

**В ПОМОЩЬ  
ТЕАТРАЛЬНОМУ  
ОСВЕТИТЕЛЮ**

государственное издательство  
„искусство“

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ТЕАТРАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

**СПРАВОЧНИКИ  
И ПОСОБИЯ  
ПО ТЕХНИКЕ  
СЦЕНЫ**

*Под общей редакцией  
Н. П. Извекова и А. Г. Мовшенсона*

**IV**

...Н С Е У С С Т В О

Анатолий  
Айрапетян

**А. ВОЛЬКЕНШТЕЙН, А. СОКОЛОВ, И. БОЙЦОВ**

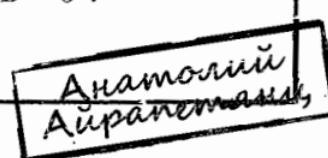
**В ПОМОЩЬ  
ТЕАТРАЛЬНОМУ  
ОСВЕТИТЕЛЮ**

*Справочная книга*

*Главным Управлением учебных заведений  
Комитета по делам искусств  
при СНК СССР  
допущено в качестве учебного пособия  
для театральных учебных заведений*

**1941**

*Государственное издательство  
„П К У С С Т В О“.  
Ленинград—Москва*



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый сборник содержит в себе три статьи по основным вопросам сценического освещения; при этом содержание каждой статьи включает только те вопросы, которые непосредственно связаны со сценической практикой; сведения по более общим вопросам читатель может почерпнуть в тех руководствах и пособиях, которые указаны в прилагаемой библиографии. Некоторое исключение в этом отношении сделано только для статьи „Светотехника“, так как этот раздел в специальном изложении для театральных осветителей появляется в нашей литературе впервые, в то же время потребность в ознакомлении с ним для широких кругов работников сцены становится все более и более необходимой.

В сборник не вошли также сведения о применении в театре люминисценции, так как эта тема по своей специфике требует самостоятельной работы и должна найти отражение в одном из последующих выпусков настоящей серии.

При составлении сборника и расположении материала имелось в виду, что сборник должен явиться не только справочной книгой для практиков сцены, но и кратким учебным пособием для начинающих работников; поэтому в каждой статье авторы стремились дать наряду со скжатыми характеристиками и определениями также и необходимую последовательность в изложении материала. Для тех же случаев, когда книга будет применяться исключительно как справочник, мы прилагаем подробный предметный указатель.

*Ленинградская Театральная лаборатория*

**Глава 1****ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ**

Источником света называется такое тело, прибор, аппарат, которые при некоторых условиях (в некотором состоянии) излучают свет, то есть такую часть лучистой энергии (световую энергию), которая вызывает световые и цветовые ощущения в глазу.

Световым потоком называется мощность световой энергии, то есть величина световой энергии, излучаемая источником света в единицу времени (1 сек.).

Сила света в данном направлении характеризует распространение светового потока от источника света. Такая характеристика необходима потому, что источники света излучают свет неодинаково (неравномерно) в разных направлениях. Под силой света понимается плотность светового потока, распространяющегося в пространственном (телесном) углу.

Понятие пространственного угла поясняется рисунком 1. Представим себе шар, радиусом  $R=1\text{ м}$ , в центре которого находится источник света  $S$ . Выделим внутри шара конус  $ASB$  такой, у которого вершина находится в центре (то есть совмещена с источником света  $S$ ), а площадь, вырезаемая конусом на поверхности шара, равна квадрату радиуса, то есть в данном случае  $1\text{ м}^2$ . Пространство, ограниченное таким конусом, считается ограниченным пространственным углом. В данном случае про-

пространственный угол равен единице пространственного угла—1 стерадиану. Пространственному углу соответствует некоторый плоский угол  $ASC$ , так как рассмотренный нами конус  $ASB$  образуется вращением треугольника  $ASC$  вокруг оси  $SCO$ .

