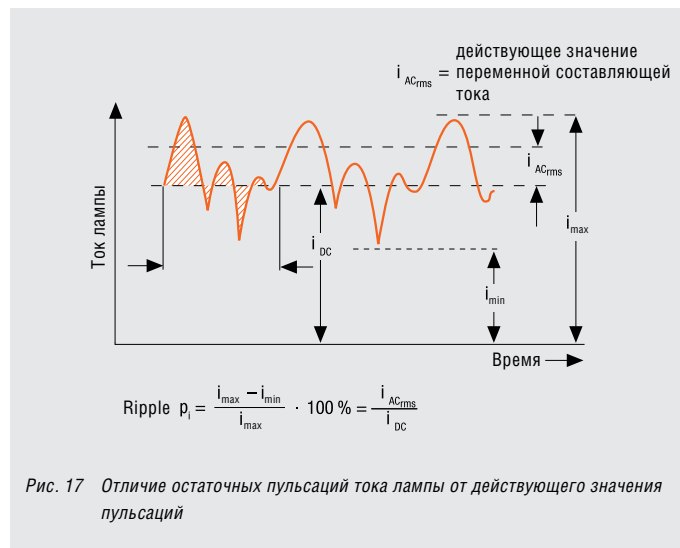
Величину пульсации тока можно снизить при помощи **сглаживающих элементов**, устанавливаемых в выпрямителе. Некоторый эффект дают дроссели, однако основной сглаживающий эффект должен обеспечиваться конденсаторами большой емкости. Эти конденсаторы подвержены процессам старения, в ходе которых происходит снижение их емкости. Отсюда следует, что регулярный контроль и измерения величины пульсаций тока являются важными факторами обеспечения длительной и бесперебойной работы ламп.

Наиболее технически целесообразным способом **измерения пульсаций** тока является использование шунта с низкой индуктивностью (последовательного резистора с сопротивлением порядка 0,1 Ом или менее) в цепи лампы. Падение напряжения на этом шунте анализируется при помощи осциллографа, а величина пульсаций вычисляется по приведенной выше формуле.

При этом важно регистрировать фактическую величину пульсаций тока. Измерение напряжения на лампе или напряжения холостого хода выпрямителя может дать совершенно недостоверные результаты. С одной стороны, лампы ХВО® действуют как реактивные компоненты, обладающие индуктивностью и емкостью, отражаемыми переменной составляющей тока, а с другой стороны характеристика лампы в установившемся режиме

новившемся режиме (см. стр. 16) сама по себе является значительно более пологой по сравнению с характеристикой омического сопротивления. Следовательно, **пульсации напряжения всегда значительно ниже**, чем пульсации тока.





Пользователи также должны быть предупреждены о недопустимости измерения величины переменной составляющей тока при помощи измерителя действующего значения. Неблагоприятное влияние на лампу оказывают фактические пики тока, накладывающиеся на постоянный ток, а не действующее значение переменной составляющей тока. Пояснение отличия действующего значения пульсаций от мгновенных пиковых значений см. на Рис. 16 и 17. На практике эти величины могут различаться до 10 раз.

Более достоверным методом оценки величины пульсаций тока является измерение величины пульсаций светового потока. Используя фотоэлемент с достаточно высоким быстродействием и осциллограф, можно определить, находится ли величина пульсаций тока в допустимых пределах без применения сложного оборудования. При пульсациях тока в пределах от 5 до 10 % величина пульсаций светового потока примерно на 50 % выше, поскольку величина светового потока пропорциональна току в степени 1,5.

Современные, оптимально подобранные ЭПРА могут генерировать ток с очень малой величиной остаточных пульсаций. При этом нормой являются значения ниже 1 %. Столь низкая величина остаточных пульсаций способствует сохранению электродов и обеспечению максимально возможного срока службы. Поиск неисправностей ЭПРА может оказаться сложной задачей. Поскольку рабочая частота ЭПРА лежит в килогерцовом диапазоне, пульсации тока также могут иметь очень высокую частоту. Измерения величины высокочастотных пульсаций тока требуют высококачественного и быстродействующего измерительного оборудования и определенного опыта

Лампы ХВО® являются источниками инфракрасного и ультрафиолетового излучения высокой интенсивности, генерирующими значительное количество ультрафиолетового излучения и имеющими высокое внутреннее давление. По этим причинам лампы ХВО® должны эксплуатироваться только в закрытых модулях.

Эти модули должны быть разработаны в соответствии с конкретным применением ламп, такими как кинопроекция, видеопроекция, прожекторы или имитация солнечного света. Тем не менее, они должны иметь следующие общие черты:

Защита от **слепающего действия**: конструкция модуля должна быть такой, чтобы дуга не могла быть непосредственно видна. Следует иметь в виду, что яркость дуги настолько высока, что она может вызвать разрушение сетчатки глаза.

Защита от инфракрасного и **ультрафиолетового излучения**: ламповые модули должны быть сконструированы таким образом, чтобы излучение, генерируемое лампой, не могло выйти за пределы модуля без фильтрации или рассеивания. Это, разумеется, не относится к светильникам, предназначенным специально для генерации излучения такого вида.

Защита от **осколков кварцевого стекла**: ламповые модули должны быть сконструированы таким образом, чтобы возможность выброса осколков кварцевого стекла в случае разрыва лампы была исключена.

Следует предусмотреть достаточное свободное пространство для установки и снятия ламп, позволяющее снять с лампы **защитную оболочку** в последний момент перед закрытием лампового модуля.

Особое внимание следует обратить на **механическое крепление** ламп. Они должны быть закреплены только с одной стороны, чтобы обеспечить возможность расширения и деформации модуля при нагреве в процессе работы лампы. Другой конец должен оставаться свободным.

Для больших ламп, работающих в горизонтальном положении горения, требуется мягкая, эластичная опора.

Целесообразно предусмотреть надлежащие отверстия и смотровые окна для **маскирования дуги**, особенно для ламп, работающих в горизонтальном положении горения. В этом случае должен быть правильно установлен магнит для стабилизации дуги.

**Электрическая конструкция** должна отвечать действующим правилам и требованиям безопасности. Целесообразно предусмотреть блокировку, отключающую питание лампы при открытии модуля. Конструкция должна учитывать высокие значения потребляемого лампами ХВО® тока и высокие напряжения зажигания ламп, составляющие от 10 до 60 кВ. Поскольку дуга может незначительно отклоняться под действием магнитного поля, следует исключить воздействие на лампу полей, которые способны генерироваться электрическими проводами и компонентами. Разумеется, это также относится к остаточным полям, существующим в пределах лампового модуля.

Концентрированная выходная мощность ламп ХВО® делает существенно важным наличие **охлаждения**. Для больших, открытых ламповых модулей иногда достаточной является надлежащим образом разработанная система конвекционного охлаждения. Принудительное охлаждение обычно требуется для плотно упакованных светильников и очень компактных ламп. Дополнительные сведения об охлаждении ламп см. в разделе «Рабочие параметры: охлаждение» на стр. 28.

Часто в дополнение к внутреннему охлаждению целесообразно бывает предусмотреть дополнительную внешнюю вытяжку воздуха из модуля. Это необходимо для ламп, генерирующих озон в целях защиты эксплуатационного персонала от тех или иных неудобств и опасностей.

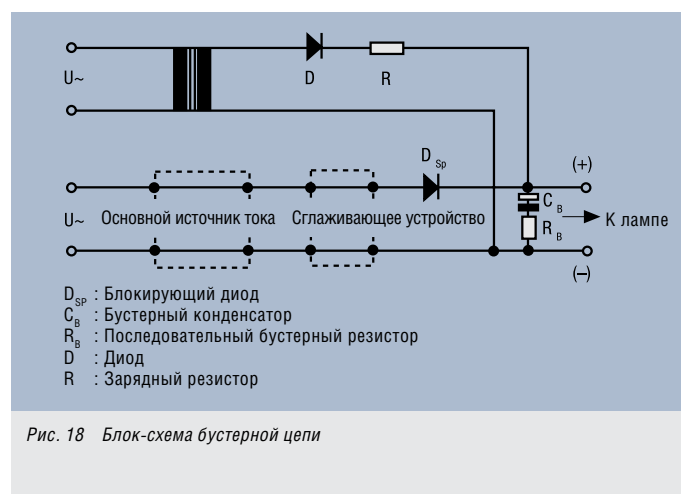
## Выпрямители

Как правило, лампы XBO® эксплуатируются с выпрямителями или ЭПРА. В принципе также возможна работа ламп от **аккумуляторных батарей**, хотя при этом часто возникают проблемы с низким напряжением питания и возможностью регулирования тока.

Общие требования, которым должны отвечать блоки управления, чтобы они были пригодны для работы с лампами XBO®, описаны в разделе «Электрические характеристики» на стр. 16.

Выпрямители могут быть как однофазными, так и **многофазными**. В последнем случае системы сглаживания пульсаций тока являются менее сложными. Несбалансированные трехфазные электрические сети могут вызывать увеличение пульсаций тока. Также необходимо предусмотреть схему сигнализации для предотвращения работы ламп при чрезмерно высокой остаточной пульсации тока в случае обрыва одной из фаз.

Поскольку уровень напряжения разомкнутой цепи для обычных (т.е. не электронных) выпрямителей в значительной степени определяет их стоимость, часто используются **бустерные** схемы (см. Рис. 18). Основным источником тока рассчитан на длительную работу при номинальной мощности, однако имеет напряжение холостого хода заметно ниже минимального требования. Более высокое напряжение, требуемое для



зажигания лампы, генерируется дополнительным выпрямителем. По причинам, связанным с выбором параметров электрических компонентов, напряжение холостого хода бустерной схемы должно быть значительно выше минимального требуемого напряжения стандартных выпрямителей.

## Устройства зажигания

Для зажигания ламп XBO® требуется высокое напряжение. Детали приведены в разделе «Электрические характеристики: Зажигание» на стр. 17.

Наиболее распространенными устройствами зажигания являются высокочастотные ЗУ параллельной схемы подключения. Типичная схема, включающая выпрямитель, блок зажигания и лампу, приведена на Рис. 19, стр. 24. Высокое напряжение подается на лампу через трансформатор Тесла. Все еще важным компонентом на сегодняшний день остается **искровой зазор**, действующий в качестве высоковольтного выключателя. Вследствие особенностей конструкции электроды подвержены определенному износу, поэтому они требуют периодической замены или регулировки зазора. В случае изменения зазора между электродами также изменяются (обычно в худшую сторону) уровень и количество импульсов зажигания.

