

СВЕТОТЕХНИКА

ОРГАН МИНИСТЕРСТВА
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ СССР
И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА ЭНЕРГЕТИКОВ
И ЭЛЕКТРОТЕХНИКОВ им. АКАДЕМИКА
Г. М. КРЖИЖАНОВСКОГО

3 1990

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Москва

Энергоатомиздат

Издается

с января 1932 года

УДК 628.95:535.8:539.216.1

НОВОЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО С ПЛОСКИМИ СВЕТОВОДАМИ

Ю. Б. АЙЗЕНБЕРГ, доктор техн. наук, Г. Б. БУХМАН, В. М. ПЯТИГОРСКИЙ, кандидаты техн. наук,
Г. П. ТИТОВ, Р. Ю. ЯРЕМЧУК, инженеры

Всесоюзный светотехнический институт, Киевское отделение «Тяжпромэлектропроект», НПО «Ватра»

Создание новых осветительных устройств с плоскими клиновидными световодами (УПС) является дальнейшим развитием цилиндрических щелевых световодов [1—4]. Сохраняя основные достоинства последних, УПС позволяют создавать большие светящие поверхности относительно малой яркости при использовании высокointенсивных МГЛ [5]. Они состоят из канала плоского световода и вводного устройства (рис. 1), разделенных прозрачным термостойким стеклом. Канал плоского световода представляет собой клиновидную полость, образованную сходящимися под острым углом поверхностями. Одна из поверхностей зеркально отражающая, другая — светопропускающая с одновременным рассеянием света. Для увеличения эффективной длины световода на нижнюю светорассеивающую поверхность изнутри могут накладываться зеркально отражающие зоны, выполненные в виде полос или какого-либо рисунка.

Источники света в УПС располагаются в линию вдоль основания клиновидного световода в специальных вводных устройствах. Световой поток от зеркальных ламп направляется во внутреннюю полость канала световода, распространяется в нем в результате однократных и многократных отражений и выходит из канала в освещаемое помещение через нижнюю светопропускающую поверхность, создавая в помещении практическое бесстеневое освещение большой равномерности и насыщенности.

В отличие от цилиндрических каналов в плоских световодах число отражений световых лучей меньше и, следовательно, благодаря сокращению потерь света КПД плоских световодов выше.

Первые образцы УПС для выращивания овощей, селекции растений изготовлены на ПО «Ватра» в 1978 г. Лабораторные и промышленные испытания УПС в сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (г. Москва) [6] и Гипронисельпроме (г. Орел) [7] показали перспективность их применения и преимущества освещения сельскохозяйственных культур по сравнению с традиционными способами.

Конструктивно УПС выполнены в виде модулей шириной 1200 мм, высотой 450 мм и длиной от 3,5 до 12,5 м. В зависимости от исполнения модули могут иметь две боковые зеркальные стенки (одну правую или левую стенку).

или быть без боковых стенок. Такое конструктивное решение позволяет при необходимости состыковывать с боковыми сторонами различные исполнения модулей УПС для получения, например, светящего потолка. Малая высота УПС, а также кратность размеров канала по длине и ширине строительному модулю (например, плита из акрилата имеет размеры 600×600 мм), позволяет встраивать устройство в подвесной потолок.

Верхняя и боковые поверхности канала плоского световода собираются из листов металлизированного гофропластика, нижняя поверхность — из листов светорассеивающего полиметилметакрилата или полистирола.

Гофропласт представляет собой конструкционный материал из экструдированной пластмассы, выполненный в виде продольной пустотелой ячеистой структуры, образованной двумя сплошными поверхностями с расположенным между ними на равных расстояниях анкерными ребрами (перемычками). Толщина сплошных поверхностей и перемычек при общей толщине гофропластика, равной 4 мм, составляет 0,3—0,4 мм. Материалами для гофропластика могут служить полиметилметакрилат, полипропилен, поликарбонат и другие. Таким образом вес 1 м² гофропластика в 4—5 раз меньше веса 1 м² сплошного листа той же толщины и выполненного из того же материала. Ячеистая структура гофропластика обеспечивает высокие конструкционные характеристики. Гофропласт хорошо металлизируется, при этом коэффициент отражения алюминированного в вакууме листа гофропластика составляет 0,88. Ведутся работы по созданию негорючего гофропластика, а также его модификаций со светорассеивающими добавками.

