

КОММУНИЗМ — ЭТО ЕСТЬ СОВЕТСКАЯ ВЛАСТЬ
ПЛЮС ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ВСЕЙ СТРАНЫ (Ленин)

СВЕТОТЕХНИКА

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР ПО АВТОМАТИЗАЦИИ И МАШИНОСТРОЕНИЮ
И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Год издания седьмой

Август 1961 г.

8

СВЕТИЛЬНИКИ С МОЩНЫМИ КСЕНОНОВЫМИ ЛАМПАМИ

Канд. техн. наук В. В. ТРЕМБАЧ

Московский энергетический институт

Начиная с 1958 г., в иностранной периодической литературе стали появляться статьи [Л. 1], описывающие принцип работы сверхмощных ксеноновых трубчатых ламп (от 10 до 65 квт), их характеристики и применение в установках наружного освещения [Л. 2].

В апреле 1960 г. на Московском электроламповом заводе под руководством И. С. Маршака впервые в СССР была разработана ксеноновая трубчатая лампа мощностью 20 квт [Л. 3]. Достоинством отечественной лампы является то, что она может применяться без балластного сопротивления благодаря восходящей вольт-амперной характеристике.

Исследование опытных образцов ксеноновых ламп 20 квт МЭЛЗ [Л. 3] показало, что они имеют лучшие светотехнические характеристики, чем лампы заграничных фирм. Их световая отдача составляет 26—30 лм/вт, значения габаритной яркости в направлении, перпендикулярном продольной оси лампы, колеблются от 1 до 1,3 мнт. Коэффициент мощности близок к 1, стабильность работы удовлетворительная, различие по мощности у отдельных образцов колеблется в пределах 18—21 квт. В табл. 1 даны номинальные значения характеристик ламп МЭЛЗ типа ДКСТ20000.

В плоскости, перпендикулярной оси ламп, светораспределение практически равномерное; в плоскости оси лампы оно соответствует приведенному на рис. 1, а; для этой же плоскости на рис. 1, б дана кривая распределения габаритной яркости. Отступление кривой силы света (рис. 1, а) от косинусного закона, а также увеличение значений габаритной яркости

для больших углов β может быть объяснено значительной прозрачностью ксенонового разряда. Фотометрическое тело лампы можно представить в виде шара с глубокими вмятинаами по оси лампы. Об этом говорит и значение коэффициента, связывающего максимальную силу света лампы с ее световым потоком, равное 10,3—11,1 (его значение для равнояркого цилиндра π^2 , для шара 4π).

Распределение яркости вдоль трубы может считаться примерно равномерным (исключая приэлектродные области). Яркость в поперечном сечении имеет достаточно четко выраженный максимум в середине канала разряда и далее уменьшается вплоть до нулевого значения к краям трубы.

На кафедре светотехники и источников света МЭИ совместно с Управлением топливно-энергетического хозяйства и Московским электроламповым заводом была проведена работа по применению в установках наружного освещения мощных трубчатых ксеноновых ламп и созданию для них рациональных оптических устройств светильников.

В связи с применением мощных ламп, излучающих потоки от 0,5 до 2 млн. лм и более каждая, существенно сокращается количество применяемых светильников. Роль светильника в этом случае значительно повышается, так как целесообразность применения мощных ламп в конечном итоге определяется возможностью эффективного перераспределения в пространстве их светового потока. При установке лампы 20 квт на высоте 30 м освещенность составляет (вдоль линии, перпендикулярной оси лампы) 63 лк под опорой и 6 лк