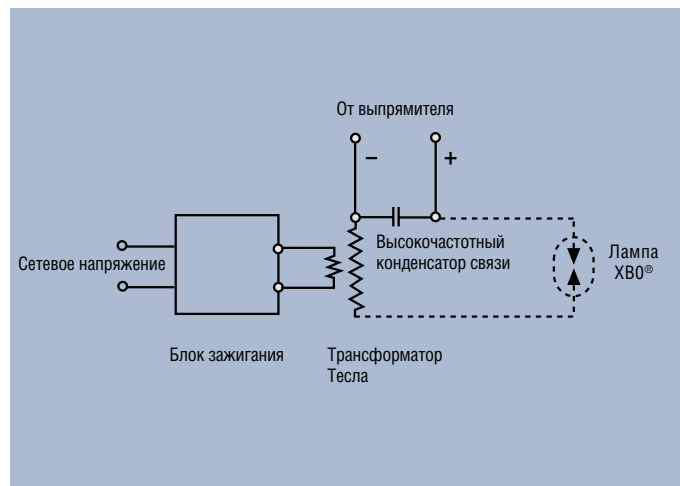


Рис. 19 Блок-схема, демонстрирующая индуктивную систему подачи на лампу высокочастотных импульсов зажигания (ЗУ параллельного поджига)

Современные ЗУ являются полностью электронными устройствами и не подвержены износу. Часто применяются ЗУ одноимпульсного типа, которые сводят к минимуму уровень помех, могущих воздействовать на близлежащую электронную аппаратуру.

Во избежание повреждения ламп после зажигания все ЗУ должны автоматически отключаться. Минимальная продолжительность работы блока зажигания должна составлять около 0,2 с, а максимальная – около 0,5 с.

С целью сведения к минимуму потерь высокого напряжения (высокой частоты) между блоком зажигания и лампой расстояние между этими двумя элементами должно быть как можно меньше и никогда не должно превышать 50 см.



## Рабочие параметры

### Положение горения

Первые лампы ХВО® были разработаны исключительно для вертикального положения горения. Только в этом положении можно было получить достаточно стабильную дугу. Для оптимального использования светового потока была применена система с двумя рефлекторами, состоящая из эллиптического основного зеркала и вспомогательного сферического зеркала. Только в 1970 году были успешно внедрены лампы с горизонтальным положением горения. Это положение горения позволило использовать системы с глубокими тарельчатыми эллипсоидальными зеркалами (уже широко применявшимися для дуговых ламп с угольными электродами), дающие повышение коэффициента использования приблизительно на 30%. На Рис. 20 приведены схематические изображения систем обоих типов.

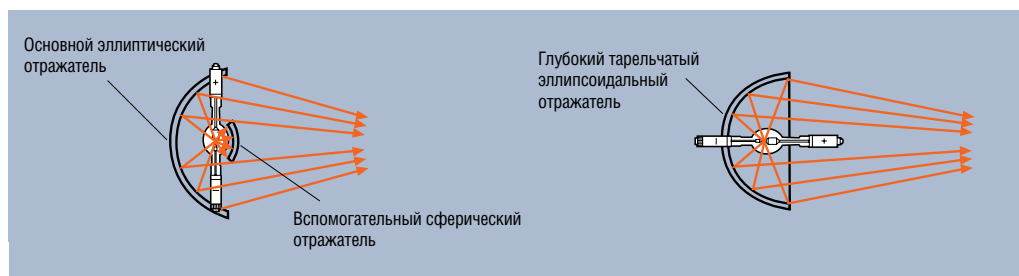


Рис. 20 Оптическая конфигурация систем для кинопроекторов с вертикальным и горизонтальным положением горения лампы

С функциональной точки зрения наиболее благоприятным для ламп ХВО® является **вертикальное положение горения** с анодом сверху. В этой конфигурации все является ротационно-симметричным. Электроны, испускаемые катодом, сначала захватывают частицы газа, а затем расширение горячей дуги вызывает образование струи газа, направленной к аноду. Если анод находится наверху, силы конвекции, прилагаемые к дуге, действуют в направлении струи газа. Результатом является дуга, которая горит чрезвычайно равномерно и стабилизируется одновременно электромагнитными и термодинамическими силами.

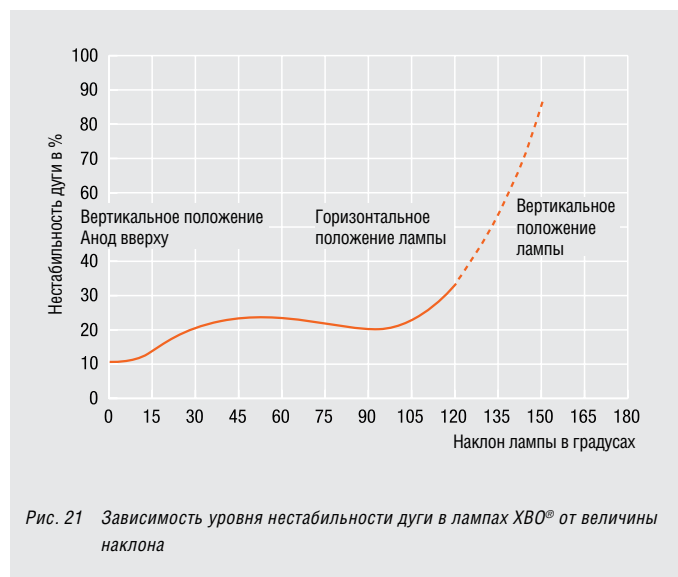
Если лампа установлена в перевернутом положении, т.е. анод находится внизу, струя газа и силы конвекции направлены противоположно друг другу, в результате чего дуга становится нестабильной, и лампа не может использоваться по назначению.

Ясно, что любой наклон лампы неизбежно вызовет нарушение стабилизирующей симметрии. Чем больше наклон, тем больше будет это возмущение. Допустимый наклон для ламп, предназначенных для работы в вертикальном положении, составляет  $\pm 30^\circ$ .

В **горизонтальном положении горения** сила конвекции действует перпендикулярно к потоку горячего ксенона; поток газа отклоняется вверх и частично сгорает, проходя мимо анода. Такой режим работы стал возможным только благодаря применению системы магнитной стабилизации дуги и разработке ламп с очень малым зазором между электродами и новой геометрией колбы.

Чем короче длина дуги при данном токе, тем более жесткой становится дуга, и тем труднее отклонить ее, например, под действием сил конвекции.

После ламп с вертикальным положением горения лампы с горизонтальным положением горения имеют следующее наибольшее количество факторов симметрии. Отклонение лампы от горизонтали, особенно **наклон** вниз вызовет заметное увеличение нестабильности дуги (см. Рис. 21 на стр. 26). Наихудшим случаем является наклон лампы с анодом внизу. В этом случае силы конвекции с увеличением наклона во все большей степени действуют противоположно потоку ксенона, что вызывает резкое возрастание нестабильности дуги.



Если значительного наклона лампы вниз избежать невозможно, необходимо рассмотреть возможность переворота лампы в оптической системе так, чтобы катод находился вниз. В зависимости от компоновки оптической системы это может иногда приводить к потерям полезного света, но в то же время значительно повышает стабильность дуги.

Каждая лампа, предназначенная для работы в горизонтальном положении, обычно может также работать в вертикальном положении.

#### Магнитная стабилизация дуги

Как описано в предыдущем разделе, когда лампа находится в горизонтальном положении, силы тепловой конвекции воздействуют на дугу в направлении, перпендикулярном к направлению потока. В зависимости от жесткости дуги, она в большей или меньшей степени отклоняется от оси «катод-анод».

Это отклонение в значительной степени можно скомпенсировать, используя тот факт, что поток газа объединен с потоком электронов. Поток электронов можно отклонить при помощи магнитных сил, поэтому надлежащим образом приложенное магнитное поле, имеющее направленную вниз составляющую магнитной силы, может практически полностью устранить влияние конвекции.

**Напряженность магнитного поля**, необходимого для стабилизации дуги, невелика и только незначительно превышает напряженность магнитного поля Земли. На практике это поле может быть создано небольшим постоянным магнитом в форме стержня длиной около 5 см, закрепленным поперек оси лампы по возможности непосредственно под дугой. Глядя вдоль оси лампы от катода к аноду, северный полюс магнита должен находиться справа; в противном случае дуга будет выталкиваться вверх. Если магнит невозможно установить непосредственно под лампой из-за отсутствия свободного пространства, его можно сдвинуть вперед или назад относительно оси лампы.

Установка магнита под лампой дает два преимущества. Во-первых, было обнаружено, что «притягивание» дуги вниз создает более стабильные условия, чем «выталкивание» вниз. Во-вторых, это позволяет лучше контролировать нагрев магнита лампой. Если магнит достигает температуры 600 °С (в зависимости от материала), он может потерять свои магнитные свойства.

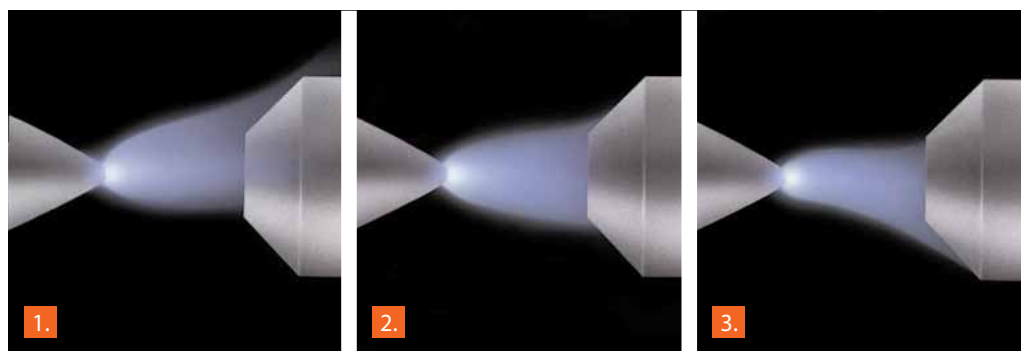


Рис. 22 Магнитная стабилизация дуги. Нестабилизированная дуга (1.) Правильно стабилизированная дуга (2.) Избыточная стабилизация (3.)

При этом важно **отрегулировать магнитное поле** таким образом, чтобы получить надлежащую компенсацию сил конвекции. Напряженность поля можно изменять, изменяя расстояние между магнитом и дугой; чем ближе магнит к дуге, тем больше величина магнитной силы. В некоторых случаях применяется активный магнит - железный сердечник, на который намотана катушка, по которой пропускается электрический ток. В этом случае напряженность поля можно легко регулировать, изменяя величину тока. Наиболее важным фактором, однако, является возможность наблюдать форму и положение дуги.