При сборке канала листы гофропласта и светорассеивающего материала соединяются между собой по длине с помощью Н-образного алюминиевого профиля, а с боковых сторон канала с помощью уголкового алюминиевого профиля (рис. 2). Помимо основных пазов, в которые вставляются листовые светотехнические материалы, оба вида профиля имеют дополнительные центральные пазы для установки в них соединительных стальных пластин, а также скоб для крепления канала к потолку помещения.

Во вводном устройстве каждого модуля располагаются три зеркальные МГЛ типа ДРИЗ мощностью 250, 400 или 700 Вт. Предусмотрена возможность использовать отдель-

УДК 628.94.001.24:621.327.534.25

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЕЙ С КСЕНОНОВЫМИ ЛАМПАМИ

В. Е. КОВАЛЕВСКИЙ, инж.,
В. А. ТОРГОНЕНКО, канд. техн. наук

В работе [1] описана методика приближенного расчета моноэллипсоидной осветительной эндоскопической системы, состоящей из короткодуговой ксеноновой лампы (КДКЛ) СВД, расположенной в первом фокусе эллипсоидного отражателя, и световода. Использование этой методики позволяет провести выбор оптимальных параметров элементов такой системы (диаметр световода, эксцентриситет отражателя и межэлектродное расстояние лампы d_{A-K}).

В [1] приводится выражение для светового потока на выходе оптической системы. Преобразуя это выражение для облегчения расчетов, получаем:

$$\Phi = \rho_0 \tau_0 L S \sum_{i=1}^{\varphi/\Delta\varphi} \omega_i \tau(\beta) K_{\varphi_i}, \quad (1)$$

где ρ_0 — коэффициент отражения эллипсоидного отражателя; τ_0 — коэффициент пропускания системы по нормали; L — габаритная яркость ИС шаровой формы; S — площадь видимого сечения ИС; ω_i — телесный угол i -й зоны отражателя; $\tau(\beta)$ — коэффициент пропускания световода в зависимости от угла входа лучей; K_{φ_i} — коэффициент виньетирования, определяющий часть светового потока, вошедшего в световод.

За основу в (1) из [2] взят коэффициент $\tau(\beta, K_{\varphi_i})$, являющийся ненормированным. Но для упрощения (1) и облегчения расчетов на ЭВМ в исследованиях $\tau(\beta)$ в данной статье принят нормированным.

Из (1) видно, что основной излучательной характеристикой лампы, определяющей выходной световой поток ОС, является габаритная яркость светящего тела дуги. Известно из [1], что в КДКЛ СВД имеет место резкая неравномерность распределения яркости по разрядному промежутку и соответственно величина габаритной яркости определяется местоположением и размером выбранного участка светящего тела. Проведены расчетно-экспериментальные исследования, позволившие определить методику измерения габаритной яркости светящего тела дуги лампы для использования в расчете по выражению (1) в качестве шарового ИС.

Исследование проводилось на экспериментальных образцах КДКЛ СВД мощность 150 Вт, межэлектродное расстояние в которых менялось от 0,7 до 2,5 мм, что пере-

крывает практически весь диапазон размеров дуги, применяемых в настоящее время ламп.

Исследовалось также влияние наполнения, для чего варьировалось холодное давление ксенона в лампе.

Величина габаритной яркости светящего тела круглой формы диаметром d определялась по методике [3], широко применяемой в настоящее время при контроле серийно выпускаемых ламп СВД.

