

АННОТАЦИЯ

Курсовая работа посвящена расчету осветительно-проекционной системы кинопроекционного аппарата.

Осветительно-проекционная система состоит из горизонтально расположенной ксеноновой лампы, эллипсоидного отражателя, кадрового окна и проекционного объектива. Формат демонстрируемой фильмокопии 35 мм, типы кинопоказа 35 мм с анаморфированным кадром, 35 мм с кашетированным кадром.

Курсовая работа содержит пояснительную записку на листах.

ВВЕДЕНИЕ

Осветительно-проекционная система (ОПС) кинопроектора предназначена для освещения проецируемого кадра с заданной равномерностью освещённости и получения на экране резкого увеличенного изображения.

ОПС кинопроектора состоит из

В качестве источников света в осветительных системах стационарных кинопроекторов применяются

Требования к ОПС:

1. КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Осветительно - проекционная система (ОПС) кинопроектора предназначена для освещения проецируемого кадра с заданной яркостью и равномерностью яркости и проекции на экран резкого неискажённого увеличенного изображения.

Яркость в центре экрана нормируется ОСТ 19–155–00 и должна составлять

.....

.....

.....

.....

1.1 Осветительно-проекционная система кинопроектора 23 КПК-2

Осветительно-проекционная система состоит из ксеноновой лампы 2 (рис. 1.3).....

1.2 Осветительно-проекционная система кинопроектора МЕО-5ХС

Осветительно-проекционная система МЕО-5ХС включает осветитель и проекционную оптику на базе объективов типа «Меостигмат» и «Визионар». В осветителе применена горизонтальная ксеноновая лампа с глубоким отражателем (эллипсоидное зеркало с углом охвата 260°).

Схема построения ОПС с горизонтальным расположением лампы

Регулировки ОПС:

.....

Далее рассмотрим некоторые частные особенности ОПС на примере конкретных моделей кинопроекторов.

1.4 Осветительно-проекционная система кинопроектора Kinoton FP 50D

.....

В работе следует привести примеры ОПС 3-4 кинопроекторов

2. РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчёт величины полезного светового потока (Φ_{Π}) для осветительно-проекционной системы кинопроектора

Яркость экрана в центре по ОСТ 19-155-00 должна составлять 50 ± 15 Кд/м² для всех видов 35- мм кинопоказа, понижение нормы яркости до 35 Кд/м² допускается только для кинопроекторов, оснащенных лампами накаливания. Вышеуказанный ОСТ так же регламентирует равномерность освещенности в зависимости от вида кинопоказа не менее:

- 0,7 при проекции обычных 35-мм фильмокопий;
- 0,5 при проекции кашетированных, широкоэкранных фильмокопий.

Освещенность в центре экрана [4]:

$$E_{\Pi} = \frac{\pi \cdot L_{\Pi}}{r_{СП}}, \quad (2.1)$$

где E_{Π} – освещённость в центре, лк;

$r_{СП}$ – средний коэффициент яркости, равный для диффузного киноэкрана 0,78

$$E_{\Pi} = \frac{\pi \cdot 50}{0,78} = 201,38 \text{ Лк}$$

Средняя освещённость экрана:

$$E_{CP} = \frac{1}{3} (E_{\Pi} + 2E_K) \quad (2.2)$$

E_K – освещенность боковых точек экрана, удалённых от края экрана на 0,1 м, с достаточной степенью точности можно считать, что $E_K = E_{\min}$, а $\frac{E_{\min}}{E_{\max}} = \eta$ или $E_{\min} = \eta \cdot E_{\max}$, следовательно

$$E_{CP} = \frac{E_{\Pi}}{3} (1 + 2\eta) \quad (2.3)$$

$$\Phi_{\Pi} = E_{CP} \cdot S$$

S – площадь, экрана занимаемая изображением, м².

$$\Phi_{\Pi} = \frac{1+2\eta}{3} E_{\Pi} S \quad (2.4)$$

принимаем $\eta = 0,5$;

для кашетированного изображения $S = 7,6 \times 4,1 \text{ м}^2$ [7, табл. 2.1]:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{1+2 \cdot 0,5}{3} 201,38 \cdot 7,6 \cdot 4,1 = 4183,33 \text{ Лм}$$

для широкоэкранный изображения $S = 9,7 \times 4,1 \text{ м}^2$

$$\Phi_{\Pi} = \frac{1+2 \cdot 0,5}{3} 201,38 \cdot 9,7 \cdot 4,1 = 5339,26 \text{ Лм}$$