Наиболее важным является положение дуги по горизонтали. Рекомендуется также предусмотреть возможность наблюдать вид дуги сверху, чтобы убедиться в том, что дуга не отклоняется в поперечном направлении вследствие искажения магнитного поля. Как правило, необходимо предусмотреть смотровые отверстия в рефлекторе и в наружной стенке лампового модуля.

На Рис. 22 показано, каким образом изменяется форма дуги при изменении напряженности магнитного поля. При регулировке необходимо добиться, чтобы дуга была концентрична с фронтальной поверхностью анода. На Рис. 35, стр. 43 показана деформация анода с наростом, возникшая в результате длительной работы лампы без магнитной стабилизации дуги или при неправильной регулировке.

Для некоторых типов ламп с горизонтальным положением горения и достаточно жесткой дугой, обеспечивающей надлежащую работу лампы на протяжении всего срока службы, магнитной стабилизации дуги не требуется. Несмотря на то, что поведение этих ламп также можно улучшить посредством оптимально отрегулированной магнитной стабилизации, основной принцип в этом случае состоит в том, что отсутствие магнитной стабилизации лучше, чем ее неправильная регулировка.

#### Поворот лампы

Когда в середине семидесятых годов прошлого века были представлены лампы с горизонтальным положением горения, фактором, ограничивающим срок службы ламп ХВО®, было их почернение. Вследствие горизонтального положения горения, осаждение на колбе стало происходить не в затемненной области за анодом, а в верхней части, т.е. в видимой области. В результате, с одной стороны происходило снижение светового потока, а с другой стороны имел место сильный нагрев колбы в области почернения вследствие поглощения излучения.

В связи с этим рекомендовалось по истечении примерно половины срока службы лампы повернуть ее на 180° вокруг своей оси. Это позволяло сделать распределение почернения более равномерным и предотвратить местный перегрев.

Применяемые в настоящее время материалы для изготовления электродов при нормальных условиях более не дают почернения. В связи с этим более не требуется поворачивать лампу.

Сегодня фактором, ограничивающим срок службы ламп, является нестабильность дуги. Что касается этой проблемы, то поворот лампы вокруг своей оси может даже оказать неблагоприятное действие. Это обусловлено тем, что после поворота начало дуги на катоде будет лежать в новой точке. Это может временно, а для некоторых ламп необратимо увеличить нестабильность дуги.

## Охлаждение

Лампы XBO® некоторых типов могут работать без принудительного охлаждения, особенно, когда они установлены в больших, открытых модулях, и за счет продуманной конструкции достигается эффект самотяги. В лампах других типов, однако, имеет место столь высокая концентрация мощности, что для них требуется принудительное охлаждение цоколя, а иногда также колбы из кварцевого стекла.

Охлаждение осуществляется при помощи воздуха. Поток охлаждающего воздуха, генерируемый вентиляторами, должен иметь как можно более близкую к цилиндрической форму вдоль оси лампы. В кинопроекторах с горизонтальным расположением лампы, в которых катодный конец лампы вставлен в рефлектор, охлаждающий воздух обычно подается от катода к аноду. Нагнетание воздуха лучше, чем вытяжка, поскольку в этом случае очень просто создать воздушный поток с определенным расходом. В вертикально расположенных лампах целесообразным является направление потока охлаждающего воздуха от находящегося сверху горячего анода, поскольку колба охлаждается уже предварительно подогретым воздухом, что способствует уменьшению возможной турбулентности внутри лампы.

Основным критерием надлежащего охлаждения является **температура цоколя**. Она не должна превышать 230°C. Для измерения могут использоваться наклеиваемые датчики температуры или термочувствительная краска. Превышение максимально допустимой температуры не допускается даже в наиболее неблагоприятных условиях, таких как высокая температура окружающего воздуха или загрязнение воздушных фильтров. Иногда полезным является создание потока охлаждающего воздуха, направленного специально на цоколь.

Для ламп, требующих **охлаждения колбы**, скорость воздушного потока в области экватора колбы на расстоянии 5 мм над ее поверхностью должна составлять 5-8 м/с. Эта скорость измеряется при помощи анемометра. Измерять температуру колбы не рекомендуется, во-первых, потому, что ее температура очень высока (600 - 900°C), а во-вторых, потому что для выполнения измерения необходимо открыть модуль горячей лампы, что является потенциально опасным из-за наличия ультрафиолетового излучения и риска взрыва. Обдувания колбы с одной стороны следует избегать, поскольку это создает дополнительные напряжения в кварцевом стекле и вызывает нарушение внутренней симметрии конвекции, что приводит к возникновению турбулентности. Последствиями могут стать нестабильная дуга и риск взрыва..

**Чрезмерно интенсивное охлаждение** также может вызвать нестабильность дуги вследствие возникновения турбулентности в колбе лампы. Если напряжение на лампе при наличии охлаждения более чем на 1 В ниже по сравнению с напряжением при отсутствии охлаждения, это обычно означает чрезмерно высокую интенсивность охлаждения.

Лампы некоторых типов снабжены специальными **раструбами** для подвода охлаждающего воздуха к цоколям. Эти раструбы предназначены для направления части воздушного потока во внутреннюю часть цоколя. При этом следует обращать внимание на правильность установки раструбов, поскольку положение установки зависит от направления потока охлаждающего воздуха. Следует обратить внимание как на направление раскрытия двух раструбов, так и на их размер (см. Рис. 23).

В дополнение к внутреннему циклу охлаждения во многих случаях хорошим решением явилась внешняя система вытяжки воздуха из лампового модуля. Вытяжка воздуха из лампового модуля наружу является обязательной для ламп, генерирующих озон, во избежание вредных последствий, вызываемых озоном. Компонировка такой системы схематически показана на Рис. 24.

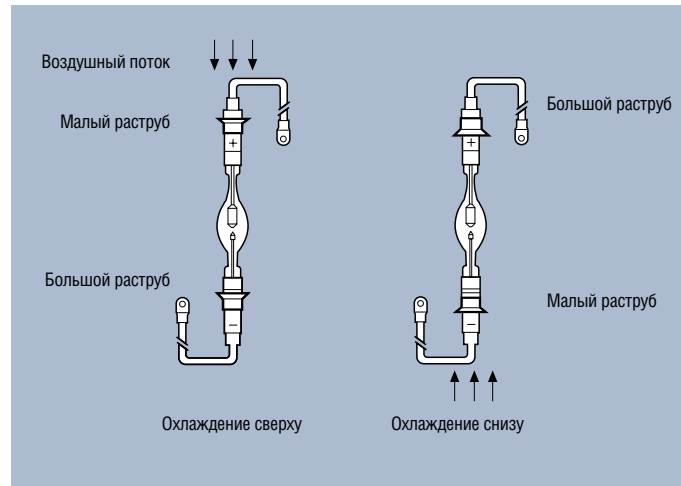


Рис. 23 Правильная установка охлаждающих раструбов при направлении потока охлаждающего воздуха сверху или снизу

Диапазон регулирования тока

избежание вредных последствий, вызываемых озоном. Компонировка такой системы схематически показана на Рис. 24.

Большинство ламп ХВО® имеют определенный диапазон регулирования тока. Это диапазон отклонения тока от номинального значения, в пределах которого лампы могут работать в зависимости от индивидуальных

требований того или иного применения. Увеличение тока дает возрастание светового потока, но в то же время вызывает сокращение срока службы лампы вследствие увеличения нагрузки на электроды.

Наилучшие результаты в отношении срока службы лампы обычно достигаются при несколько пониженном токе в начальный период эксплуатации с последующим доведением его до максимального значения к концу срока службы лампы. Основной целью регулирования тока является компенсация небольшого снижения светового потока вследствие почернения лампы в процессе эксплуатации. Длительная работа лампы при минимальном токе не рекомендуется. При этом ожидаемого увеличения срока службы лампы не

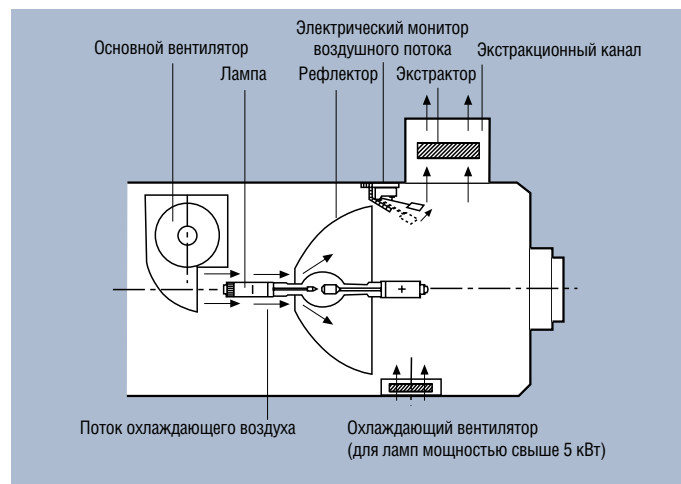
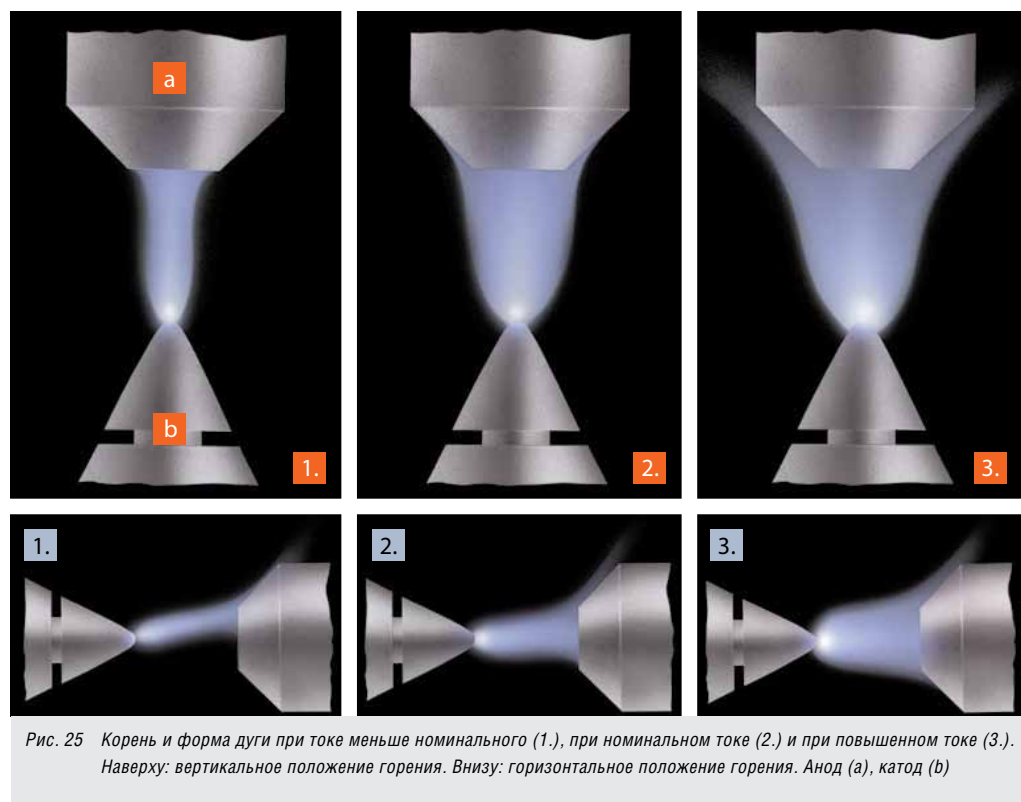


Рис. 24 Схематическое изображение типичной системы охлаждения в корпусе кинопроектора с внутренним вентилятором и вытяжкой воздуха наружу

происходит, поскольку дуга концентрируется вблизи катода, что вызывает местный перегрев и не позволяет увеличить срок службы лампы вследствие повышенного почернения. Если вследствие чрезмерной яркости лампы приходится эксплуатировать ее при пониженной мощности, рекомендуется заменить ее лампой меньшей мощности.