Используя линзу с большим фокусным расстоянием, на диффузно пропускающем стеклянном экране формировалось четкое, увеличенное в 10 раз изображение электродов и светящего тела дуги. Вплотную к экрану устанавливалась диафрагма, позволяющая выделить из проекции светящего тела участок заданной формы и размера, с учетом увеличения линзы. Фотоприемником, расположенным за экраном, производилось измерение освещенности, создаваемой всей дугой (N_1) и выделенным участком дуги (N_2) на его приемной поверхности. Расстояние между экраном и фотоприемником составляло не менее 10-кратного размера светящего тела.

Местоположение диафрагмы соответствовало максимуму сигнала фотоприемника, т. е. выбирался участок дуги, имеющий максимальную габаритную яркость.

Габаритная яркость рассчитывалась по формуле

$$L = I \frac{1}{A_d} \frac{N_2}{N_1}, \quad (2)$$

где I — сила света лампы, измеренная в тех же условиях; A_d — площадь светящего тела, для которого проводились измерения.

Этот же принцип измерения яркости был использован при исследовании распределения яркости дуги вдоль оси разряда. Размер применяемой диафрагмы позволил считать выделенный участок дуги за точку. Диафрагма плавно сканировала разряд между электродами, а сигнал фотоприемника регистрировался самописцем. Полученные кривые распределения яркости представлены на рис. 1.

Измеренные значения габаритной яркости (рис. 2) показывают, что при уменьшении диаметра выделенного участка светящего тела дуги от значения, равного межэлектродному расстоянию до 0,3 мм, происходит значительное увеличение габаритной яркости в 2–3 раза для ламп с межэлектродным расстоянием 0,7–0,9 мм, до 8–10 раз — для расстояния 2–2,5 мм, что обусловлено наличием у катода наиболее яркой области разряда (рис. 1). Максимальное значение габаритной яркости в наиболее яркой части разряда в слабой степени зависит от величины межэлектродного расстояния. Исследования показывают, что если одна из двух ламп идентичной конструкции имеет большее значение габаритной яркости участка светящего тела круг-

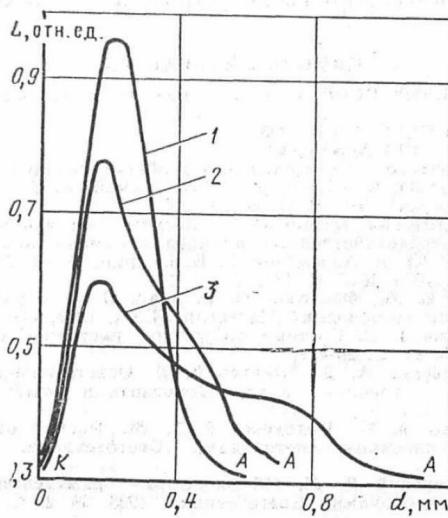


Рис. 1. Распределение яркости вдоль оси разрядного промежутка короткодуговой ксеноновой лампы СВД

Межэлектродное расстояние d_{A-K} , мм: 1 — 0,8; 2 — 1,1; 3 — 1,5; К — катод; А — анод

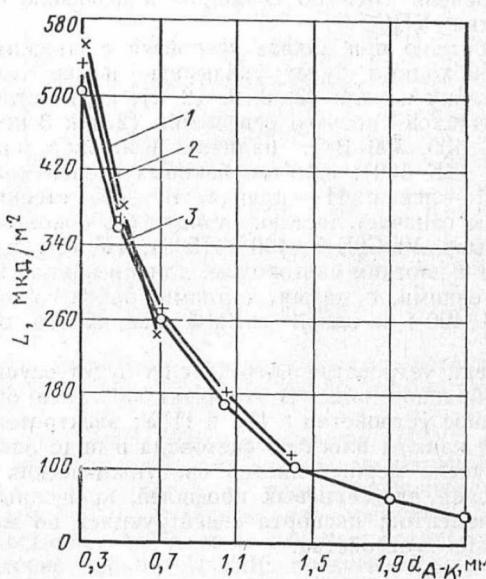


Рис. 2. Зависимость габаритной яркости участка светящего тела дуги от его диаметра