2.2 Выбор источника света для проектируемой ОПС кинопроектора

Исходя из необходимости обеспечить соответствующий световой поток Φ_{Π} выбираем источник [табл. 2.3]:

ксеноновую лампу ДК_сШ 3000

полезный световой поток: 6000 – 6500 Лк;

мощность лампы: 3 кВт;

рабочий ток минимум 92 А

максимум 110 А;

рабочее напряжение минимум 27 В

максимум 32,5 В;

яркость в центре разряда, наименьшая 600 Кд/м²;

световой поток, наименьший 105000 Лк;

световая отдача, наименьшая 35 лм/Вт;

длина дуги (расстояние между электродами) $5,5 \pm 0,5 \text{ мм}$;

полная длина лампы 335 мм;

внешний диаметр колбы, наибольший 58 мм;

продолжительность горения 500 ч;

расстояние светового центра (от верха) 180 мм

2.3 Расчёт размеров рабочего поля киноэкрана

Ширина рабочего поля киноэкрана определяется в зависимости от расчётной

длины зрительного зала и вида демонстрируемого изображения. Высота рабочего поля экрана при проекции 35-мм обычных, кашетированных и широкоэкранных фильмов должен быть одинакова. Ширина рабочего поля Ш в метрах должна составлять:

$$\text{35-мм широкоэкранных } Ш_A = 0,5Д$$

$$\text{35-мм кашетированных } Ш_K = 0,35 - 0,39Д$$

где Д – расчётная длина зрительного зала, м

Ширина рабочего поля киноэкрана для демонстрации широкоэкранного изображения:

$$Ш_A = 0,5 \cdot Д = 0,5 \cdot 22,5 = 11,25\text{м,}$$

тогда линейное увеличение проекционного объектива

$$\beta_{об} = \frac{Ш}{в_k} \quad (2.5)$$

где $в_k = 22$ мм - ширина кадрового окна

$$\beta_{об A} = \frac{Ш_A}{в_k} = \frac{11,25 \cdot 10^3}{22} = 511,36\times$$

а фокусное расстояние проекционного объектива

$$f'_{об} = \frac{Д}{\beta_{об}} \quad (2.6)$$

$$f'_{об A} = \frac{22,5 \cdot 10^3}{511,36} = 44,00\text{мм}$$

Принимаем объектив с ближайшим фокусным расстоянием 50мм типа ОКП-4-50-1:

относительное отверстие ϵ : 1:1,8

коэффициент светопропускания $\tau = 0,83$

апертурный угол: $\text{tg}U' = 0,3275$

Следовательно, для принятого фокусного расстояния объектива $f'_{об A} = 50$ мм линейное увеличение:

$$\beta_{об A} = \frac{22,5 \cdot 10^3}{50} = 450\times$$

а ширина экранного изображения

$$\text{Ш}_A = \beta_{\text{об } A} \cdot \text{в}_K = 450 \cdot 22 = 9900 \text{ мм} = 9,9 \text{ м}$$

Высота экранного изображения для широкоэкранный кинофильма (соотношение сторон кадра $n = 2,35$)

$$B = \frac{\text{Ш}_A}{2,35} = \frac{9,9}{2,35} = 4,21 \text{ м}$$

Площадь, занимаемая изображением анаморфированного кадра на киноэкране (полезная площадь киноэкрана):

$$S_A = B \cdot \text{Ш}_A = 4,21 \cdot 9,9 = 41,71 \text{ м}^2$$

Высота изображения для кинопроекции анаморфированного и кашетированного кадра одинакова $B=4,21 \text{ м}$, следовательно, линейное увеличение при кинопроекции кашетированного кадра будет:

$$\beta_{\text{об } K} = \frac{B}{\text{в}_K} = \frac{4,21 \cdot 10^3}{13,3} = 316,54 \times$$

для кашетированного кадра $\text{в}_K = 13,3 \text{ мм}$ (с соотношением сторон 1:1,66) необходимое фокусное расстояние

$$f'_{\text{об } K} = \frac{D}{\beta_{\text{об } K}} = \frac{22,5 \cdot 10^3}{316,54} = 71,08 \text{ мм}$$

Принимаем объектив с ближайшим фокусным расстоянием 75 мм типа ОКП 3-75-1:

относительное отверстие ε : 1:1,8

коэффициент светопропускания $\tau = 0,81$

апертурный угол: $\text{tg} U' = 0,3265$

Учитывая полученную полезную площадь киноэкрана $S_A = 41,71 \text{ м}^2$ можно пере- считать необходимый полезный световой поток (для широкоэкранный вида кинопоказа):

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{1 + 2 \cdot 0,5}{3} 201,38 \cdot 41,71 = 5599,71 \text{ Лм}$$

Полученный полезный световой поток соответствует параметрам выбранного источника.