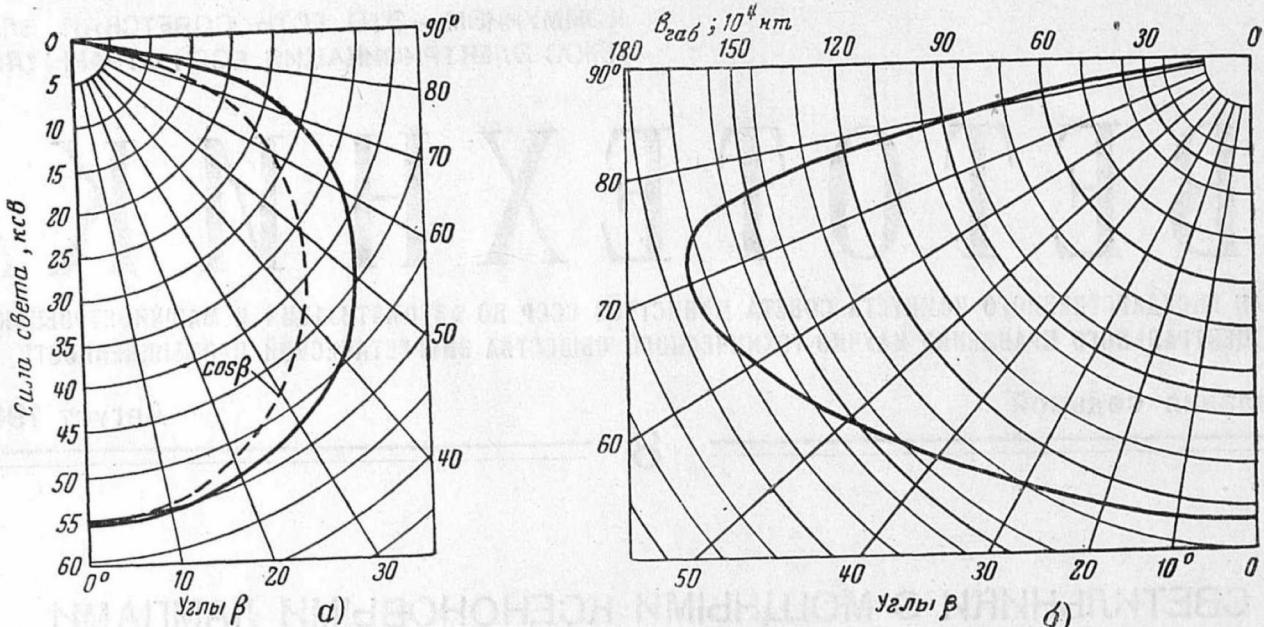


Рис. 1.

а—кривая силы света ксеноновой лампы ($P = 20 \text{ квт}$) в продольной плоскости; б—кривая габаритной яркости лампы в той же плоскости.

на расстоянии 58,5 м от опоры. Принимая нормируемое значение освещенности 6 лк, следует отметить неравномерность ее распределения и, следовательно, большой перерасход электрической энергии. Если принять условие равномерного распределения освещенности, то светильник должен иметь по направлению $\alpha=75^\circ$ силу света в 62 раза большую, чем под углом $\alpha=0$, при этом в пределах углов $\alpha=0-45^\circ$ сила света лампы превышает необходимую в 10 раз и 3 раза соответственно. Из сказанного следует вывод о необходимости существенного перераспределения светового потока мощных ксеноновых ламп и о значительных трудностях такого перераспределения.

Типы оптических устройств светильников. Мощные ксеноновые лампы имеют цилиндрическую форму с отношением длины к диаметру трубки, равным 63 для ДКСТ20000. Таким образом, светящее тело этой лампы представляет собой практически линию. Такая форма лампы неудобна для перераспределения светового потока оптическим устройством, которое должно также

Таблица 1
Номинальные значения лампы ДКСТ 20 000

$P, \text{квт}$	$U_C, \text{в}$	$U_D, \text{в}$	$i, \text{а}$	$H, \text{лм/вт}$	$F, \text{кдм}$	I_{\max}, kcs	$l, \text{мм}$	$L, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$B_\perp, \text{мдн}$
20	380	380	57	29	580	56	1680	1980	27	1,235

П р и м е ч а н и е. l —длина светящей части; L —общая длина лампы; d —внешний диаметр трубки; B_\perp —габаритная яркость в направлении, перпендикулярном лампе.

иметь цилиндрическую форму. Вследствие этого угол охвата оптической части не может быть большим, ибо в продольной плоскости светильника он всегда меньше 180° . Благодаря цилиндрической форме оптической части светильников для ксеноновых ламп концентрация их светового потока по различным направлениям пространства ограничена и возможна лишь в плоскости, перпендикулярной оси лампы.

В качестве оптической части светильника с мощными трубчатыми ксеноновыми лампами может быть применен прежде всего цилиндрический зеркальный отражатель с открытым световым отверстием. Значительная концентрация светового потока под большими углами α в профильной плоскости предполагает, очевидно, наличие в таком отражателе параболо-цилиндрической части.

Благодаря большим облученностям поверхности температура светильника, имеющего приемлемые размеры, достигает больших значений (до 300°C). Вследствие этого вряд ли будет целесообразным применение защитных стекол и призматических преломлятелей, перекрывающих световое отверстие светильника. Следует также заметить, что в спектре излучения ксеноновых ламп имеется мощная инфракрасная часть, хорошо поглощаемая стеклом.