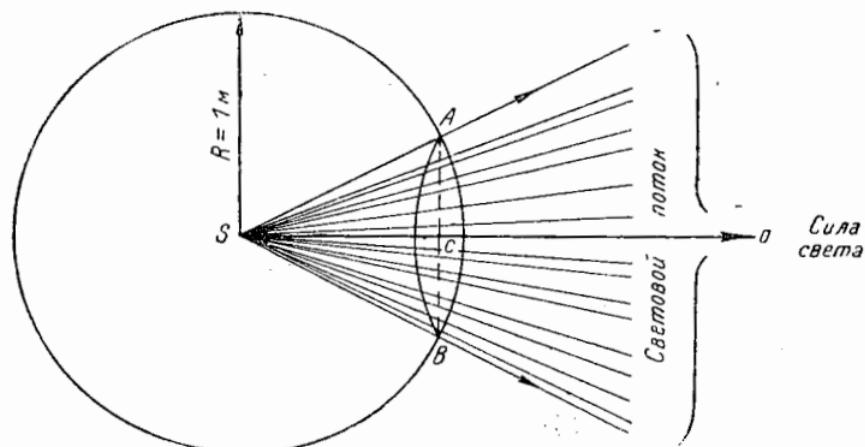


Рис. 1

Сила света  $I$  может быть определена по следующей формуле:

$$\text{Сила света} = \frac{\text{световой поток}}{\text{пространственный угол}},$$

или в буквенном обозначении:

$$I = \frac{F}{\omega} \quad [1]$$

где  $F$  — световой поток,  $\omega$  — пространственный угол.

Освещенность характеризует количественно световой поток, падающий на данную поверхность от одного или нескольких источников света. Освещенностью некоторой поверхности называется плотность падающего на нее светового потока.

Освещенность =  $\frac{\text{световой поток (падающий)}}{\text{площадь поверхности}}$ ,  
или в буквенном выражении:

$$E = \frac{F}{S}, \quad [2]$$

где  $E$  — освещенность,  $F$  — световой поток (падающий),  $S$  — площадь поверхности.

Светимость характеризует количественно световой поток, излучаемый данной поверхностью во всех направлениях. Светимостью некоторой поверхности называется плотность излучаемого ею светового потока.

Светимость =  $\frac{\text{световой поток (излучаемый)}}{\text{площадь поверхности}}$ ,  
или в буквенном выражении:

$$R = \frac{F}{S}, \quad [3]$$

где  $R$  — светимость,  $F$  — световой поток (излучаемый),  $S$  — площадь поверхности.

Яркость характеризует количественно световой поток, излучаемый данной поверхностью в определенном направлении. Яркостью некоторой поверхности называется плотность излучаемого ею в определенном направлении светового потока или плотность силы света по некоторой поверхности. Яркость в перпендикулярном к данной поверхности направлении равна:

Яркость =  $\frac{\text{сила света}}{\text{площадь поверхности}},$   
или в буквенном выражении:

$$B = \frac{I}{S} = \frac{F}{\omega S}, \quad [4]$$

где  $B$  — яркость,  $I$  — сила света,  $S$  — площадь поверхности,  $F$  — световой поток (излучаемый),  $\omega$  — пространственный угол.

Яркость не в перпендикулярном к поверхности, а в любом направлении равна:

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha}, \quad [5]$$

где  $\alpha$ —угол между перпендикуляром к поверхности и направлением, в котором определяется яркость.

## *Глава 2*

### **ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ СВЕТОВЫХ ВЕЛИЧИН**

**Люмен (лм)**—единица светового потока: световой поток группы электрических ламп накаливания, хранимых во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии.

**Международная свеча (м св или с)**—единица силы света: сила света точечного источника света, излучающего световой поток в 1 люмен внутри пространственного угла в 1 стерадиан.

**Фот ( $\phi$ )**—единица освещенности: освещенность поверхности в 1  $cm^2$ , на которую падает равномерно по ней распределенный световой поток в 1 люмен.

$$\text{Миллифот (мф)} = 0,001 \phi.$$

$$\text{Люкс (лк)} = 0,0001 \phi.$$

Единица освещенности люкс (обычно применяемая в практике) может быть охарактеризована также следующим образом: освещенность поверхности равна 1 лк тогда, когда ее освещает (в перпендикулярном к ней направлении) источник света с силой света в 1 с, находящийся от нее на расстоянии 1 м (см. Закон квадратов расстояний).