2.4 Габаритный расчёт ОПС кинопроектора

Линейное увеличение отражателя в вертикальной плоскости должно быть не менее:

$$\beta_{осв} = \frac{h_K}{h_L} \quad (2.7)$$

$$\beta_{осв} = \frac{18,8}{5,5} = 3,418$$

h_K – высота кадрового окна (при демонстрации широкоэкранного кино-фильма $h_K = 18,8$ мм);

h_L – межэлектродное расстояние лампы

Для конечных размеров светящегося тела линейное увеличение будет различным для каждой кольцевой зоны эллипсоидного отражателя, оно наибольшее для параксиальной области. Линейное увеличение β_σ зоной под углом σ к оптической оси ОПС в зависимости от параксиального увеличения β_0 определяется по формуле:

$$\beta_\sigma = \frac{1}{2\beta_0} (1 + \beta_0^2 + (1 - \beta_0)^2 \cdot \cos \sigma) \quad (2.8)$$

при $\sigma = U = 90$

$$\beta_{\sigma \min} = \frac{1 + \beta_0^2}{2\beta_0} \quad (2.9)$$

решая уравнение, имеем:

$$\beta_{0 \min} = \beta_{\sigma \min} \pm \sqrt{\beta_{\sigma \min}^2 - 1} \quad (2.10)$$

Для того, чтобы все зоны отражателя перекрывали кадровое окно, необходимо, чтобы рассчитанная $\beta_{\sigma \min}$ была принята равной 3,42, тогда по формуле (2.10):

$$\beta_{0 \min} = 3,418 \pm \sqrt{3,418^2 - 1} = 6,68^x$$

Удаление оси лампы от середины отражателя S принимаем равным 100 мм с учётом максимального диаметра лампы.

Расстояние от середины отражателя до середины до середины кадрового окна S' , измеренное по оптической оси ОПС, определяется:

$$S' = \beta_0 \cdot S = 6,68 \cdot 100 = 668 \text{ мм}$$

при принятом параксиальном расстоянии $\beta_{0\min} = 6,68^\times$

Определим диаметр отражателя D_0 :

$$D_0 = 2(S'-S) \cdot \operatorname{tg} U' \quad (2.11)$$

Будем, считать, что апертурный угол U_1 проекционного объектива равняется апертурному углу U' выходящего из осветительной системы пучка. Для принятого кинопроекторного объектива ОКП4-50-1 $\operatorname{tg} U' = 0,3265$:

$$D_0 = 2(668-100) 0,3265 = 371,9 \text{ мм}$$

Принимаем отражатель по табл.1 [7] 380-180-РЧИ:

$$2U = 180^\circ$$

$$\text{диаметр } D_0 = 380 \text{ мм}$$

$$\text{расстояние от середины отражателя до кадрового окна } S' = 880$$

$$\text{расстояние от середины отражателя до светового центра } S = 105$$

форма отражателя: эллипсоидная

покрытие: интерференционное

$$\text{коэффициент отражения } \rho_0 = 0,9$$

Параметры эллиптического сечения

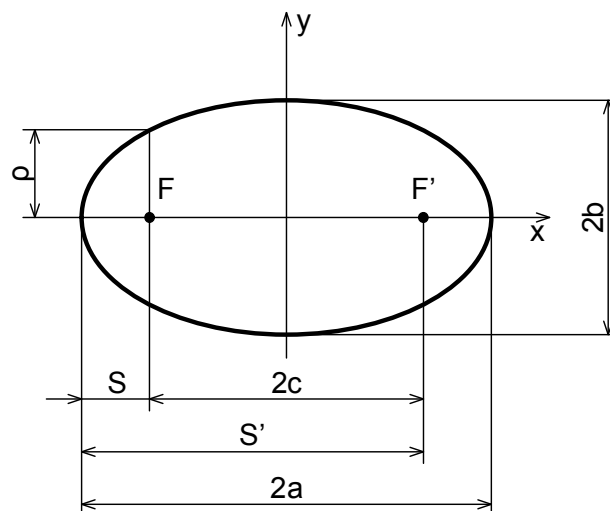


Рис. 2.1

Определим параметры a и b , входящие в уравнение эллиптического сечения [8]:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (2.12)$$