Применение диффузных цилиндрических отражателей не может быть признано целесообразным, так как максимальное усиление, равное 3, даваемое такими отражателями, не является достаточным для эффективного перераспределения светового потока. Про-

фильная кривая зеркального отражателя должна иметь параболическую часть, обеспечивающую необходимое усиление ($k_y=8-15$), и далее круговые зоны, распределяющие световой поток по направлениям, не требующим усиления; например, для $a=0$ светильник должен иметь силу света, значительно меньшую, чем у самой лампы. На рис. 2, а представлена схема лучей в профильной плоскости однопучкового зеркального цилиндрического отражателя, применяемого для освещения площадей. Для направлений $a=0-30^\circ$ прямой свет лампы оказывается излишним, поэтому по этим направлениям работает верхняя круговая часть отражателя, рассеивающая световой поток в больших двухгранных углах, что дает возможность получить малые значения силы света. Необходимую концентрацию светового потока в направлении угла α_{\max} создает нижняя параболическая часть отражателя. Для того, чтобы световой поток не излучался в верхнюю полусферу и светильник имел нужный защитный угол γ в профильной плоскости, необходимо отражатель дополнить плоскими зеркальными вставками (1 и 2).

Светильник для освещения улиц при центральном подвесе должен иметь оптическое устройство, отражающее световой поток в двух направлениях вдоль улицы. Поэтому оптическая часть такого светильника решена по принципу двухотражательного широкоизлучающего светильника [Л. 4]. Схема лучей от его симметричной половины дана на рис. 2, б. Коэффициент усиления такого светильника может достигать значений 4-8. Профильная кривая цилиндрического отражателя рассчитывается по известным формулам [Л. 5]. Для параболической части отражателя:

$$r_\varphi = \frac{2r_0}{1 + \cos q_\varphi}, \quad (1)$$

где r_0 — фокусное расстояние параболы (радиус-вектор профильной кривой, совпадающей с осью параболы под углом α_{\max}); q_φ — угол, составленный текущим радиусом-вектором и осью параболы.

Для круговой части отражателя

$$r_i = r_{i-1} \frac{\cos(\varphi_{i-1} - \delta_{\text{cp}i})}{\cos(\varphi_i - \delta_{\text{cp}i})}, \quad (2)$$

где φ_{i-1} , φ_i — полярные углы, отсчитываемые от вертикальной оси z , ориентирующие радиус-векторы r_{i-1} и r_i ; $\delta_{\text{cp}i}$ — угол, составленный нормалью, проходящей через среднюю точку i -й зоны с осью z .

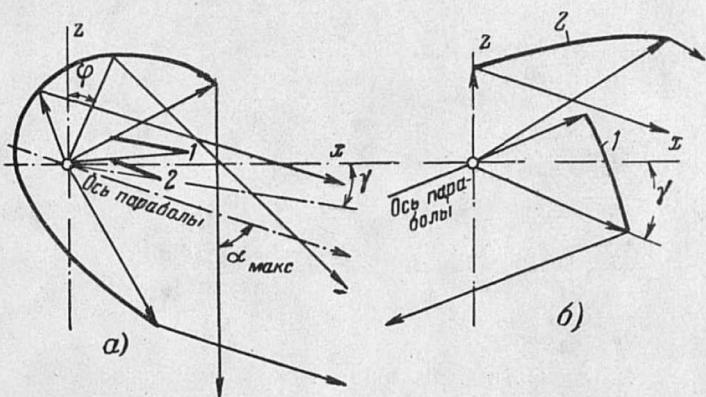


Рис. 2.

а—схема однопучкового зеркального светильника для освещения площадей; б—схема двухотражательного зеркального светильника для освещения улиц.

Пользуясь этими уравнениями, можно рассчитать необходимый профиль отражателя методом заполнения заданной кривой силы света зональными кривыми [Л. 5].

Описанные оптические устройства создают несимметричное светораспределение. При необходимости получить круглосимметричное светораспределение от светильника с ксеноновой лампой (например, для расположения мачты в центре круглой площади) оптическая схема светильника должна быть несколько другой. В этом случае необходимо применять гнутые ксеноновые лампы, из которых можно составить кольцевое светящее тело (например, 3 лампы ДКСТ20000 образуют кольцо радиусом 955 мм). Зеркальный отражатель такого светильника [Л. 6] образован вращением профильной кривой вокруг оси мачты (рис. 3).

