

кусе параболы, то поверхность параболоида вращения будет образовывать параллельный пучок. Этот принцип широко применяется в прожекторах. Поверхность эллипсоида вращения позволяет собирать в одну точку, в один фокус лучи, если они вышли из другой точки, другого фокуса, отсюда следует, что если поместить источник света в одном фокусе эллипса, а входной зрачок объектива — в другом, то возможно равномерно осветить предмет, который должен проектироваться этим объективом. Оптическая схема подобной системы освещения показана на рис. 110. Она широко применяется в фотограмметрических приборах — трансформаторах и уменьшителях, а также в кинопроекторах.

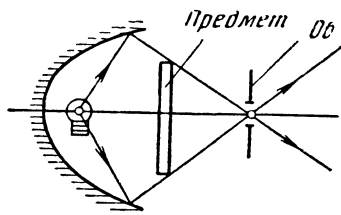


Рис. 110 Зеркальная осветительная система

Сложные зеркальные системы из двух сферических поверхностей (см. рис. 104) применяются для освещения экрана осциллоскопов, например, ультрафиолетовым светом, при некоторых специальных наблюдениях.

§ 58. ПРОЕКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Оптические приборы, дающие изображения на экране, называются *проекторными*. К числу таких приборов относятся: кинопроекторный аппарат, эпидиаскоп, большой проектор и др.

В зависимости от характера проектируемого предмета все проекционные системы разделяются на два вида: *эпископические* и *диаскопические*. Если предмет непрозрачен, то изображение образуется лучами света, отраженными от предмета. Такой вид проекции называется *эпископической*, или проекцией в отраженных лучах света. Если предмет прозрачен, то изображение образуется лучами света, проходящими сквозь предмет. Такой вид проекции называется *диаскопической*, или проекцией в проходящих лучах света.

Оптическая схема любой проекционной системы состоит из двух частей: *осветительной* и *оптической*. Осветительная часть включает в себя источники света, конденсоры и зеркала, назначение которых заключается в наилучшем освещении того или иного предмета. Его характеристики должны соответствовать характеристикам оптической части прибора. Оптическая часть большей частью представляет собой проекционный объектив. В сложных проекционных приборах, требующих изменения направления пучков лучей, применяются, кроме того, призмы и зеркала, а в особых случаях и дополнительные объективы.

Схема эпископа показана на рис. 111. Прибор имеет вид шара с плоским основанием, к которому снизу прижимают проектируемый предмет (чертеж, текст, картинку), и круглым вырезом в верх-

пей части, в который ввинчивают объектив. Над объективом всегда укрепляют алюминированное плоское зеркало для получения на экране правильного (читаемого) прямого изображения.

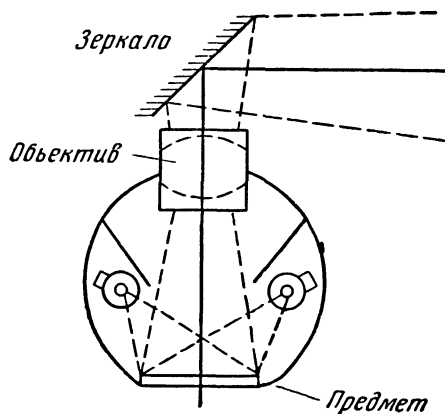


Рис. 111. Эпископ

К числу приборов диаскопической проекции относятся, например, фотоувеличители, проекторы, применяемые в аэрогеодезии (проектор Дробышева, мультиплекс) и др. Схема таких приборов показана на рис. 112, а. Источник света с помощью конденсора проектируется во входной зрачок объектива (см. рис. 107, б). Предмет в виде негатива или диапозитива устанавливается возможно ближе к конденсор.

Кинопроекционные системы (рис. 112, б) также относятся к диаскопическим. Но в

этих системах для достижения лучшей освещенности экрана зеркальная или линзовая конденсорные системы большей частью проектируют изображение источника света в области положения самого предмета — кинокадра (см. рис. 107, а). Малый размер кинокадра (16×22 или 18×24 мм) оправдывает такой способ освещения, а его быстрая смена предохраняет от возгорания или порчи. Приборы, сочетающие в себе оба вида проекции — эпископическую и диаскопическую, — называются эпидиаскопами. Такие приборы используются для демонстрации графиков, рисунков и т. п. при проведении лекций и докладов.