Как правило, не рекомендуется длительная эксплуатация ламп при максимальном допустимом токе. Это всегда вызывает сокращение срока службы ламп по сравнению с работой при номинальном токе. Если работы лампы в таком режиме невозможно избежать, пользователю следует рассмотреть возможность замены лампы на лампу следующего, более высокого уровня мощности.



На Рис. 25 схематически показаны изменения **формы дуги** и корня дуги у катода при различных уровнях тока, при вертикальном и горизонтальном положении горения.

Часто имеет место требование во время перерывов в работе не выключать лампу, а переключать ее в режим дежурного тока с целью экономии электроэнергии и снижения нагрева оборудования, а также во избежание шумовых помех во время зажигания и в целях увеличения срока службы. Учитывая вышеуказанные причины, работа лампы в дежурном режиме оказывается целесообразной при условии, что ток лампы не снижается ниже минимального предела диапазона регулирования тока. Не рекомендуется длительная работа лампы при пониженном токе, в пределах между минимальным током и нижним предельным значением тока, поскольку в большинстве случаев негативное воздействие на электроды сводит на нет ожидаемые преимущества.

#### Рабочий цикл

Лампы XBO® оптимизированы в соответствии с их областями применения. Различия конструкций обуславливают различия допустимой продолжительности включения. Лампы для обычной кинопроекции оптимизированы для средней продолжительности включения 90 минут, при которой достигается максимальный срок службы. Лампы для видеопроекции и световых эффектов или имитации солнечного света оптимизированы для более длительной продолжительности включения. Если лампа не используется в течение короткого перерыва (не более 10 минут), как правило, рекомендуется чтобы во время перерыва она продолжала гореть. Лампы с очень короткой дугой, часто используемые в видеопроекции, при непрерывной работе могут страдать от перегрузки анода. В этом случае срок службы ламп может быть значительно увеличен, если лампе давать остыть после нескольких часов работы.

Процессы зажигания также не способствуют увеличению срока службы ламп XBO®, однако они причиняют значительно меньший вред по сравнению с ртутными лампами.

В течение фазы зажигания ртутные лампы работают в области низкого давления, в то время как лампы XBO® могут запускаться в холодном состоянии при давлении газа от 5 до 15 бар. Высокое давление облегчает начало работы катода лампы XBO®.

## Эксплуатация

### Срок службы ламп

Средний срок службы ламп XBO® означает период эксплуатации, по истечении которого половина ламп из не слишком маленькой партии, обладающей большой выборкой, более не отвечает предписанным характеристикам. Для рассматриваемых ламп это означает, что по истечении этого времени допускается **снижение светового потока** на 30%.

При этом предполагается, что лампы эксплуатируются совместно с надлежащим оборудованием (выпрямителем, блоком зажигания и ламповым модулем) и в соответствии со спецификацией (ток, положение горения, продолжительность включения).

Основными факторами, сокращающими срок службы ламп, являются:

- превышение тока
- пониженный ток
- несоответствующая продолжительность включения (для лампы того или иного типа)
- высокий пусковой ток
- большие пульсации тока
- неблагоприятное положение горения, наклон
- неправильная или ненадлежащая магнитная стабилизация дуги
- ненадлежащее охлаждение

Лампы XBO® обычно могут продолжать эксплуатироваться по истечении среднего срока службы при условии, что их характеристики остаются приемлемыми для данного применения. Однако после превышения этого времени на 25% такие лампы следует заменять. По истечении этого времени, даже если почернение остается на приемлемом уровне, кварцевое стекло рекристаллизуется настолько, что это значительно повышает риск разрыва лампы. Рекристаллизация означает, что структура кварцевого стекла изменяется и из аморфной становится кристаллической под действием высоких температур и их циклического изменения. Сначала это вызывает снижение прочности стекла, а в дальнейшем стекло также теряет прозрачность.

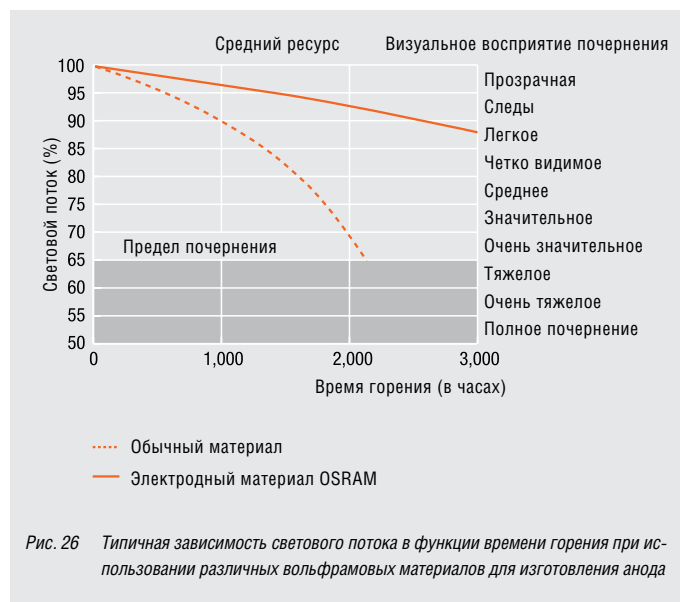
Этот фактор становится все более важным в связи с тем, что последние разработки в области металлургии вольфрама позволили значительно снизить почернение колбы. См. также следующий раздел.

## Почернение

В процессе эксплуатации происходит почернение колб ламп XBO®. Это вызвано постепенным испарением вольфрама из электродов и его осаждением на «более холодной колбе». Испарившийся вольфрам осаждается в том месте, куда он переносится внутренним потоком газа. В лампах с вертикальным положением горения это обычно темная область за анодом. При этом почернение лампы обычно не оказывает влияния на величину светового потока. Что касается ламп с горизонтальным положением горения, материал, испаренный из электродов, переносится струей газа от катода к аноду и, за счет конвекционного потока, к верхней части колбы.

Неблагоприятные эффекты почернения заключаются в **снижении светового потока**, а также в увеличении степени нагрева кварцевого стекла вследствие поглощения излучения.

Поскольку источником почернения являются электроды, их характеристики и состояние являются крайне важными. Благодаря фундаментальным исследованиям в области металлургии компания OSRAM за последние годы смогла значительно увеличить срок службы электродов, в особенности анода.



На Рис. 26 показан пример того, что было достигнуто. Основным фактором, кроме состава и плотности материала является контроль **структуры вольфрама**. Поведение анода на протяжении его срока службы определяется размером, формой и ориентацией микроскопических кристаллов (см. Рис. 27). Стабильность геометрии кристаллов обеспечивает низкий уровень почернения в процессе эксплуатации.

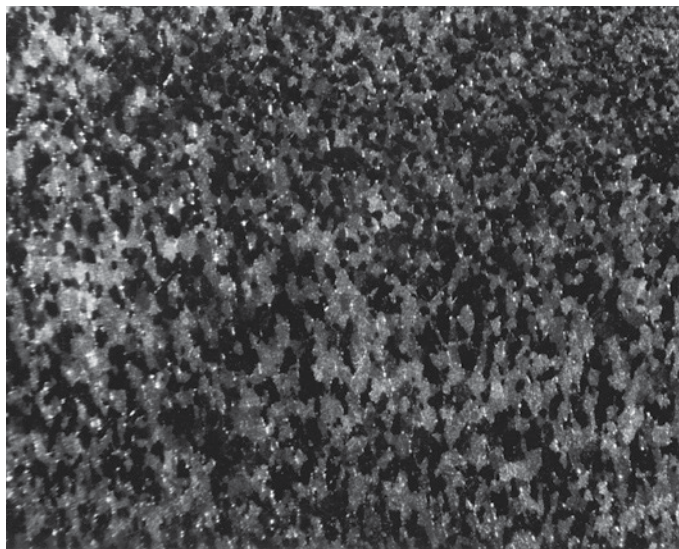


Рис. 27 Зернистая структура вольфрама вблизи поверхности анода

Небольшое почернение, которое становится видимым по истечении половины срока службы лампы, и постепенно увеличивается, является нормальным.

Внезапное **полное почернение** колбы, иногда сопровождающееся появлением темно синего или светло-желтого покрытия, является неисправностью и указывает на проникновение в лампу воздуха. Другой причиной резкого почернения может быть неправильная полярность подключения. В этом случае узкий катод принимает на себя тепловую нагрузку, предназначенную для анода, и в течение нескольких секунд его кончик расплавляется и принимает округлую форму (см. Рис. 34 на стр. 40). Продукты испарения осаждаются на стенках колбы, и лампа необратимо выходит из строя.



Скорость нормального почернения зависит от большого количества факторов. Процесс ускоряется при изменении следующих рабочих параметров:

**Превышение тока:** Увеличивает температуру анода и катода и, соответственно, скорость испарения. В некоторых случаях поверхность электродов может эродировать, что вызывает сильный местный перегрев, еще более ускоряющий процесс почернения.

**Пониженный ток:** Вызывает сжатие дуги у кончика катода, что вызывает местный перегрев поверхности катода и, следовательно, ускорение испарения.

**Остаточные пульсации тока лампы:** Увеличение остаточных пульсаций тока вызывает растрескивание поверхности катода и деформацию фронтальной поверхности анода. В процессе зажигания дуга возникает в областях выступов поверхности, которые становятся особенно горячими вследствие снижения теплопередачи в направлении тела электрода. В некоторых случаях может даже происходить расплавление вольфрама. Чрезмерно высокая остаточная пульсация тока является основной причиной растрескивания электродов.