Тип поверхности зеркального отражателя может оказать существенное влияние на светораспределение светильника, так как нитевидная форма ксеноновой лампы и возможные прогибы ее во время эксплуатации создают трудности фокусировки, что весьма существенно для параболо-цилиндрической части отражателя. В светильнике с гладкой поверхностью отражателя всегда будет некоторое рассеяние светового потока вследствие

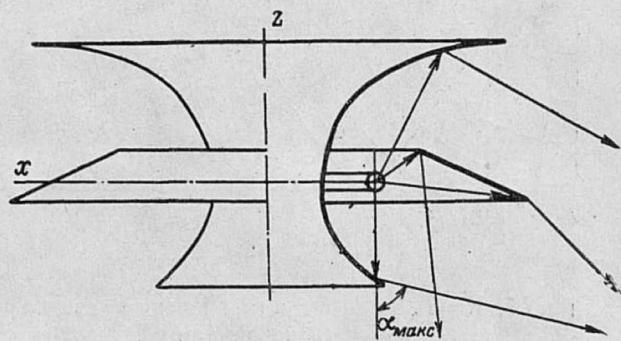


Рис. 3. Оптическая схема круглосимметричного зеркального светильника с ксеноновыми лампами.

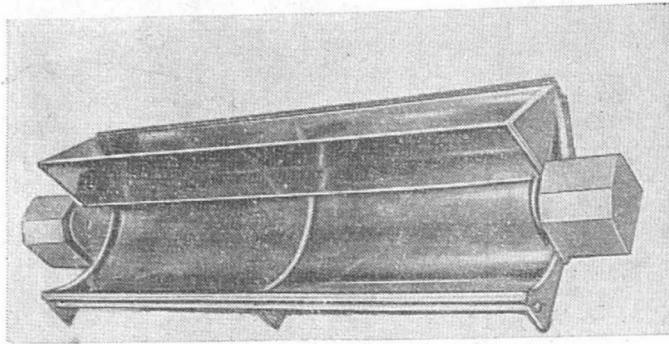


Рис. 4. Зеркальный цилиндрический светильник для освещения улиц (опытный образец).

расфокусировки, наличия отраженной рассеянной составляющей и неточного изготовления. Для получения более плавной кривой силы света можно рекомендовать применение фацетного отражателя с выбранным углом рассеяния, либо отражателя с волнистой поверхностью. Способы расчета кривой силы света и зональных кривых зеркальных отражателей указанных типов приведены в литературе [Л. 5, 6 и 7].

Для снижения блескости светильник должен иметь защитные углы как в профильной (рис. 2) плоскости ($\gamma=10-20^\circ$), так и в продольной ($\gamma'=15-25^\circ$). Защитный угол в продольной плоскости создается аналогично тому, как это делается в люминесцентных светильниках, применением поперечных защитных экранов.

Тяжелый температурный режим светильника должен учитываться при выборе материала для его оптической части. Если делать сплошной отражатель, то в качестве светотехнического материала может быть применен только металл. Из-за больших температур и незащищенности отражателя от пыли и воз-

действия атмосферных условий следует выбирать достаточно коррозиоустойчивый металл. Для проверки были сделаны отражатели из полированного алюминия, альзак-алюминия и нержавеющей стали. Наиболее хорошо выдержал эксплуатационные испытания отражатель из нержавеющей стали, имеющей общий коэффициент отражения $\rho=0,6$, а зеркальный $\rho_3=0,5$. Стеклянное зеркало, имеющее $\rho_3=0,85$, может применяться в виде отдельных пластин (фацет) небольшого размера (500×100 мм), при этом стекло должно быть закаленным, выдерживающим достаточный перепад температуры.

Испытание опытного образца светильника. Для проверки рациональности предлагаемых схем оптических устройств светильников с ксеноновыми лампами, изучения их температурных режимов и точности воспроизведения теоретической формы отражателя нами был рассчитан, а Управлением топливно-энергетического хозяйства Мосгорисполкома сконструирован и изготовлен опытный экземпляр зеркального цилиндрического светильника. Его отражатель выполнен из нержавеющей стали (рис. 4) по схеме, приведенной на рис. 2, а ($a_{\max}=75^\circ$). Угол охвата цилиндрического отражателя в профильной плоскости равен 210° . Плоская зеркальная вставка имеет угол охвата 60° и отражает световой поток от $\alpha=15^\circ$ до $\alpha=70^\circ$. Габаритные размеры отражателей: высота 537 мм, глубина 404 мм, длина 1700 мм. Расчетная максимальная сила света равна 360 ксв ($k_y=8$), а углы излучения составляли:

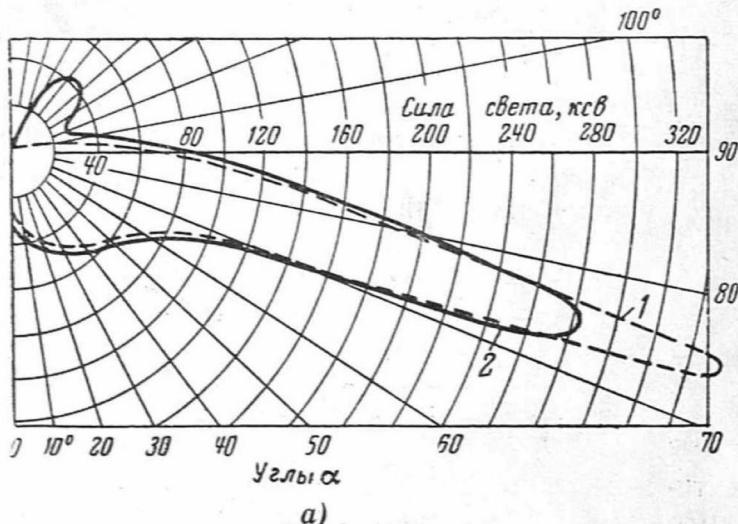
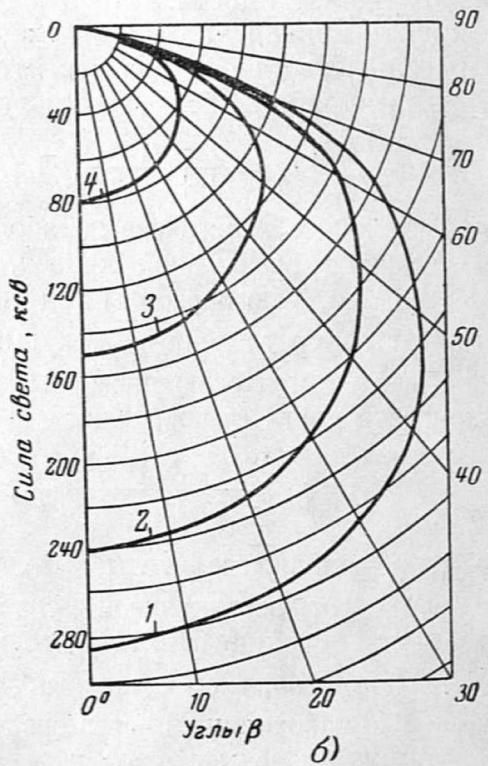


Рис. 5. Кривые силы света опытного светильника с ксеноновой лампой.

a—в профильной плоскости $\beta=0$ (1—теоретическая, 2—фотометрическая); *b*—в продольных плоскостях ($1-\alpha=75^\circ$, $2-\alpha=72^\circ$, $3-\alpha=70^\circ$, $4-\alpha=60^\circ$).



в профильной плоскости 110° , в продольной — 170° . Результаты фотометрирования приведены на рис. 5, а и б. Из кривых силы света видно, что в результате неточного изготовления отражателя и его коробления во время работы максимум фотометрической кривой снизился до 282 ксв ($k_y=6$), а кривая стала шире как в продольной, так и в профильной плоскостях. Расчетное и фактическое значения k , п. д. мало отличаются друг от друга и равны 0,66 и 0,70 соответственно. Неточное изготовление плоской зеркальной вставки светильника обусловило возникновение второго максимума ($\alpha=110-150^\circ$), так как лампа не перекрывается в этой зоне отражателями. Однако, несмотря на отмеченные недостатки, исследование опытного образца показало достаточную эффективность предложенных решений оптической части светильников для ксеноновых ламп. Измерения температуры светильника позволили более обоснованно выбирать размеры отражателей. Чтобы устранить чрезмерный нагрев оптических деталей, наименьшее расстояние их до ксеноновой лампы ($P=20 \text{ квт}$) должно быть взято равным 150—200 мм.