Основными оптическими характеристиками проекционных систем являются: 1) масштаб проекции (линейное увеличение); 2) освещенность изображения и 3) размер экрана (величина проектируемого предмета). Они характеризуются: 1) проекционным расстоянием, 2) фокусным расстоянием проекционного объектива и 3) относительным отверстием проекционного объектива.

Размеры проектируемых предметов бывают весьма различными — от десятых долей миллиметра (микропроекция) до 30×30 см (большой и малый фототрансформаторы). Также различны и экраны. В приборах встречаются экраны в несколько квадратных сантиметров, а в кино несколько сотен квадратных метров. В приборах обычно встречаются небольшие масштабы проекции, близкие к единице, но в кинопроекции они достигают величин порядка 400 : 1 и более.

Проекционным расстоянием называется расстояние от объектива до экрана. Оно определяет длину зрительного зала в кинотеатре.

Проекционное изображение обычно бывает значительных размеров, и оно должно быть достаточно и равномерно освещено. Кроме того, в пределах всей площади изображение должно быть резким. Освещенность изображения определяется яркостью источника света B (в нитах), коэффициентом пропускания света τ , линейным увеличением объектива β , диафрагменным числом объектива n .

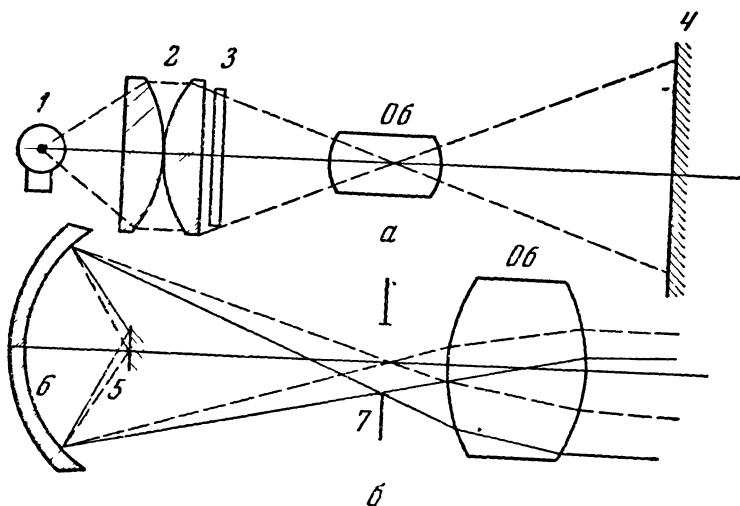


Рис 112 Проекция в проходящем свете а) диапроекция: 1 — источник света, 2 — конденсор; 3 — негатив (диапозитив); 4 — экран, б) кинопроекция 5 — кратер дуги, 6 — зеркало, 7 — кадр

В случае епископической проекции освещенность изображения равна

$$E' = \frac{\tau \cdot \rho \cdot E}{4(1 - \beta)^2 n^2}, \quad (58,1)$$

где ρ — коэффициент отражения предмета, E — освещенность предмета (в люксах).

В случае диаскопической проекции освещенность изображения равна

$$E' = \frac{\pi B \tau}{4(1 - \beta)^2 n^2}. \quad (58,2)$$

Освещенность изображения на экране в случае кинопроекции также определяется формулой (58,2). Освещенность экрана в кинотеатрах составляет 60—120 лк.

Проекционные объективы близки к фотографическим (рис. 113). Они разделяются на три группы:

1. Епископические объективы с относительными отверстиями 1:2—1:3,5 и полем зрения $2\omega = 45^\circ$.