**Высокий пусковой ток:** Во время зажигания лампы катод, еще находящийся в холодном состоянии и не склонный к испусканию электронов, должен проводить высокий пусковой ток. Если этот ток превышает допустимое значение (см. раздел «Электрические характеристики: Пуск» на стр. 18), происходит накопление маленьких, очень горячих корней дуги, вызывающее местное расплавление материала катода. При подводе дополнительной энергии расплавленный материал взрывообразно испаряется. Также может происходить выстреливание капелек расплава в направлении анода.

#### Стабильность дуги и мерцание

Дуга разряда в лампах ХВО® в основном стабилизирована электродами. Это означает, что ее положение и форма в значительной степени определяются геометрией катода и анода. В дополнение к этой статической механической фиксации имеет место внутренняя стабилизация дуги за счет действия электромагнитных и газодинамических сил. Поток электронов создает силу, действующую в направлении его оси, и таким же образом действуют термодинамические силы, возникающие в окружающем более холодном ксеноне. В целом эти явления делают работу разрядных ламп ХВО® очень стабильной, что является основной причиной их использования в качестве источников света в проекционных системах.

Тем не менее, дуга не является полностью стационарной. Хвост дуги в особенности подвержен небольшим колебаниям, вызываемым, например, турбулентностью газа в лампе (см. Рис. 28 на стр. 34). Также могут изменяться условия эмиссии и области кончика катода, что вызывает смещение корня дуги.

Для оценки стабильности или нестабильности дуги необходимо определить метод измерения.

#### **Метод двухкамерного измерения яркости:**

Изображение дуги проецируется через линзу на два фотодетектора, оптически разделенных непрозрачной перегородкой (см. Рис. 29, стр. 34). Дифференциальный сигнал анализируется электрическим образом. В начале измерения дифференциальный сигнал обнуляется посредством разделения изображения между двумя камерами; это означает, что каждый фотодиод воспринимает ровно половину дуги, разделенной вдоль ее оси. Если дуга сдвигается в области кончика катода, или во время измерения имеет место блуждание хвостовой части дуги, сигнал становится отличным от нуля, поскольку в одну камеру с фотодетектором поступает больше света, чем в другую.

Для количественного определения уровня нестабильности дуги максимальный измеренный сигнал соотносится с сигналом, имеющим место, когда полное изображение дуги проецируется на один фотодиод. Этот метод позволяет осуществлять определение пространственной стабильности дуги с высокой степенью воспроизводимости. Его преимущество заключается в том, что колебания светового потока или яркости электрического происхождения, вызванные, например, пульсациями тока выпрямителя, не оказывают влияния на результат.

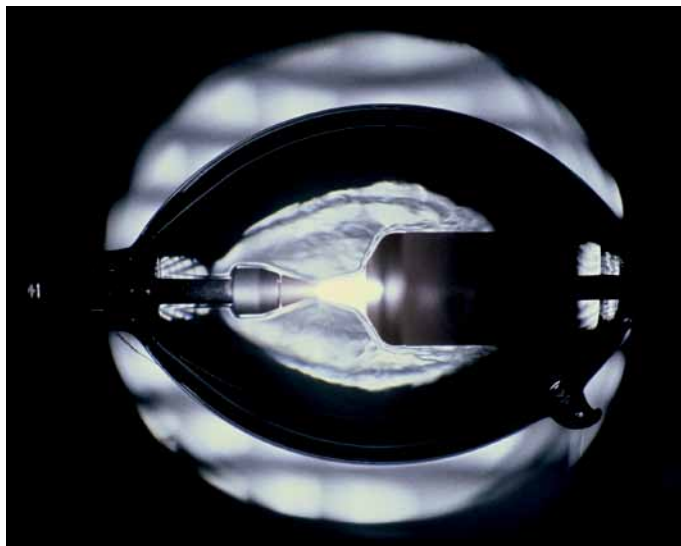


Рис. 28 Фотография потока газа в горячей лампе, полученная методом теневой визуализации

На верхнем из представленных на Рис. 30 графиков показаны фактические колебания дуги во времени. На нижней диаграмме показано изменение уровня нестабильности дуги (в течение фиксированного интервала) в течение нескольких часов горения и представлена ее статистическая оценка.

Так же как эта очень дорогостоящая процедура измерения, применяются менее дорогие методы, такие как измерение колебаний силы света во времени или горячей точки (области максимальной яркости перед катодом).

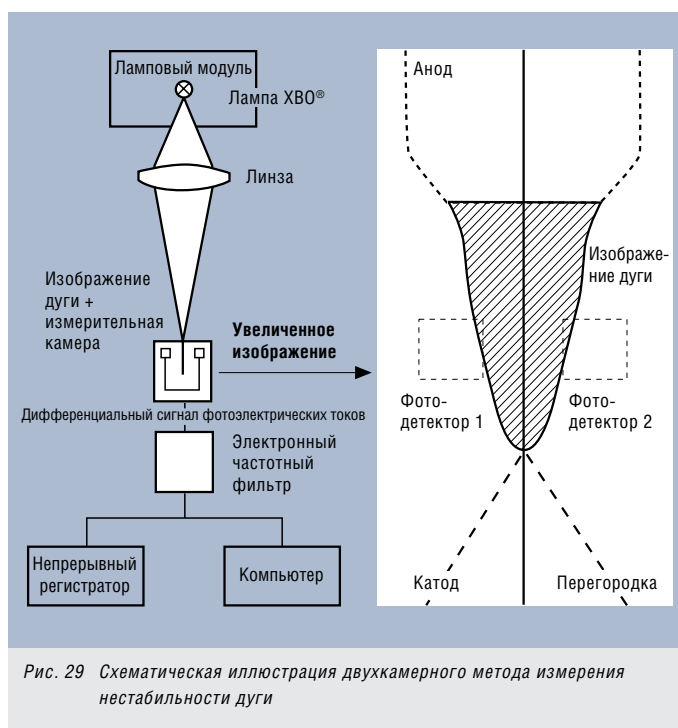
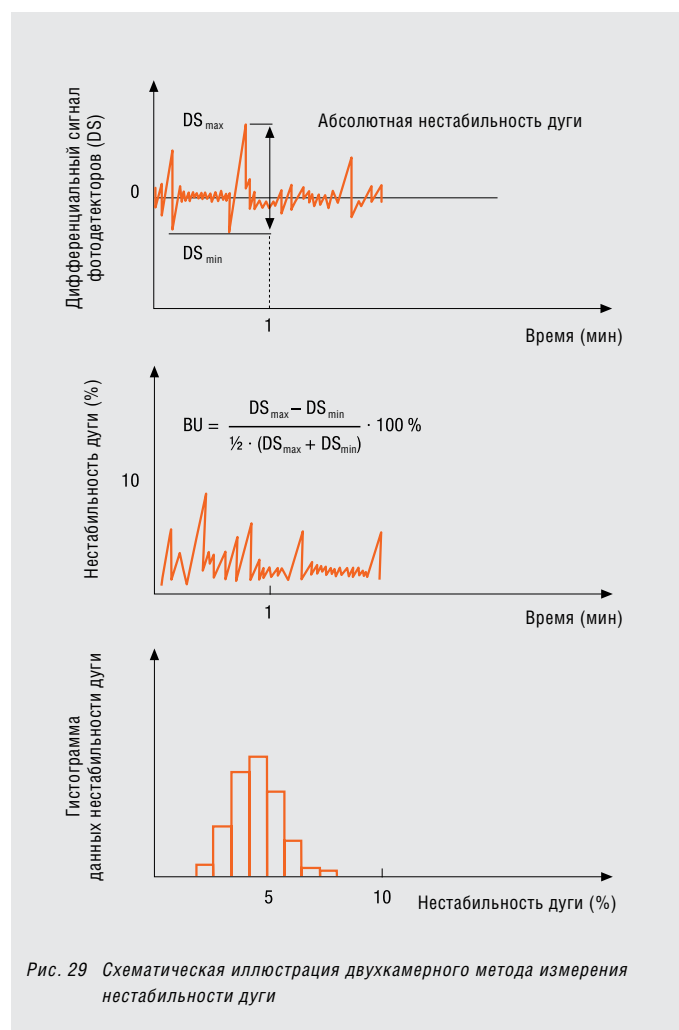


Рис. 29 Схематическая иллюстрация двухкамерного метода измерения нестабильности дуги

Недостаток всех методов заключается в том, что измеряемая нестабильность дуги не обязательно имеет большое значение для данной области применения. В частности, все лампы XBO® используются в оптических системах (проекторах, прожекторах или световодах), и все оптические системы различным образом реагируют на различные составляющие нестабильности дуги независимо от индивидуальной регулировки лампы. Общие указания, однако, могут быть даны только на основании стандартного метода измерения.

Для анализа нестабильности дуги следует разделить катодную и анодную нестабильность. **Катодная нестабильность** имеет место, если корень дуги у кончика катода нестационарен, т.е. блуждает, совершает скачки или изменяет форму. Нестабильность этого типа в основном определяется состоянием материала катода и его поверхности. **Анодная нестабильность** вызывается дрожанием хвостовой части дуги; в основном она определяется турбулентностью потока газа, но также и геометрией фронтальной поверхности анода.



Нестабильность дуги, связанная собственно с лампой, определяется следующими факторами:

**Ток лампы:** Чем больше ток лампы, тем более жесткой и стабильной является дуга, и тем мягче и больше становится корень дуги у катода. При этом возрастает температура катода. Чем ниже ток, тем более сжатым становится корень дуги у катода; при этом возникает местный перегрев, вызывающий локальное частичное истощение материала эмиттера и растрескивание поверхности. В результате дуга совершает беспорядочные скачки, пытаясь найти наилучшие условия для своего существования. На Рис. 25 на стр. 30 показаны изменения формы дуги в зависимости от величины тока лампы.



Рис. 31 Эрозия кончика катода в результате чрезмерно большой пульсации тока

**Остаточные пульсации тока лампы:** Оказывают эффект с течением времени. Большие остаточные пульсации тока лампы вызывают эрозию кончика катода (см. Рис. 31), а в случае длительной работы в таком режиме также искажение поверхности анода. Чрезмерно большую пульсацию тока можно рассматривать как наиболее важную причину нестабильности дуги.

**Пусковой ток:** Чрезмерно большие пусковые токи в сочетании с частым включением/выключением лампы вызывают эрозию кончика катода с последующей катодной нестабильностью дуги.