Расчетные характеристики светильников с лампами типа ДКСТ20000. Исследование опытного светильника позволило более обоснованно выбрать схему и сделать расчет оптической части светильников для ксеноновых ламп. Светильник для освещения городских площадей рассчитывался, исходя из возможной его установки на мачтах высотой 20—30 м. Восходящая ветвь необходимой кривой силы света, по которой производился расчет, определялась из выражения

$$I_\alpha = \frac{E_n H^2}{\cos^3 \alpha},$$

где E_n — нормируемое значение освещенности; H — высота установки.

При этом угол $\alpha_{\max}=70^\circ$. Нисходящая ветвь кривой силы света не нормировалась.

Оптическая часть данного светильника (рис. 2, а) состоит из зеркальных цилиндрического отражателя и плоских вставок, выполненных из нержавеющей стали ($\rho_z=0,5$; $\rho=0,6$). Цилиндрический отражатель имеет параболический профиль с углом охвата 190° (от $\varphi=+10^\circ$ до $\varphi=-180^\circ$). В верхней части отражателя парабола сопрягается с частью окружности. Общий угол охвата цилиндрического отражателя равен 230° . Ось параболы направлена под углом $\alpha_{\max}=70^\circ$, благодаря чему в этом направлении светильник имеет максимальную силу света.

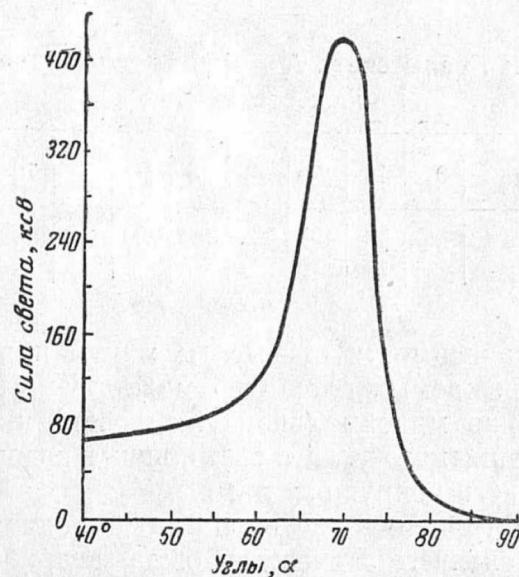


Рис. 6. Кривая силы света $I_\alpha=f(\alpha)$ в профильной плоскости ($\beta=0$) однолучкового светильника.

Кроме цилиндрического отражателя, светильник имеет две плоские зеркальные вставки, перекрывающие световой поток лампы в углах от $\varphi=50^\circ$ до $\varphi=110^\circ$ и отражающие его в нижнюю полусферу по направлениям от $\alpha=10^\circ$ до $\alpha=70^\circ$. Указанные вставки обеспечивают защитный угол в профильной плоскости $\gamma=17^\circ$. Угол излучения светильника в той же плоскости 90° ($\alpha=0-90^\circ$).

В продольных плоскостях светильник имеет угол излучения $\beta=160^\circ$ (от $\beta=0^\circ$ до $\beta=80^\circ$ в обе стороны). Для указанных плоскостей светильник имеет защитный угол $\gamma'=20^\circ$. Он обеспечивается пятью поперечными экранами и торцами светильника. Экраны имеют секторную форму с радиусом $R=173$ м и удалены от лампы на 70 мм, а друг от друга — на расстояние 300 мм. Габаритные размеры отражателя и вставок равны: высота 627 мм, глубина 441 мм, длина 1700 мм.

Теоретические кривые силы света светильника в профильной и продольной плоскостях представлены на рис. 6 и в табл. 2 и 3. Максимальная сила света $I_{\max}=460$ ксв ($k_y=10$), световой поток светильника $F_{\text{св}}=-380$ клм, $\eta=0,65$.

Таблица 2

Кривая силы света $I_\alpha=f(\alpha)$ светильника для освещения площадей (профильная плоскость $\beta=0$)

α , град	0	10	20	30	40	50	60	65	70	75	80	90
I_α , ксв	29	52	64	65	68	80	116	250	420	135	20	0

Таблица 3

Кривая силы света $I_\beta = f(\beta)$ для продольной плоскости $\alpha = 70^\circ$

$\beta, \text{град}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$I_\beta, \text{кесв}$	420	410	405	392	342	298	195	60	0

В зависимости от высоты мачты и размеров освещаемых площадей можно менять направление максимальной силы света и величину защитного угла γ светильника поворотом последнего вокруг оси лампы.