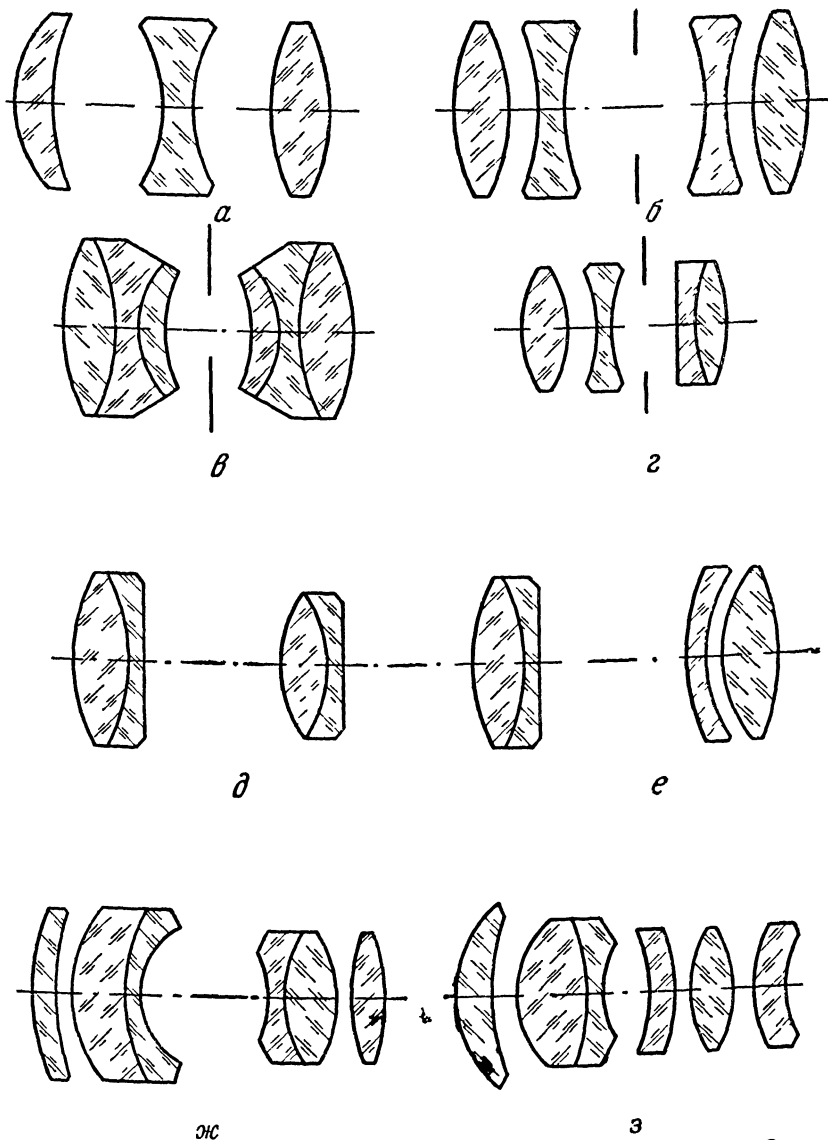


Рис 113 Проекционные объективы: а — Триплет, 1 : 3,5, $2\omega = 45^\circ$, б — Ор-то-Ниар, 1 : 6,3 — 1.7,7, $2\omega = 60^\circ$; в — Луч, 1 : 6,8, $2\omega = 70^\circ$, г — Индустар-234, 1 : 3,5, $2\omega = 50^\circ$, д — Po-101, Po-106, Po-107, 1 : 2,2, $2\omega = 12^\circ$, е — Po-108, 1.2, $2\omega = 16^\circ$, ж — 8Л-82, Po-800, Po-59, 1.2, $2\omega = 14^\circ$; з — Po-109, Po-110, Po-111, 1 : 1,2, $2\omega = 20^\circ$

2. Объективы проекторов и увеличителей с относительным отверстием $1:4,5$ — $1:9$ и полем зрения до $2\omega=122^\circ$.

3. Кинопроекционные объективы с относительными отверстиями $1:1,2$ — $1:2$ и полем зрения до $2\omega=16^\circ$.

Оптические характеристики проекционных объективов приведены в табл. XII приложения.

Пример 26. Определить освещенность экрана при эпипроекции с 10-кратным увеличением. Относительное отверстие объектива $1:2$, коэффициент светопропускания системы $0,6$, а коэффициент отражения освещаемого предмета $0,8$. Предмет (лист текста) освещается двумя электрическими лампами накаливания по 500 вт, расположенными сбоку на расстоянии 200 мм от центра предмета. Угол между оптической осью объектива и линией, соединяющей источник света с центром предмета, 45° .