**Охлаждение колбы:** Чрезмерно интенсивное охлаждение колбы увеличивает значение градиента температуры между дугой и стенкой колбы, что вызывает увеличение радиально направленного потока газа и уровня турбулентности, которая в основном оказывает влияние на хвостовую часть дуги.

**Время пуска:** Повышенная нестабильность дуги наблюдается в течение короткого времени после зажигания лампы, когда все компоненты, кроме дуги, еще холодные. Эта нестабильность в основном бывает вызвана турбулентностью в области анода, но также и в области катода, имеющей место, пока катод не достигнет рабочей температуры. Этот эффект исчезает по истечении нескольких минут горения.

**Положение горения:** Оптимальным для обеспечения стабильности дуги является вертикальное положение лампы с анодом сверху. Нестабильность дуги увеличивается с наклоном лампы (некоторые лампы допускают наклон максимум до 45 градусов). Дальнейший наклон лампы за горизонтальное положение, так что анод оказывается ниже катода, резко увеличивает нестабильность дуги (см. Рис. 21 на стр. 26).

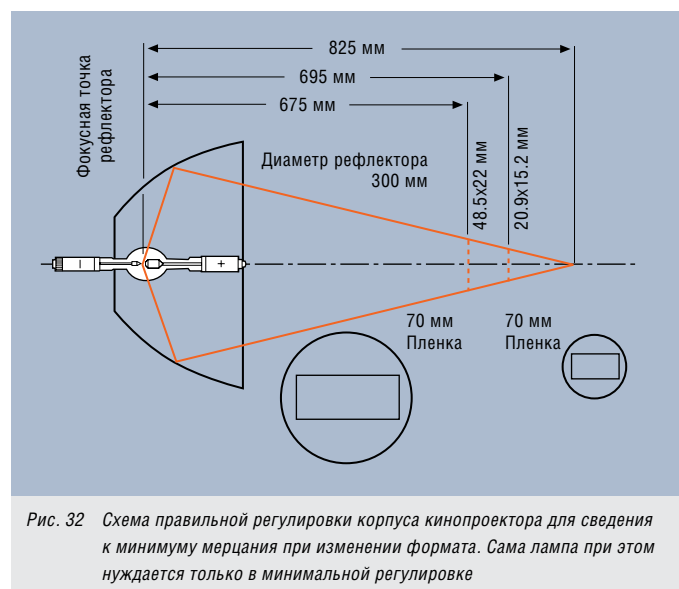
**Срок службы лампы:** Даже при оптимальных условиях работы геометрия и структура анода и катода претерпевают изменения, приводящие к постепенному повышению нестабильности дуги.

В отличие от нестабильности дуги, которая определяется состоянием лампы, мерцание определяется как резкое изменение полезного светового потока во времени. Например, в кинопроекторных системах это будет нестабильность света, отражаемого от экрана. Как было указано выше, различные оптические системы имеют совершенно разную чувствительность к нестабильности дуги. Меры, принимаемые пользователями, часто могут увеличить или уменьшить эту, связанную с тем или иным применением нестабильность.

Рассмотрим два примера:

**Расфокусировка:** В большинстве оптических систем для ламп ХВО® используется стабильная область максимальной яркости перед катодом. Свет относительно нестабильной хвостовой части дуги обычно составляет очень небольшую долю полезного светового потока (см. также «Распределение яркости в дуге», Рис. 7, стр. 11).

Однако, если оптическая система расфокусирована так, что полезный световой поток также, или в основном, поступает из хвостовой части дуги, может возникать мерцание. Это явление часто возникает в проекционных системах кинотеатров при изменении формата (см. Рис. 32).



При переходе со стандартного формата на анаморфированный формат «Синемаскоп» или иной большой формат пленки правильной процедурой является изменение монтажного расстояния, т.е. расстояния между рефлектором и кадровым окном. Если вместо этого выбирается более легкая процедура регулировки положения лампы в рефлекторе, остается возможность надлежащего освещения пленки большого формата, однако в этом случае часть полезного светового потока создает области дуги, удаленные от катода, что вызывает увеличение мерцания.

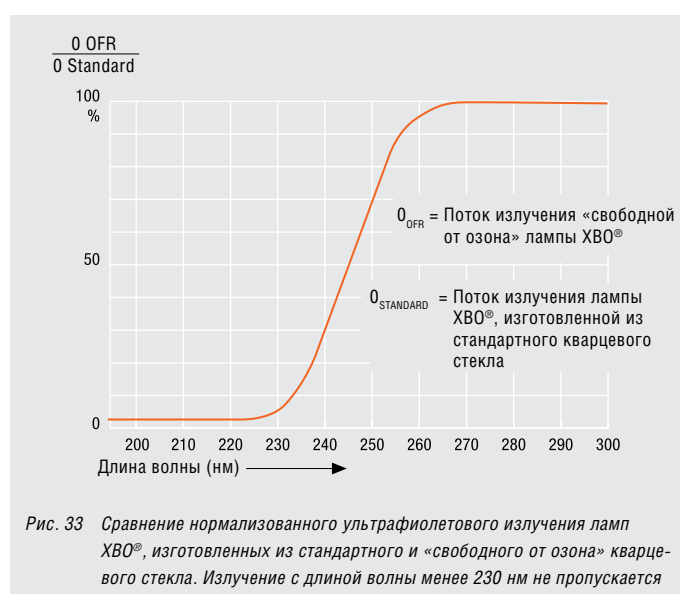
**Время приработки:** В течение короткого периода после зажигания лампы ХВО® демонстрируют повышенную нестабильность дуги вследствие неустановившегося теплового баланса. Этот период имеет продолжительность в несколько минут. Часто эффект мерцания можно устранить, дав лампе кратковременно поработать прежде, чем приступить к ее фактическому использованию.

## Выработка озона

Электрический разряд в ксеноне генерирует излучение в диапазоне длин волн от 140 нм (ультрафиолетовое излучение) до дальней области инфракрасного излучения. Если колба из кварцевого стекла прозрачна для излучения с длиной волны от 180 до 220 нм в области ультрафиолетового излучения, это излучение преобразует небольшую часть атмосферного кислорода ( $O_2$ ) в озон ( $O_3$ ). Сам озон представляет собой бесцветный газ без запаха (запах, который вы ощущаете, создают продукты реакции озона с содержащимися в воздухе загрязнениями и соединениями азота); озон чрезвычайно агрессивен. Длительное вдыхание при относительно высоких концентрациях вызывает повреждение легких.

Эмиссию озона можно подавить, используя кварцевое стекло, поглощающее излучение, лежащее в соответствующей ультрафиолетовой области спектра. Результатом являются «свободные от озона» лампы, к обозначению которых добавляются буквы «OFR». Для их изготовления применяется легированное стекло или на стекло наносится соответствующее покрытие. См. график выхода ультрафиолетового излучения на Рис. 33.

Иногда даже «свободные от озона» лампы в течение короткого периода после зажигания дают «запах озона». Этот эффект имеет две возможные причины: озон генерируется либо в результате (временного) излучения в области искрового промежутка, используемого для зажигания, либо вследствие того, что когда колба из кварцевого стекла находится в холодном состоянии, граница поглощения излучения может сдвигаться, и небольшое количество генерирующего озон излучения может выходить за пределы колбы. Оба эти эффекта безвредны и после запуска лампы исчезают.



## Обслуживание

### Механическая установка

Лампы XBO® отличаются очень высокой прочностью. Они должны выдерживать механические напряжения, вызываемые тяжелыми электродами, особенно анодом, вес которого может достигать 800 грамм, и высокое внутреннее давление, достигающее 60 бар или даже более для маломощных ламп. Однако они все-таки изготавливаются из стекла и требуют соответствующего обращения; другими словами, их следует защитить от ударов, сотрясений и чрезмерно больших усилий. Поэтому при обращении с лампами необходимо соблюдать определенные меры предосторожности.

Все лампы XBO® поставляются в **защитном кожухе**. Этот кожух служит для защиты пользователей от последствий разрыва лампы. Энергии, запасенной в лампе достаточно, чтобы в случае разрыва колбы осколки кварцевого стекла пролетели несколько метров.

При установке лампы ее защитный кожух следует снимать только после установки лампы в модуль, а после установки модуль следует сразу же закрыть. Разумеется, при установке следует пользоваться кожаными перчатками и защитными очками или прозрачной пластмассовой защитной маской, полностью закрывающей лицо и шею.

Ни при каких условиях во время установки не следует прилагать к лампе больших усилий. Например, строго запрещается заворачивать лампу в цоколь катода, держа ее за цоколь анода.

Чтобы обеспечить возможность теплового расширения и деформации корпуса, зажим лампы допускается только с одной стороны. Свободный конец небольших (коротких) ламп можно оставить без опоры. Большие (длинные) лампы должны иметь мягкую, эластичную опору, требующую соответствующего технического решения. Она должна поддерживать лампу, в то же время допуская тепловое расширение, включая расширение в направлении, перпендикулярном к оси лампы.

В случае случайного включения лампы без снятия защитного кожуха он расплавится в течение нескольких секунд, что приведет к необратимому выходу лампы из строя.

При снятии ламп следует соблюдать обратную процедуру: сначала установите на лампы защитный кожух, а затем снимите лампу.

### Электрическое подключение

Производя электрическое подключение ламп XBO®, также следует соблюдать определенные меры предосторожности.

Лампы без кабелей часто имеют «свободный» конец, подключаемый к источнику питания при помощи зажимного устройства. В этом случае сначала необходимо закрепить зажимное устройство и только затем зафиксировать лампу в ее постоянном соединении, даже если эта процедура окажется несколько сложной. В противном случае существует риск приложения к лампе больших изгибающих усилий, под действием которых она может сломаться.

Электрическое подключение ламп следует производить только при помощи предусмотренных для этой цели компонентов, например цокольных штифтов или кабелей. Ни при каких условиях не следует обрезать кабель и проводить подключение к источнику питания через втулку цоколя. Это может привести к созданию недопустимой электрической цепи и разрушению лампы.

Все электрические соединения должны отвечать требованиям, предъявляемым к силовым соединениям. Соединительные компоненты должны быть чистыми и обеспечивать максимальную площадь контакта. В сомнительных случаях лучше восстановить или, предпочтительно, заменить контакты, чем рисковать выходом лампы из строя вследствие коррозии или перегрева контактов. В большинстве случаев хороший электрический контакт также означает хороший тепловой контакт, необходимый для рассеивания генерируемого лампой тепла. Основными материалами для изготовления контактов являются латунь или бронза с никелевым или хромовым покрытием; другие металлы, такие как алюминий, для этих целей непригодны.