**Фот ( $\phi$ )**—единица светимости; светимость поверхности в 1  $cm^2$ , которая излучает равномерно по ней распределенный световой поток в 1 люмен.

Иногда единицу светимости называют радфотом ( $r\phi$ ), для того чтобы отличить ее от единицы освещенности.

Светимость может быть выражена также в люксах.

$$\text{Люкс} = 0,0001 \text{ ф} = 0,0001 \text{ рф}.$$

Стильб (*сб*) — единица яркости: яркость равномерно светящейся плоской поверхности в 1  $\text{см}^2$  в перпендикулярном к ней направлении, излучающей в том же направлении свет силой в 1 свечу.

$$\text{Миллистильб} (\text{мсб}) = 0,001 \text{ сб}.$$

Довольно часто яркость выражают не в стилях, а другой единицей яркости, называемой люкс на белом (*лк/бел*) или апостильб (*асб*). Яркостью в 1 *лк/бел* обладает абсолютно белая и идеально рассеивающая свет поверхность (см. Распределение отраженного света), освещенность которой равна 1 *лк*.

$$1 \text{ лк/б} = 0,0318 \text{ мсб}; 1 \text{ мсб} = 31,4 \text{ лк/б}.$$

### **Глава 3**

## **ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И СВЕТИЛЬНИКОВ**

Кривой распределения силы света называется графическое изображение распределения сил света источника света (см.<sup>1</sup>) или светильника (см.) в какой-либо плоскости, проходящей через источник света или светильник. Такие графики необходимы потому, что источники света и светильники излучают свет неодинаково в разных направлениях, то есть сила света различна в разных направлениях. Построением кривых светораспределения фиксируются эти различные силы света.

Продольной кривой распределения силы света называется кривая на графике, изображающая распределение сил света в плоскости, проходящей через ось источника света или светильника (рис. 2а).

Поперечной кривой распределения силы света называется кривая на графике, изображающая распределение сил света в плоскости, перпендикулярной оси источника света или светильника (рис. 2б).

Симметричным светораспределением источника света или светильника называется такое светораспределение, когда кривые распределения

---

<sup>1</sup> Здесь и дальше „см.“ в скобках означает, что делается ссылка на предшествующие одно-два слова, которые следует искать по алфавитному указателю.

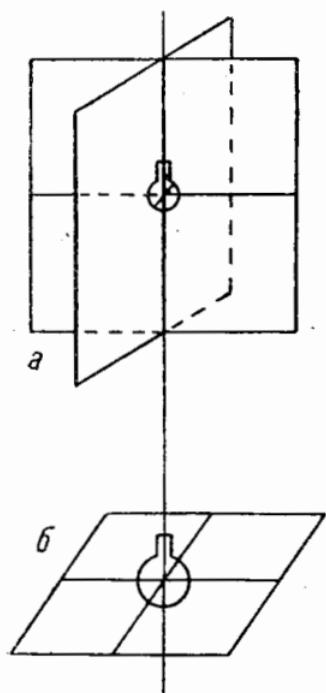


Рис. 2

сил света одинаковы для всех продольных плоскостей. В этом случае для полной характеристики источника света или светильника достаточно иметь кривую распределения сил света в одной любой продольной плоскости. При несимметричном светораспределении важно иметь кривые распределения сил света в нескольких характерных продольных плоскостях, а также и поперечную кривую распределения сил света.

Построение кривой распределения сил света сводится к следующему (рис. 3а). Из центра, изображающего источник света или светильник, проводятся лучи (прямые линии) через некоторые определенные углы, например, через  $10^\circ$ . Вертикаль-

но вниз направленный луч обозначается  $0^\circ$ , и от него слева направо (против часовой стрелки) отсчитываются углы. Нулевой луч — прямая — делится на несколько равных отрезков, начиная от центра. Каждое деление приравнивается некоторому значению силы света, например, отрезок 25 мм соответствует 50 с. Сила света в центре равна 0. Значения сил света отсчитываются от центра. Из центра через концы отрезков проводятся круги, которые, следовательно, делят каждый луч так же,

~~2015 разделены на 99~~

кривая показывает величину силы света под любым углом, то есть в любом направлении.