большая полуось $a = S + c = 105 + 385,5 = 492,5 \text{ мм}$

малая полуось: $b = \sqrt{a \cdot \rho} = \sqrt{492,5 \cdot 190} = 305,9 \text{ мм}$

где $c = \frac{S - S'}{2} = \frac{880 - 105}{2} = 385,5 \text{ мм}$ расстояние между фокусами F и F'

$\rho = \frac{D_0}{2} = \frac{380}{2} = 190 \text{ мм}$ фокальный параметр

эксцентриситет: $e = \frac{c}{a} = \frac{385,5}{492,5} = 0,7827$

тогда уравнение эллипса:

$$\frac{x^2}{492,5^2} + \frac{y^2}{305,9^2} = 1$$

$$y = b \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} = 305,9 \sqrt{1 - \frac{x^2}{492,5^2}}$$

Таблица 2.1

Исходные точки поверхности эллипсоида

x	492,5	442,5	392,5	342,5	292,5	242,5	192,5	142,5	92,5	42,5	0
y	0	134,3	184,78	219,82	246,11	266,25	281,57	292,82	300,46	304,76	305,9

2.5 Светотехнический расчёт ОПС

Расчёт светового потока кинопроектора с ксеноновой лампой

Световой поток ОПС с равноярким источником света [7]:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{\pi}{4} L_{\Gamma} \cdot S \cdot \tau \cdot \varepsilon^2 \quad (2.13)$$

где L_{Γ} – габаритная яркость источника света, Кд/м²;

S – площадь светящейся поверхности, м²;

τ – коэффициент пропускания ОПС;

ε – относительное отверстие объектива

Применяемый в кинопроекторах источник света не является равноярким, поэтому Φ_{Π} таким образом можно определить только приближенно.

Применим для расчёта Φ_{Π} метод угловых коэффициентов, этот метод дает точные результаты только в том случае, когда полярная диаграмма силы света

симметрична относительно оптической оси кинопроектора, что характерно для ксеноновых лам при их горизонтальном расположении.

Величина коэффициента пропускания ОПС:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{\kappa} \cdot \tau_{обт} \cdot K_{зат} \cdot \tau_{ко} \cdot \tau_{об}. \quad (2.14)$$

τ_{κ} – коэффициент пропускания конденсора, в случае применения отражателя вместо τ_{κ} надо принять ρ_0 – коэффициент отражения отражателя $\rho_0=0,9$;

$K_{зат}$ – коэффициент, учитывающий затемнение отражателя колбой лампы;

$\tau_{обт}$ – коэффициент пропускания обтюратора, для 23КПК $\tau_{обт}=0,57$;

$\tau_{ко}$ – коэффициент пропускания кадрового окна приближенно рассчитывается по формуле

$$\tau_{ко} = \frac{4c}{\pi(1 + c^2)} \quad (2.15)$$

$$\text{где } c = \frac{b_{\kappa}}{h_{\kappa}}$$

b_{κ} – ширина кадрового окна;

h_{κ} – высота кадрового окна;

$$\tau_{ко} = 0,5$$

Найдем поток Φ , падающий от лампы на основной отражатель. На рис 2.2. приведена полярная диаграмма силы света ксеноновой лампы ДКСШ- 3000 в вертикальной плоскости, проходящей по оси электродов, причем полюс диаграммы совпадают со световым центром светящегося тела лампы.

Так как фотометрическое тело силы света лампы имеет симметричную форму относительно оси электродов, то сила света будет одинакова в плоскости горизонтального сечения, проходящего через точку 0.

Следовательно, сила света для любой зоны отражателя в вертикальной плоскости (при горизонтальном расположении источника света) будет величиной постоянной и равной 5800 Кд/м².

Для каждой зоны отражателя определить среднее значение силы света:

$$I_{ср\, зоны} = \frac{I_{\epsilon} + I_{\alpha}}{2} \quad (2.16)$$

где I_{ϵ} – сила света в вертикальной плоскости, величина постоянна и равна

5800 кд/м²;

I_α – сила света, падающего на зону в горизонтальной плоскости под углом α к оптической оси осветителя.