Конструкция светильника с описанной выше оптической частью была разработана Д. М. Будариным. Такие светильники были изготовлены и применены Управлением топливно-энергетического хозяйства Мосгорисполкома для освещения территории Британской выставки в Сокольниках.

Разработанный светильник может устанавливаться как на крышах зданий, так и на мачтах. В случае необходимости на мачте могут устанавливаться два светильника тыльной стороной друг к другу, три — в виде треугольника, четыре — в виде квадрата и т. д. В двух последних случаях светораспределение комбинации светильников будет приближаться к симметричному.

Для определения количества и расположения светильников с мощными ксеноновыми лампами удобно использовать кривые равных значений освещенности. Поэтому для описываемого светильника были рассчитаны кривые равных значений относительной освещенности (рис. 7), с помощью которых можно известны-

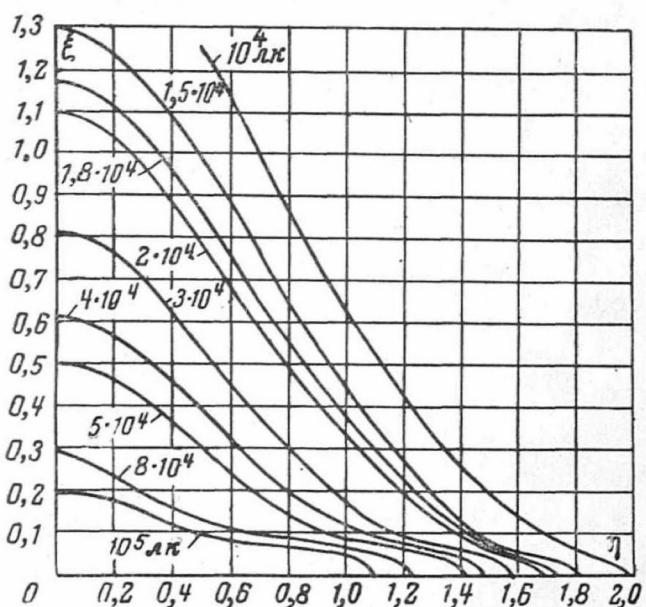


Рис. 7. Кривые равных значений относительной освещенности однопучкового светильника.

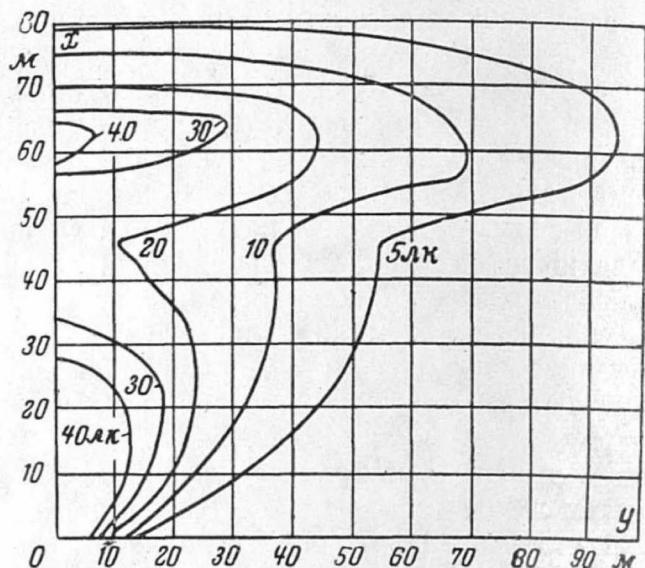


Рис. 8. Кривые равной освещенности однопучкового светильника $H=23 \text{ м}$, $\theta = 20^\circ$.

ми методами [Л. 8] определить изолюксы для заданной высоты установки светильника H и угла θ , составленного направлением максимальной силы света с горизонталью. В качестве примера на рис. 8 даны кривые равной освещенности, рассчитанные для $H=23 \text{ м}$ и $\theta=20^\circ$.

Светильник для освещения улиц имеет оптическое устройство, схематически изображенное на рис. 2, б. Нижняя часть светильника состоит из двух параболо-цилиндрических отражателей, посылающих максимальную силу света по направлению $\alpha=70^\circ$.

Верхний отражатель светильника для простоты изготовления выполнен в виде двух плоских зеркальных вставок, наклоненных к горизонту под углом 8° . Ширина зеркальных полос равна 350 мм. Они соединяются на расстоянии 140 мм от центра лампы. Защитный угол светильника в продольных плоскостях $\gamma'=20^\circ$. Он обеспечивается поперечными экранами, количество и размеры которых взяты такими же, как и для первого светильника. Расчетные данные: $I_{\max}=232 \text{ кесв}$, $k_y=5$, $\eta=0,68$, кривая силы света аналогична кривой опытного светильника (рис. 5).