Межэлектродное расстояние d_{A-K} , мм: 1 — 0,8; 2 — 1,9; 3 — 2,5

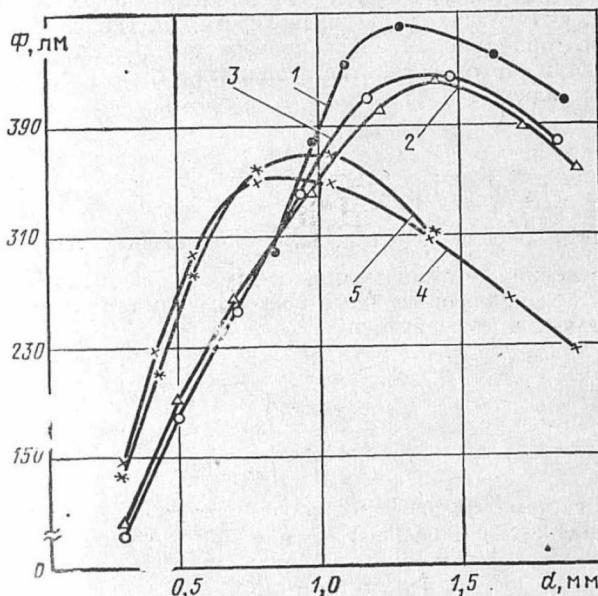


Рис. 3. Расчетные зависимости светового потока оптической системы от диаметра участка светящего тела:
1 — $D=5$ мм; $\varepsilon=0,62$; $d_{A-K}=2,51$ мм; соответственно: 2 — 5, 0,62, 2,4; 3 — 5, 0,62, 1,45; 4 — 5, 0,86, 2,4; 5 — 5, 0,86, 1,45

лой формы диаметром, например, 0,3 мм, то эта лампа будет иметь большее значение габаритной яркости участка любого другого размера, например, 0,7 мм.

Сравнение кривых распределения яркости при различных межэлектродных расстояниях, формах катода и наполнениях показывает: максимальная величина яркости уменьшается при увеличении межэлектродного расстояния; место расположения максимума яркости отстоит от катода лампы на расстоянии 0,2—0,25 мм, определяется формой катода и слабо зависит от давления наполняющего газа и межэлектродного расстояния.

Кроме того, подсчитывалась площадь под кривой яркости (в относительных единицах), что характеризует габаритную яркость. Подсчитывалась площадь всего межэлектродного расстояния, а также под уровнем 0,7 от максимальной амплитуды кривой. Сравнивалась ширина кривых распределения яркости на уровнях 0,25; 0,5 и 0,75 от максимальной амплитуды.

Полученные результаты показывают, что часть разряда, яркость которого составляет 65—70% максимальной, представляет собой круг диаметром 0,25—0,3 мм. Его местоположение и величина яркости в основном определяются формой катода и слабо зависят от межэлектродного расстояния и наполнения.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что оптимизацию конструкции ламп, работающих в ОС, в частности, формы катода межэлектродного расстояния, измерение габаритной яркости следует проводить с величиной d не менее 0,3 мм.

По полученным значениям габаритной яркости, измеренным для различных d , был проведен машинный расчет значений светового потока ОС согласно (1). Расчет показывает, что зависимости величины светового потока от размера участка дуги (рис. 3) имеют выраженный максимум, положение которого определяется в основном эксцентризитетом отражателя и соотношением d/D (D — диаметр световода). Зависимость максимальной величины светового потока от указанных параметров говорит о том, что при оптимизации конструкции КДКЛ (СВД) выбор участка светящего тела дуги необходимо проводить с учетом параметров отражателя и световода.