Отражатель имеет апертурный угол 90°, разобьем этот угол на 9 равных частей с интервалом 10° и по кривой на определим для каждой половины зоны величину $I_{\text{ср зона}}$.

Расчёт зональных световых потоков проводится по формуле

$$\Delta\Phi_n = I_{\text{ср зоны}} \cdot (\omega_n - \omega_{n-1}) \quad (2.17)$$

причём угловой коэффициент

$$\omega_n - \omega_{n-1} = 2\pi(\cos \alpha_{n-1} - \cos \alpha_n) \quad (2.18)$$

Поток найдём:

$$\Delta\Phi'_n = \frac{I_\epsilon + I_\alpha}{2} (\omega_n - \omega_{n-1}) \quad (2.19)$$

причём силу света I_α определяем для середины зоны.

Таблица 2.2

Зональные световые потоки, падающие на отражатель

Границы угла, град $\alpha_n - \alpha_{n-1}$	Телесный угол $\omega_n - \omega_{n-1}$	$I_{\text{ср зона}}$, Кд	$\Delta\Phi'$, Лм
0 –10°	0,095	4150	1174,5
10 –20°	0,283	5550	2569,7
20 –30°	0,463	5800	3642,4
30 –40°	0,628	5900	4566,6
40 –50°	0,774	5900	5292,3
50 –60°	0,897	5900	5858,7
60 –70°	0,993	5850	6189,3
70 –80°	1,058	5800	6327,8
80 –90°	1,091	4150	1174,5

Величина всего светового потока падающего на отражатель от ксеноновой лампы, будет равен удвоенному значению $\Delta\Phi'$, так как диаграмма сила света симметрична относительно оптической оси кинопроектора **при горизонтальном**

расположении источника света.

$$\Phi_I = 35621 \cdot 2 = 71302 \text{ Лм}$$

Отразится от отражателя световой поток: $\Phi_{II} = \Phi_I \cdot \rho_0$

ρ_0 – коэффициент отражателя интерференционного отражателя, величина которого принимается 0,95, тогда $\Phi_{II} = 67736,9 \text{ Лм}$

Величину прошедшего светового потока обозначим $\Phi_{III} = \tau_{лк} \cdot \Phi_{II}$

$\tau_{лк}$ – коэффициент, учитывающий экранирование колбой ксеноновой лампы падающего на него светового потока. Его можно определить:

1 – сечение светового пучка в плоскости, проходящей через ось электродов –

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot 450^2}{4} = 159043,13 \text{ мм}^2$$

2 – диаметр колбы лампы $d \approx 80 \text{ мм}$ $S_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 80^2}{4} = 5026,55 \text{ мм}^2$

Размеры колбы лампы в сечении

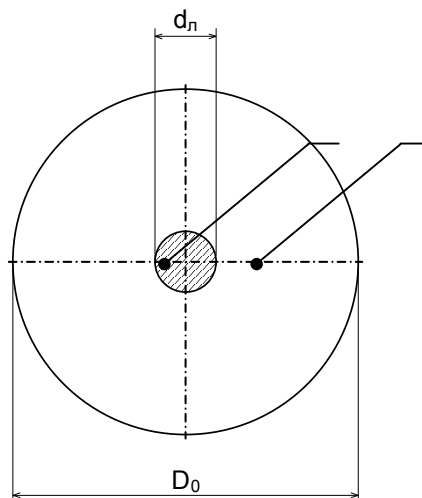


Рис. 2.3

$$\text{тогда } \tau_{лк} = \frac{S_1 - S_2}{S_1} = \frac{159043,13 - 5026,55}{159043,13} = 0,9684$$

следовательно, $\Phi_{III} = 0,9684 \cdot 67736,9 = 65596,08 \text{ Лм}$

Величина коэффициента пропускания ОПС:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{\kappa} \cdot \tau_{обт} \cdot \kappa_{зат} \cdot \tau_{ко} \cdot \tau_{об.} = 0,9 \cdot 0,57 \cdot 0,5 \cdot 0,83 = 0,213$$

тогда величина полезного светового потока проектируемого кинопроектора $\Phi_{IV} = 65596,08 \cdot 0,213 = 13971,97 \text{ Лм}$.