При симметричном светораспределении нередко изображают лишь половину графика рис. 3б. В этом случае обе половины графика, разделенные нулевым лучом, совершенно симметричны.

Пользование кривой распределения сил света. Если требуется знать силу света под некоторым углом, то на графике находится этот угол, и по масштабу определяется значение силы света. Например, сила света под  $0^\circ$  на рис. 3б равна 92 с, а под углом  $50^\circ$  сила света равна 85 с.

Большей частью, однако, нужно знать не силу света, а освещенность. В этом случае, если нет кривых распределения освещенностей (см.), можно подсчитать освещенность в некоторой точке А (рис. 4) по следующим формулам:

Горизонтальная освещенность  $E_g$  (в горизонтальной плоскости) равна:

$$E_g = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H^2}. \quad [6]$$

Вертикальная освещенность  $E_v$  (в вертикальной плоскости) равна:

$$E_v = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H^3} \cdot a = E_g \frac{\alpha}{H}. \quad [7]$$

В этих формулах:

$\alpha$  — угол, под которым направлен свет от источника света (светильника) в данную точку (угол между направлением света и вертикалью).

$I_\alpha$  — сила света под этим углом, определяемая по графику.

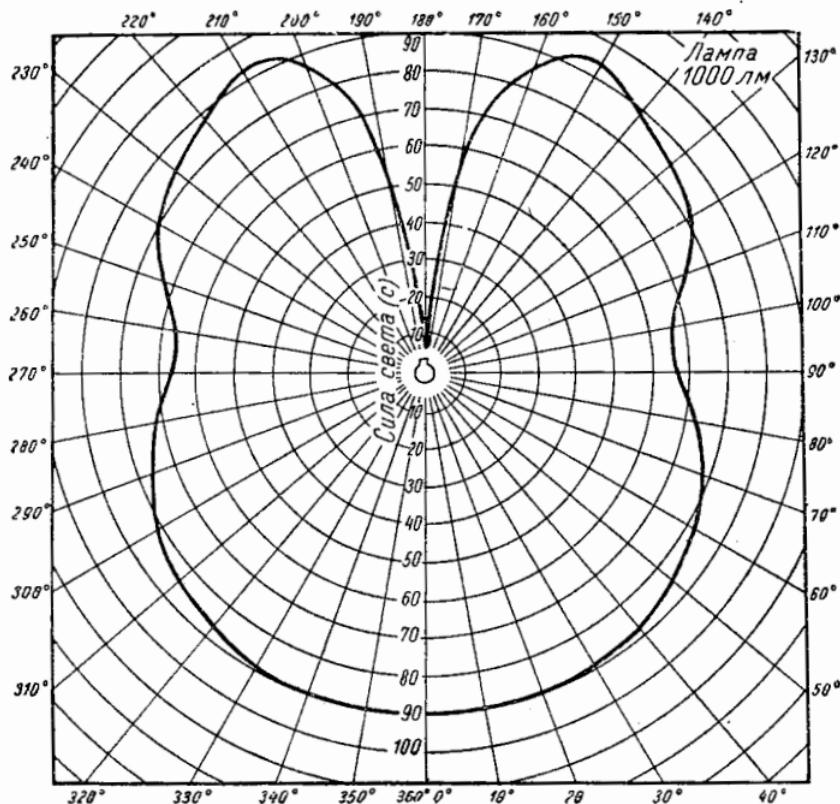


Рис. За

*H* — высота подвеса источника света (светильника) над горизонтальной плоскостью, на которой расположена точка *A*.

*a* — длина перпендикуляра, опущенного из проекции источника света (светильника) на вертикальную плоскость, на которой расположена точка *A* и в которой определяется вертикальная освещенность.

Так как определить угол  $\alpha$  обычно трудно, то можно найти  $\cos^3\alpha$ , зная  $\operatorname{tg}\alpha$ , который подсчитывается следующим образом:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{l}{H}, \quad [8]$$

где  $l$  — расстояние по горизонтали между точкой  $A$  и проекцией источника света (светильника) на горизонтальную плоскость, в которой находится точка  $A$ .