Минимальное значение участка светящего тела, как уже говорилось, составляет 0,3 мм. Это значение вполне достаточно при разработке конструкции катода и выборе величины наполнения. Однако, как видно из рис. 3, это значение не обеспечивает оптимальных световых параметров системы. Из методики расчета и экспериментальных исследований была предложена эмпирическая зависимость

$$d = k(D/\varepsilon), \quad (3)$$

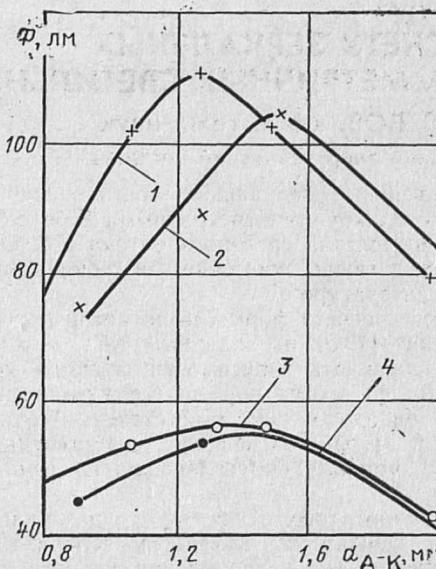


Рис. 4. Зависимости светового потока оптической системы от межэлектродного расстояния лампы:
1 — $D=5$ мм; $\varepsilon=0,62$, давление Xe 780 кПа; соответственно: 2 — 5, 0,62, 1180; 3 — 2, 0,62, 780; 4 — 2, 0,62, 1180

где ε — эксцентризитет отражателя; k — коэффициент пропорциональности; $k=0,22$ для $D < 2$ мм; $k=0,18$ для $D > 2$ мм. При этом должно выполняться условие $d < d_{A-K}$. Если это условие не выполняется, то это означает, что межэлектродное расстояние лампы не подходит для данной ОС.

Для подтверждения справедливости предложенного метода были проведены измерения излучательных характеристик макета ОС с КДКЛ СВД. Варьировались значения межэлектродного расстояния, эксцентризитета отражателя и диаметра световода. На рис. 4 представлен один из результатов исследований в качестве примера.

Зависимость величины светового потока ОС от величины межэлектродного расстояния лампы показывает, что максимальный выход излучения ОС имеет место при межэлектродных расстояниях ламп в пределах 1,1—1,7 мм.

В заключение следует отметить, что хотя большинство экспериментов проводилось на ксеноновых короткодуговых лампах мощностью 150 Вт, полученные результаты могут распространяться на все КДКЛ СВД мощность от 75 до 500 Вт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартанян А. А., Ковалевский В. Е., Торгоненко В. А. Осветители с короткодуговыми ксеноновыми лампами для эндоскопии// Светотехника. 1986. № 6. С. 15—17.
2. Вейнберг В. Б., Саттаров Д. К. Оптика световодов. М.: Машиностроение, 1975.
3. Lichtsträrkemessungen an reellen Bildern von Lichtquellen, von O. Beeb und H.-I. Hentschel, Optik, 15 Heftz, 1958.

* * *

The paper discusses the feasibility of lamp design optimization with the use of the known method in which a system composed of a super-high pressure compact-arc lamp, ellipsoid reflector and lightpipe is employed. Experimentally obtained mean lamp luminance with respect to the size of the luminous element as well as luminance distribution curves along the discharge space for lamps with varying electrode-to-electrode distance are described. Fluxes of a lighting system, determined from the experimental values of the mean luminance, are used in selecting the size of the luminous element when measuring such a luminance. Experimental output fluxes obtained on a lighting system model with various design parameters of the lamp (electrode-to-electrode distances), reflector (eccentricity) and lightpipe (diameter) are presented. Such a technique is useful in finding the optimal electrode-to-electrode distances.