В разработанной ОПС световая отдача кинопроектора:

$$\eta = \frac{\Phi_n}{W} = \frac{13971,97}{3000} = 4,66 \text{ Лм / Вт}$$

и световой коэффициент полезного действия ОПС

$$\eta_{CB} = \frac{\Phi_n}{\Phi_{пол}} = \frac{13971,97}{105000} = 0,1331 \quad 13,31\%$$

$$F_{TP} = \frac{\pi \cdot 0,85 \cdot 1,15}{0,85 \cdot 1,4} \cdot 66,96 \cdot 48 = 829424 \text{ Лм}$$

Вывод: разработанная осветительно-проекционная система соответствует заданию на курсовую работу.

Диаграмма распределения силы света ксеноновой лампы мощностью 3 кВт

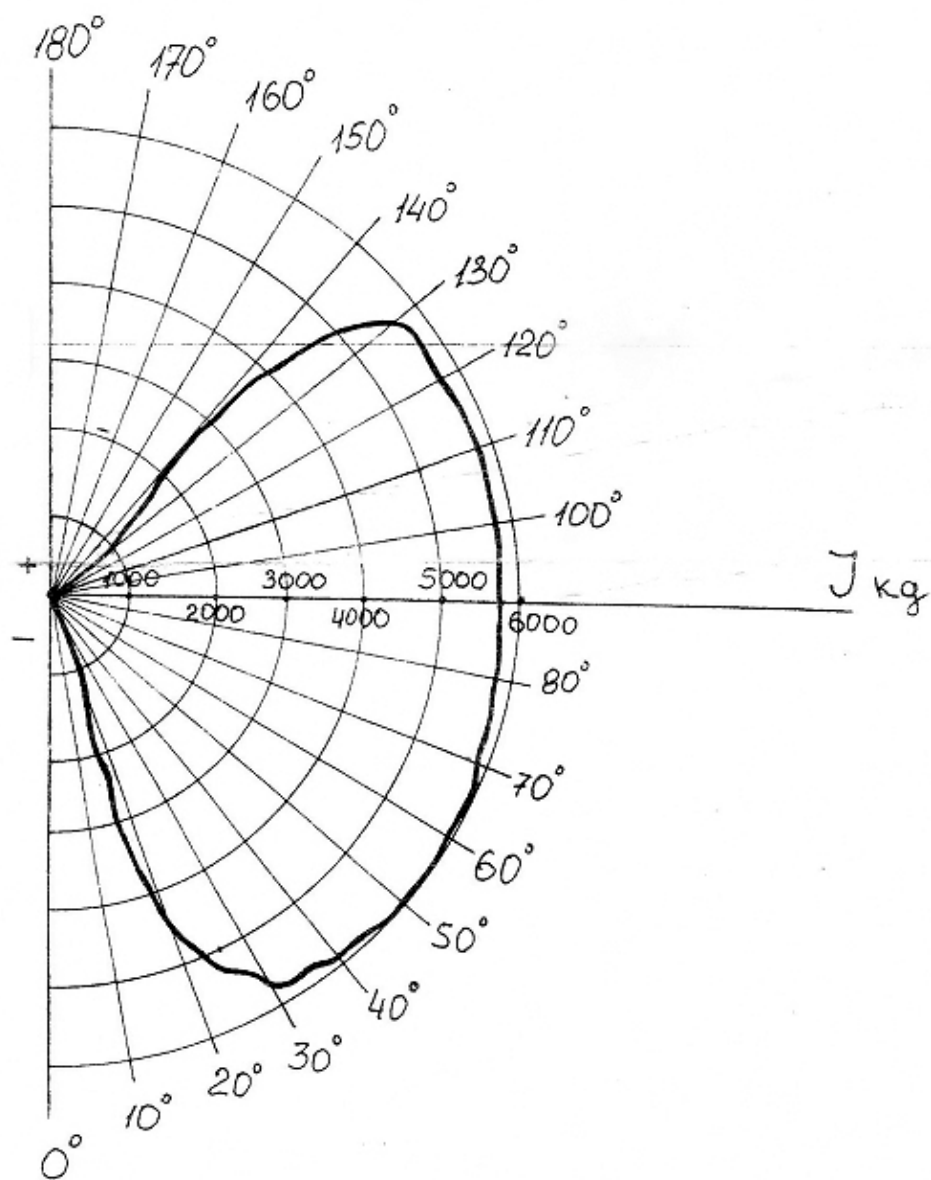


Рис. 2.2

3. ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург Л.С., Данилов К.Б., Королёв Н.М. Кинопроекционная техника. – М.: Искусство, 1986.
2. Каталог ламп фирмы «Osram» раздел «Специальные источники света».
3. Черкасов Ю.П. Справочник киномеханика: Справ. пособие. – М.: Высшая школа, 1988.
4. К.К. Гудинов, Трубникова Т.А., Газеева И.В., Спичихин А.М., Храмов Д.А. Основы записи и воспроизведения изображения (раздел 2: «Кинотехника»). Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов дневного, вечернего и заочного отделений специальностей 201400 «Аудиовизуальная техника», 210102 «Светотехника» и направления (бакалавриат) 210300 «Радиотехника».- СПб., СПбГУКиТ, 2011.