Решение. Из условий примера следует: $\beta=-10$; $n=2$; $\tau=0,6$; $\rho=0,8$; $i=45^\circ$; $r=0,2$ м.

Решение задачи разделяется на два этапа. Первоначально по формуле (24,9) необходимо найти освещенность предмета, а затем по формуле (58,1) освещенность экрана.

Освещенность предмета не является равномерной по всей площади, но участки, наиболее освещаемые одной лампой, получают наибольшую освещенность от другой, поэтому в практике определяют освещенность в центре предмета и принимают ее за условную освещенность всего предмета.

Из каталога электрических ламп накаливания имеем $I=700$ св, тогда освещенность предмета

$$E = \frac{2I \cos i}{r^2} = 24\,800 \text{ лк},$$

а экрана

$$E' = \frac{\tau \rho E}{4(1-\beta)^2 n^2} = 6,1 \text{ лк}.$$

Пример 27. Оптическая система диапроектора состоит из электрической пустотной 40-ваттной лампы, конденсора и проекционного объектива с относительным отверстием $1:5$, проектирующего предмет на экран с 10-кратным увеличением. Коэффициент пропускания света оптической системы диапроектора составляет $0,6$. Найти освещенность экрана.

Решение. Из условий примера следует: $\tau=0,6$; $n=5$; $\beta=-10$. Из табл. II следует: $B=22 \cdot 10^5$ нит.

Применим формулу (58,2):

$$E' = \frac{\pi B \tau}{4(1-\beta)^2 n^2} = 342 \text{ лк}.$$

Пример 28. Определить освещенность экрана в кинотеатре при проекции с 400-кратным увеличением объективом с относительным отверстием $1:2$, если коэффициент пропускания света оптической

системы составляет 0,5, а яркость источника света (дуга) $1,5 \cdot 10^8$ нит.

Решение. Объектив с относительным отверстием 1:2 имеет $n=2$, а 400-кратному увеличению соответствует $\beta=400$.

Формулу (58,2) напомним так:

$$E' = \frac{\pi V \tau}{4\beta^2 n^2} = 93 \text{ лк.}$$

§ 59. КОЛЛИМАТОРЫ И АВТОКОЛЛИМАТОРЫ

Коллиматором называется оптический прибор, образующий параллельный пучок лучей. Коллиматор часто применяется для всякого рода контрольных испытаний и исследований оптических

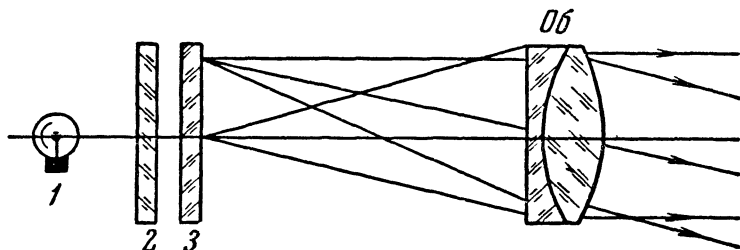


Рис. 114. Коллиматор: 1 — источник света; 2 — молочное или матовое стекло; 3 — сетка

деталей и узлов. Он является частью ряда приборов: спектральных, контрольно-измерительных, прицельных, приборов связи и сигнализации и др. Оптическая схема коллиматора показана на рис. 114. Источник света освещает плоскопараллельную пластинку — сетку, имеющую какие-либо штрихи или отверстия на темном фоне. Для более равномерного освещения между источником света и сеткой, как можно ближе к сетке, устанавливают матовое или молочное стекло. Сетку помещают в фокальной плоскости объектива. Тогда из объектива лучи выходят в виде параллельных пучков.

Коллиматор широко применяется в различных сигнальных фотоэлектрических устройствах (фотореле). Пучок лучей, вышедший из объектива коллиматора, направляется на фотозащитный элемент (рис. 115, а). Если пучок лучей преградить, то прекратится падение лучей света на фотозащитный элемент и тем самым исчезнет фототок. Фототоки усиливаются и поступают в электромагнитное реле, которое, смотря по необходимости, срабатывает, когда ток впервые возникает или когда ток исчезает. Подобное устройство нашло широкое применение в автоматике, во многих отраслях техники. Фотореле сигнализирует об обрыве бесконечных лент, об обрыве