При подключении лампы следует соблюдать полярность; положительный вывод выпрямителя должен быть соединен с цоколем, имеющим маркировку «+», а отрицательный вывод – с цоколем, имеющим маркировку «-». Неправильная полярность вызовет полный выход лампы из строя в течение долей секунды вследствие расплавления катода из-за тепловой перегрузки.



*Рис. 34 Шарообразное расплавление катода после кратковременного включения лампы при неправильной полярности*

При установке компонентов, служащих для подачи на лампу высокого напряжения с блока зажигания, следует обеспечить надлежащие изоляционные зазоры (защита от поверхностного пробоя и емкостных радиочастотных утечек на землю).

#### Очистка ламп

Лампы ХВО® можно держать только за цоколь. В случае случайного прикосновения голыми пальцами к стеклянной колбе или стержням (чего в принципе никогда не должно происходить, поскольку незащищенные лампы следует брать только в кожаных перчатках) отпечатки пальцев следует немедленно удалить. Для этого лучше всего подходит не оставляющая ворса ткань, смоченная спиртом. После этого лампы следует насухо протереть, соблюдая осторожность, чтобы не поцарапать поверхность кварцевого стекла. Повреждение стекла может вызвать поломку лампы во время дальнейшей работы.

Если отпечатки пальцев не удалить, они будут вжигаться в поверхность кварцевого стекла и станут зародышами его рекристаллизации. Это вызовет потерю прочности стекла и повышение риска разрыва колбы.



<b>Транспортировка</b>	<p>Лампы XBO® поставляются в транспортировочных коробках. В этой упаковке лампы можно без каких-либо проблем отправлять по почте. Амортизационные подушки исключают возможность повреждения ламп даже в самых тяжелых условиях транспортировки и механической вибрации.</p> <p>При необходимости транспортировки приборов в комплекте с лампами XBO® лампы (особенно лампы большой мощности) необходимо снять и транспортировать их отдельно в оригинальной упаковке.</p>
<b>Хранение</b>	<p>Лампы XBO® можно хранить в течение неограниченного времени (насколько это может быть определено для изделия – в течение 50 лет). В то же время окружающие условия не должны быть агрессивными, температура хранения не должна превышать 50 °С, не допускается образование конденсата и хранение изделий в агрессивных атмосферах. При таких условиях хранения свойства кварцевого стекла и вольфрама изменяются настолько медленно, что никаких эффектов старения не наблюдается.</p> <p>Если эффекты старения все же возникают, они обычно затрагивают наружные части лампы, такие как внутренние части цоколей, сами цоколи и соединительные части.</p>
<b>Утилизация</b>	<p>Отработавшие лампы XBO® могут быть либо возвращены производителю для надлежащей утилизации с применением современных методов переработки, по возможности в оригинальной упаковке, либо они могут быть уничтожены пользователем.</p> <p>Соблюдая все меры предосторожности, указанные в разделе «Механическая установка» на стр. 39, рекомендуется обернуть лампы в защитный материал и плотно загерметизировать концы обертки при помощи прилагаемых полосок. Полоски должны плотно прижимать материал к цоколям лампы. После этого лампы можно безопасным образом разрядить, сбросив их с высоты 1-2 метра на твердую поверхность (наденьте защитные очки и защитную одежду). Выпускаемый при этом ксенон не является ядовитым и возвращается в атмосферу, откуда он пришел. Остатки можно утилизировать как мусор, а электроды и стержни (т.е. вольфрам) отправить на переработку.</p>

Поиск и устранение  
неисправностей –  
рекомендации  
Лампа не загорается

Для зажигания ламп ХВО® важными являются следующие параметры:

- уровень высокого напряжения, подаваемого ЗУ
- количество импульсов зажигания за единицу времени
- энергия, заключенная в импульсе зажигания
- величина напряжения холостого хода выпрямителя

Если лампа плохо зажигается или не зажигается вообще, необходимо проверить следующее:

- работает ли искровой промежуток в ЭПРА(проверить визуально и на слух)?
- правильно ли отрегулирована величина зазора в искровом промежутке в ЭПРА?
- не теряется ли высокое напряжение на пути от ЗУ к лампе вследствие частичного разряда?
- имеет ли провод между ЗУ и лампой минимальную возможную длину во избежание емкостных потерь?
- не потерял ли емкость вспомогательный конденсатор системы зажигания (вследствие старения)?
- имеет ли резистор, включенный последовательно с вспомогательным конденсатором системы зажигания, соответствующий номинал?
- правильно ли установлена нить зажигания?
- обеспечивает ли выпрямитель минимальное напряжение питания?
- не достигла ли лампа конца срока службы?
- правильно ли установлена лампа?
- нет ли обрыва провода питания?

Мерцание

Мерцание полезного света может быть вызвано неисправностью лампы, ненадлежащим эксплуатационным оборудованием или недопустимым режимом работы. См. раздел «Эксплуатация: Стабильность и мерцание дуги» на стр. 33.

Если эффект мерцания наблюдается после установки новой лампы, необходимо проверить следующее:

- достаточно ли долго проработала лампа для достижения тепловой стабилизации (5-10 минут)?
- соответствует ли ток лампы надлежащему номинальному значению?
- если для стабилизации дуги используется магнит, правильно ли он установлен (проверить визуально в двух плоскостях)?
- используется ли надлежащая для данного модуля лампа?
- правильно ли отрегулировано положение лампы в оптической системе (в рефлекторе)?
- соответствует ли расстояние между рефлектором и кадровым окном формату пленки? (см. Рис. 32, стр. 37.)

Если в течение срока службы лампы наблюдаются эффекты мерцания, необходимо проверить следующее:

- Нет ли эрозии кончика катода и наростов на аноде?
- Если да:
- отвечает ли требованиям величина пульсаций тока?
  - наблюдается ли максимальный пиковый пусковой ток?
  - правильно ли отрегулирована магнитная система стабилизации дуги (в случае ее использования)?
  - находится ли лампа в допустимом положении горения?
  - эксплуатируется ли лампа в допустимом диапазоне регулирования тока?
  - не слишком ли интенсивно или асимметрично охлаждается лампа?
- Правильно ли отрегулировано положение лампы в оптической системе (в рефлекторе)?
  - Соответствует ли расстояние между рефлектором и кадровым окном формату пленки? (см. Рис. 32, стр. 37.)

Сокращение срока службы	Лампы ХВО® обычно достигают конца своего срока службы в процессе постепенного старения электродов и увеличения нестабильности дуги. Реже имеет место отсутствие зажигания или почернение. В случае преждевременного выхода лампы из строя поиск неисправностей следует выполнить, руководствуясь соответствующими разделами. Во всех случаях ненормального сокращения срока службы лампы перед установкой новой лампы следует тщательно проверить электрические параметры эксплуатационного оборудования и условия работы лампы.
Несоответствующая полярность	Лампы ХВО® работают исключительно на постоянном токе. Это, среди прочего, означает, что катод и анод предназначены для выполнения своих строго определенных задач. Вследствие этой «специализации» эти лампы не могут работать при обратной полярности. В случае случайного неправильного подключения в течение нескольких секунд происходит расплавление катода (см. Рис. 34, стр. 40), что приводит к необратимому выходу лампы из строя. В случае неправильной полярности подключения после зажигания лампы обычно гаснут сами по себе.
Деформированные электроды	Структура материала и форма электродов ламп ХВО® тщательно подобрана для выполнения соответствующих задач. В процессе работы лампы, даже при правильной ее эксплуатации происходят изменения поверхностей электродов и их геометрии, от незначительных до ясно различимых. Значительные изменения часто являются признаками дефектов материала (чрезвычайно редко), нарушения режима работы (редко) или электрических параметров (часто). Исходя из вида и степени изменений, опытные техники могут получить важную информацию о причинах неисправностей.



*Рис. 35 Нарост на фронтальной поверхности анода*

Сферическая форма кончика катода (см. Рис. 34, стр. 40) легко диагностируется как неправильная полярность подключения. На Рис. 31, стр. 36, показана эрозия кончика катода в результате чрезмерно больших пульсаций тока. На Рис. 35 показан нарост на фронтальной поверхности анода, возникший вследствие

смещения дуги в лампе при горизонтальном положении горения (вследствие неправильной регулировки системы магнитной стабилизации дуги).

Разрыв лампы	Лампы ХВО® изготовлены из кварцевого стекла и имеют высокое внутреннее давление (около 40 бар во время работы). Однако они отличаются очень высоким уровнем безопасности, и разрывы ламп происходят очень редко. Обычно разрыву лампы предшествует ее повреждение.
--------------	--

Возможные причины разрыва лампы:

- превышение срока эксплуатации лампы более чем на 25%; развивающаяся рекристаллизация вызывает снижение механической прочности кварцевого стекла.
- царапины на наружной поверхности кварцевого стекла вследствие ненадлежащего обращения (например, прокручивание на столе или полке без кожуха).
- микроскопические трещины, вызванные очень большим содержанием пыли в охлаждающем воздухе.

- рекристаллизация на поверхности кварцевого стекла, вызванная не удаленными вовремя отпечатками пальцев.
- чрезмерно высокая мощность, превышение тока. Увеличение подводимой мощности вызывает возрастание внутреннего давления.
- почернение. Вызывает поглощение большой доли излучения лампы кварцевым стеклом, что приводит к повышению температуры и внутреннего давления, что может привести к разрыву лампы. Причины почернения см. на стр. 31 и далее.

Изменение цвета цоколей, кабеля и кабельных наконечников

В лампах XBO® имеет место чрезвычайно высокая концентрация электрической мощности с преобразованием в излучение до 12 000 Вт мощности в небольшом пространстве, ограниченном колбой лампы. Основная часть электрической мощности должна рассеиваться в виде тепла за счет конвекции и излучения. Поэтому следует избегать нарушений теплопередачи и чрезмерно высоких температур.

Хорошим индикатором правильного теплового баланса лампы является температура цоколя (см. раздел «Рабочие параметры: Охлаждение» на стр. 28). В случае превышения верхнего предела температуры (230°C) происходит пожелтение цоколей; в случае незначительного превышения температуры возможно изменение цвета с приобретением соломенно-желтого, желто-оранжевого, коричневого и синего оттенков.

В случае подобного изменения цвета цоколей, прежде всего, необходимо проверить систему охлаждения лампы.

Затем следует проверить электрические соединения. Иногда эти соединения включают кабели, заворачиваемые в цоколи. Ослабление резьбовых контактов вызывает нарушение теплового контакта, что приводит к недостаточному рассеянию тепла через соединительный кабель. Места нарушения контакта действуют в качестве дополнительных источников тепла вследствие повышенного электрического сопротивления в области контакта. В результате возникает искрение, а затем значительный перегрев.