5. Руководство по эксплуатации кинопроектора Kinoton FP 50D.
6. Руководство по установке кинопроектора Christie CP2000-SB (020-100320-02).
7. Проворнов С.М., Прокофьев Н.М., Соколов А.В. Кинопроекционная аппаратура. Методические указания по проектированию осветительно-проекционных систем кинопроекторов для студентов специальности 0533 «Киноаппаратура» очного и заочного отделения. – Л.: ЛИКИ, 1988.
8. Бараусова Н.С., Ольвовская М.Б. Методические указания по расчету осветительно-проекционных систем. – Л.: ЛИКИ, 1981.
9. Гребенников О.Ф., Гусев В.П., Коломенский Н.Н., Кулаков А.К. Методические указания по выполнению дипломных проектов, СПбГУКиТ, 2005.

Диаграммы распределения силы света для ксеноновых ламп различной мощности

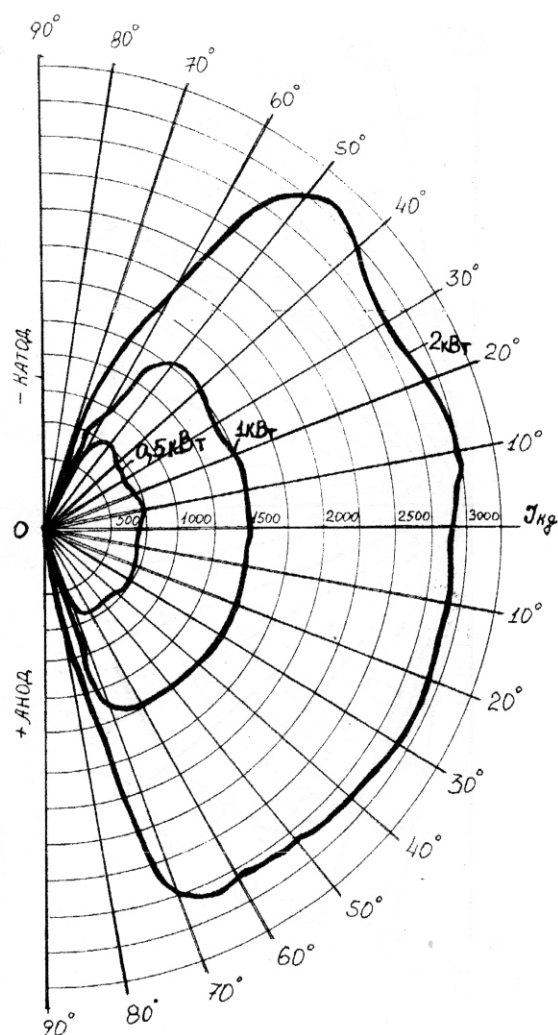


Рис. 1. Кривые распределения силы света ксеноновых ламп мощностью 0,5 кВт, 1 кВт, 2 кВт в вертикальной плоскости, проходящей через световой центр лампы по оси электродов*

* При горизонтальном расположении ксеноновой лампы кривая распределения силы света имеет дополнительную зеркально расположенную составляющую. При зональном расчёте светового потока учитываются обе составляющие кривой.