Требования к конструкции светильников и их изготовлению. Экспериментальные и расчетные исследования зеркальных светильников для мощных ксеноновых ламп позволяют сформулировать следующие требования:

1. Материал для отражателя должен иметь коэффициент отражения не менее 0,65. Необходимо, чтобы $\rho_3 = (0,85 \div 1)\rho$. Материал зеркального отражателя и плоских вставок, кроме указанного значения ρ_3 , должен быть

коррозиоустойчивым и выдерживать высокие температуры (до 300° С).

2. При конструировании светильников необходимо учесть возможность очищения и восстановления зеркальных свойств отражателя во время эксплуатации. Экраны рекомендуется выполнять из обычной стали (без светотехнического покрытия) и создавать крепления, предохраняющие их от коробления.

3. Светильник должен иметь запасную лампу, автоматически включающуюся в случае перегорания основной. Световое отверстие под лампой должно быть перекрыто защитной сеткой, предохраняющей от осколков в случае растрескивания лампы.

4. Конструкция однопучкового светильника должна обеспечивать возможность его вращения как вокруг вертикальной оси (мачты), так и относительно оси ламп. Точность фрезерования торцовых поверхностей поперечных несущих планок, формующих поверхность отражателя, должна быть не ниже 0,5 мм по отношению к теоретическому профилю. Для уменьшения коробления отражателя его следует изготавливать из отдельных

листов, один из размеров которых равен длине профильной кривой, а другой — не более 500 мм.

Автор выражает благодарность всем студентам, участвовавшим в данной работе в порядке выполнения учебно-исследовательских работ, курсового и дипломного проектирования, коллективу треста «Моссветстрой», а также А. А. Вепринцеву, активно способствовавшему внедрению работы.

Литература

1. Lompe A., Lichttechnik, 1958, № 3.
2. Schmidt W., Lehman K., Lichttechnik, 1958, № 9.
3. Маршак И. С., Васильев В. И., Тохадзе И. Л. и Рогатин Н. В., «Светотехника», 1961, № 4.
4. Трембач В. В. и Литвинов В. С., «Светотехника», 1959, № 9.
5. Трембач В. В., Светильники, Госэнергоиздат, 1958.
6. Батусов С. В. и Забережный Д. Т., «Светотехника», 1961, № 2.
7. Калякин Н. А., Справочная книга по светотехнике, т. 1, АН СССР, 1956.
8. Кнорринг Г. М., Проектирование электрического освещения, Госэнергоиздат, 1950.

ЗАЖИГАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП В БЕССТАРТЕРНЫХ СХЕМАХ

Инж. А. Е. НОВИК

Московский электроламповый завод

В настоящее время подавляющее большинство отечественных люминесцентных ламп эксплуатируется в стартерной схеме, выгодно отличающейся простотой и дешевизной. Однако наличие дополнительного электровакуумного прибора — стартера — в схеме снижает ее эксплуатационную надежность и затрудняет отыскание неисправностей в процессе обслуживания осветительной установки. К тому же одновременное включение большого количества ламп со стартерами производит неприятный зрительный эффект.

За последние годы за границей широко применяются различные бесстартерные схемы, в которых за счет незначительного удорожания ПРА и ламп достигается повышенная надежность в эксплуатации и снижение расходов на обслуживание осветительной установки. Из бесстартерных схем включения наибольшее распространение получили так называемые схемы быстрого зажигания (типа Rapid-start и Quick-start), в которых на

лампу одновременно с достаточным напряжением холостого хода подается напряжение накала катодов. При использовании сетей с напряжением 220 в лампа снабжается различными устройствами для снижения напряжения зажигания (пусковые полосы или покрытия), а напряжение накала катодов после зажигания частично компенсируется, что характерно, например, для английской схемы Quick-start, называемой в отечественной литературе схемой с компенсированным накалом [Л. 1].

Наряду с относительной простотой схема с компенсированным накалом обладает еще тем преимуществом, что при определенных условиях в ней, помимо специально предназначенных ламп быстрого зажигания, могут применяться обычные лампы стартерного зажигания.

Некоторые данные по напряжению зажигания ламп U_z в бесстартерных схемах можно изредка встретить в зарубежной периодиче-