Следует также проверить регулировку положения лампы в корпусе проектора. Если оптические компоненты, такие как глубокий тарельчатый отражатель, фокусируют свет на цоколе, это также может вызывать перегрев.

Иногда причиной перегрева являются нарушения электрических соединений между стержнем электрода и цоколем.

Перед установкой новой лампы следует всегда определить причину изменения цвета цоколей. Причиной посинения или потускнения кабельных наконечников всегда является нарушение электрического контакта.

Недостаточная сила света

В течение срока службы лампы XBO® допускается снижение светового потока на 30 %. (это является определением срока службы ламп XBO®). В случае значительного или быстрого снижения светового потока необходимо проверить следующее:

- имеет ли место заметное почернение лампы?

Если да:

- проверить электрические данные выпрямителя и ЗУ.
- не работает ли лампа в условиях повышенного тока (перегрузки)?
- соответствует ли ток лампы надлежащему номинальному значению?
- не уменьшился ли зазор между электродами вследствие нароста на аноде?
  - в этом случае снижается напряжение на лампе, и лампа потребляет слишком малую мощность. Причины появления нароста на электроде необходимо исключить (см. «Мерцание», стр. 42).
- не загрязнена ли наружная поверхность лампы вследствие загрязненной атмосферы?
- не загрязнена ли оптическая система (рефлектор, линзы)?
- правильно ли выполнена оптическая регулировка лампы?

Неравномерное освещение	Эта неисправность возникает в системах кинопроекции и проецирования слайдов. Неравномерное освещение экрана (затемнение центральной части или углов) обычно бывает вызвано неправильной регулировкой положения лампы в оптической системе (рефлекторе) или несоответствующим установочным расстоянием (расстояние между рефлектором и кадровым окном).
Сжатие лампы	В прошлом имели место редкие случаи уменьшения размеров лампы во время работы в вертикальном положении горения. Это явление можно приписать воздействию незначительной, но постоянной вибрации, вызванной, например, работой мощного вентилятора, которая вызвала некоторое ослабление крепления стержня лампы в нижнем цоколе и постепенное смещение лампы вниз, в цоколь. Неисправность такого типа можно устранить. Следует также проверить ламповый модуль на предмет чрезмерно высокого уровня вибрации.
Продолжение горения	Чрезвычайно редко имели место случаи, когда лампы XBO® продолжали гореть после их отключения от источника питания. Более часто такое явление возникает в случае значительного превышения среднего срока службы ламп. Рекомендуется соблюдать осторожность во всех случаях превышения среднего срока службы более чем на 25%, поскольку при этом значительно возрастает риск рекристаллизации кварцевого стекла. Следует иметь в виду, что регистрация кордных сроков службы ламп не исключает рисков!
<b>Безопасность</b> Давление	<p>Даже в холодном состоянии лампы XBO® имеют высокое внутреннее давление (около 10 бар), которое во время работы повышается до около 40 бар. Это означает, что риск разрыва ламп полностью исключать нельзя.</p> <p>Следовательно, лампы XBO® следует всегда транспортировать в их защитной оболочке. Любые работы с лампами XBO® следует выполнять в кожаных перчатках, эффективно закрывающих запястья и защитных очках, или, что еще лучше, защитной маске, закрывающей шею.</p>
Яркость	Лампы XBO® являются практически идеальными точечными источниками света. Яркость дуги может превышать яркость солнца. Если смотреть на дугу невооруженным глазом, это может вызвать серьезное повреждение сетчатки глаз. Следовательно, конструкция ламповых модулей должна исключать прямую видимость дуги.
УФ-излучение	<p>Кроме видимого и инфракрасного излучения, почти 6% потребляемой лампами XBO® мощности преобразуется в ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 380 нм. Это излучение представляет опасность для здоровья и может вызывать ожоги (эритему) и повреждение глаз (например, конъюнктивит).</p> <p>Следовательно, использование ламп XBO® без надлежащей защиты не допускается. Конструкция модуля должна исключать возможность выхода наружу прямого или рассеянного излучения дуги или без надлежащей фильтрации. В областях применения, как оборудование для имитации солнечного света, в котором используется ультрафиолетовое излучение, владелец несет ответственность за защиту эксплуатационного персонала от ультрафиолетового излучения, а также от яркого света посредством принятия тех или иных мер в соответствии с применением.</p>
Выработка озона	<p>Некоторые типы ламп XBO® во время работы генерируют озон (см. раздел «Эксплуатация: Выработка озона», стр. 37). В основном это типы ламп, которые также используются для имитации солнечного излучения. Их можно узнать по отсутствию в обозначении лампы букв «OFR».</p> <p>При эксплуатации ламп этого типа причинение вреда здоровью следует исключить посредством вытяжки воздуха из лампового модуля и/или надлежащей вентиляции помещения. Ни при каких условиях не допускается превышение <b>максимально допустимой концентрации озона на рабочем месте</b>.</p>

## А

Анемометр	28
Анод	6, 7, 9, 11, 13, 16, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 39, 40, 42, 43, 44

## Б

Безопасность	22, 39, 41, 45
Блок зажигания (ЗУ)	17, 18, 23, 24, 31, 40, 42, 44
Бустерная схема	23

## В

Величина пульсаций	19, 20, 21, 23, 31, 33, 36, 42, 43
Вентилятор	29, 45
Внутреннее сопротивление	16
Вольтамперная характеристика	16, 18
Вольфрам	7, 8, 9, 11, 31, 32, 33, 41
Время приработки	36
Время пуска	36
Вспомогательный конденсатор системы зажигания	19, 42
Выпрямитель	16, 17, 18, 19, 20, 23, 31, 33, 40, 42, 44
Выпускная трубка	6
Вытяжка	22, 28, 29

## Д

Давление	5, 6, 8, 10, 11, 12, 22, 30, 39, 43, 44, 45
Давление заполнения (газонаполнение)	10
Диапазон регулирования тока	16, 29, 30, 42
Длина дуги	6, 12, 16, 25
Дуга	4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 42, 43, 45
Дуговой разряд	5, 6, 22, 33, 45

## З

Зазор между электродами	6, 11, 12, 17, 23, 42, 44
Защита от окисления	9
Защитная оболочка	22, 39, 41, 45
Защитные очки	41
ЗУ параллельного поджига	23, 24

## И

Излучение	4, 6, 7, 11, 13, 14, 15, 22, 24, 27, 28, 31, 37 38, 44, 45
Излучение дуги	14
Имитация солнечного света	4, 22, 30, 45
Инфракрасное излучение	7, 45

## К

Кадровое окно	37, 42, 45
Капиллярное уплотнение	9
Катод	6, 7, 10, 1, 13, 16, 19 20, 25, 26, 28, 29, 30 31, 32, 33, 34, 35, 36 37, 39, 40, 42, 43
Колба из кварцевого стекла	28, 37, 44
Колба лампы	6, 9, 28, 39, 44
Конвекционное охлаждение	22
Ксенон	4, 5, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 25, 33, 37, 41

## Л

Ламповый модуль	22, 25, 27, 28, 29, 3, 37, 39, 42, 45
Лампы, не генерирующие озон	14, 15, 22, 29, 38

## М

Магнитная стабилизация дуги	25, 31, 42
Материал электродов	43
Мерцание	33, 36, 37, 42
Молибденовое манжетное уплотнение	8

## Н

Напряжение зажигания	17, 18
Напряжение лампы	11, 16, 17, 28, 44
Напряжение при разомкнутой цепи	17, 20, 23, 42
Нестабильность дуги	16, 25, 26, 28, 33, 34 35, 36, 37, 43
Нить зажигания	6, 10, 18, 42
Номинальный ток	16, 19, 29, 30, 42

## О

Освещенность	45
Откачная трубка	6
Отклонение дуги	35
Отсутствие зажигания	43
Охлаждение	5, 10, 22, 28, 29, 30 31, 36, 44
Охлаждение колбы	28, 36

## П

Перегрев	28, 33, 35, 44
Пиковое напряжение	17
Площадь излучения	12
Поглощение	27, 31, 38
Положение горения	25, 36
Пониженный ток	31, 33
Последовательное сопротивление	19, 42
Почернение	27, 28, 29, 31, 32, 33, 43, 44
Почернение колбы	27, 31
Превышение тока	19, 30, 44
Принудительное охлаждение	22
Пульсации тока	19, 20, 21, 23, 31, 33 36, 42, 43
Пуск лампы	16, 19, 30
Пусковой ток	18, 19, 31, 33, 36, 42

## Р

Работа в дежурном режиме	30
Работа в установившемся режиме	18
Работа от аккумуляторных батарей	23
Рабочая температура	36
Рабочее давление	6
Рабочие параметры	22, 25, 44
Рабочий цикл	30
Разрыв лампы	43
Распределение силы света	13
Расширение	7, 8, 22, 39
Регулировка лампы	35
Рекристаллизация	31, 44
Рефлектор	25, 27, 28, 37, 42, 44, 45
Риск разрыва	28, 31, 40

## С

Световой поток	11, 13, 16, 21, 25, 27, 31, 32, 33, 37, 44
Светоотдача	11
Сглаживание пульсаций	20, 23

Средний срок службы ламп	45
Срок службы ламп	5, 7, 10, 16, 19, 20, 21, 28, 29, 30, 31, 32, 43, 44, 45
Стабилизация дуги	25, 26, 27, 31, 42
Стабильность дуги	33, 36
Стержень лампы	45
Ступенчатое уплотнение	8, 9
Супразил	14

## Т

Температура	5, 7, 9, 10, 11, 15, 26, 28, 31, 36, 44
Температура колбы	28, 31
Температура цоколя	28, 44
Ток лампы	11, 19, 20, 21, 23, 33, 35, 36
Транспортировка	41
Трансформатор Тесла	23

## У

Уплотнение	8, 9
Уплотнение из фольги	7, 8
Уплотняющее стекло	8
Условия эксплуатации	36, 43
Условия эмиссии	33
Утилизация	41
УФ-излучение	6, 14, 15, 22, 38, 45

## Х

Хранение	41
----------	----

## Ц

Царапины	43
Цветовая температура	5, 15
Цветовые характеристики	14
Цветопередача	5, 15

## Э

Эксплуатационное оборудование	4, 16, 18, 42, 43
Электрические характеристики	16
Эффективность	7, 10, 11

## Я

Яркость	5, 10, 11, 12, 13, 14, 22, 33, 34, 37, 45
---------	--

**ОАО «ОСРАМ»**

**Адрес представительства в Москве**

115114, г. Москва,

ул. Летниковская, д. 11/10, стр. 1

Тел.: (495) 935-70-70

Факс: (495) 935-70-76

<http://www.osram.ru>

<http://www.osram.de>

<http://www.osram.com>