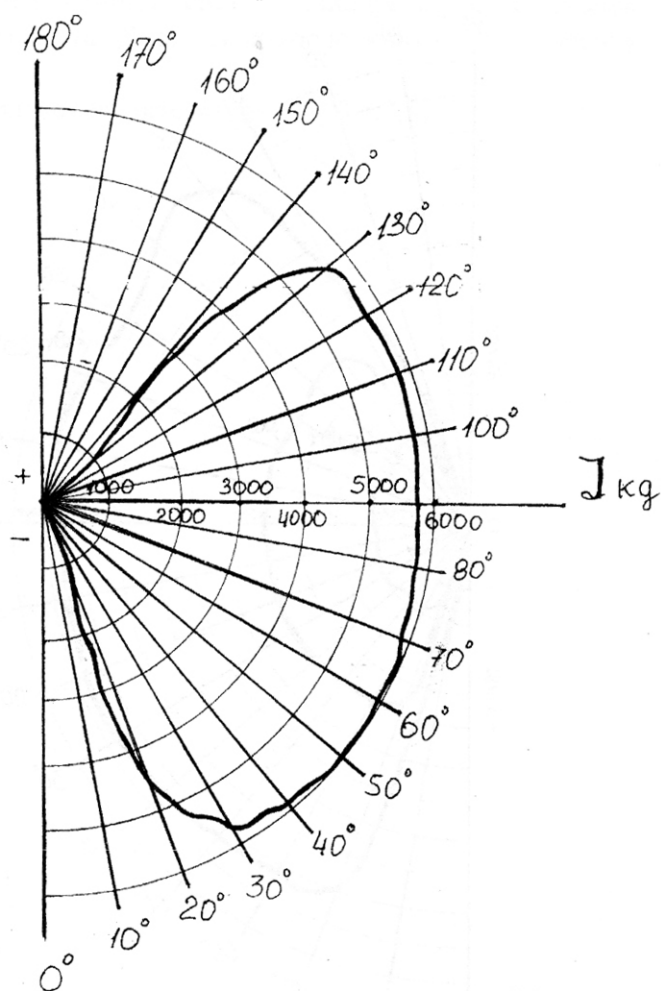


Рис. 2. Кривая распределения силы света ксеноновой лампы мощностью 3 кВт в вертикальной плоскости, проходящей через световой центр лампы по оси электродов

* При горизонтальном расположении ксеноновой лампы кривая распределения силы света имеет дополнительную зеркально расположенную составляющую. При зональном расчёте светового потока учитываются обе составляющие кривой.

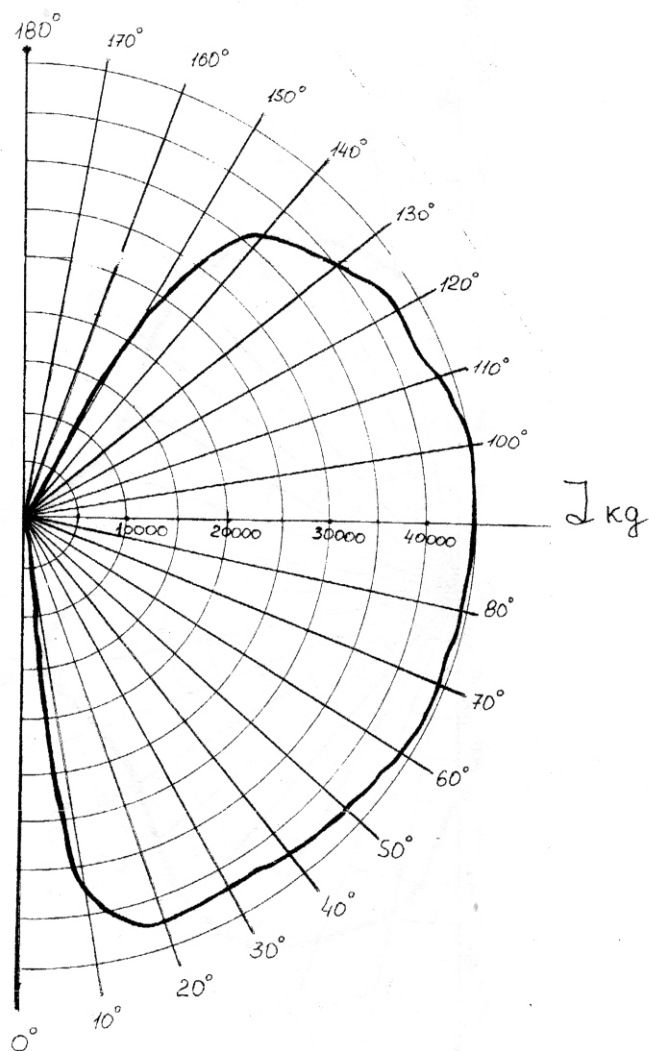


Рис. 3. Кривая распределения силы света ксеноновой лампы мощностью 10 кВт в вертикальной плоскости, проходящей через световой центр лампы по оси электродов