Подсчитав таким образом  $\operatorname{tg}\alpha$ , по таблицам находят соответствующее значение  $\cos\alpha$  или сразу  $\cos^3\alpha$ .

Закон квадратов расстояний читается так: освещенность в плоскости, перпендикулярной направлению силы света источника (светильника), равна силе света в данном направлении, деленной на квадрат расстояния между источником и точкой, где определяется освещенность:

$$E = \frac{I}{L^2}, \quad [9]$$

где  $E$  — освещенность,  $I$  — сила света в данном направлении,  $L$  — расстояние от источника света (све-

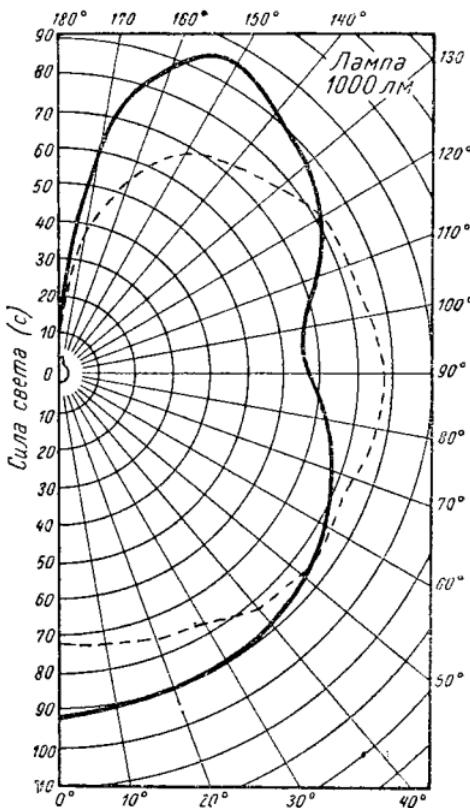


Рис. 3б

тильника) до точки, где определяется освещенность.

Если мы пользуемся для определения освещенности кривой распределения сил света, то горизонтальная освещенность  $E_\Gamma$  под  $0^\circ$  будет равна:

$$E_\Gamma = \frac{I_0}{H^2}, \quad [10]$$

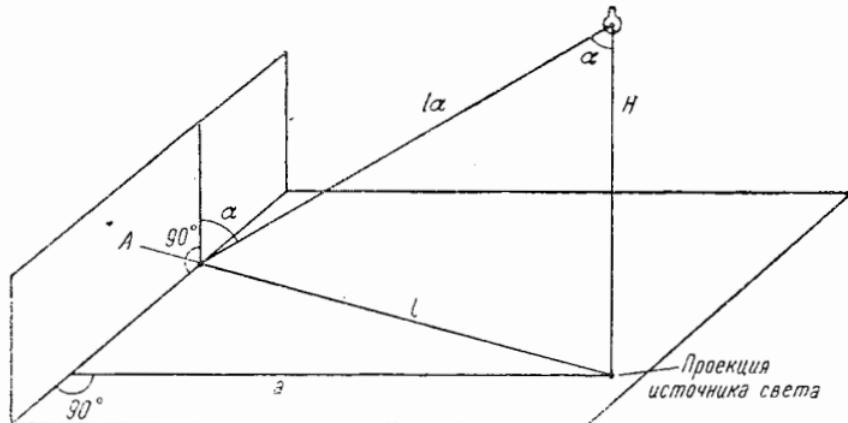


Рис. 4

где  $I_0$  — сила света под  $0^\circ$ ,  $H$  — высота подвеса источника света (светильника) над горизонтальной плоскостью, в которой определяется освещенность.

Например, если сила света источника (светильника) в данном направлении равна  $I_0 = 20 \text{ c}$ , а расстояние  $l = 1 \text{ м}$ , то освещенность в плоскости, перпендикулярной направлению силы света, равна:

$$E = \frac{20}{1^2} = 20 \text{ лк.}$$

Если же расстояние увеличить в два раза до  $L = 2 \text{ м}$ , то освещенность будет равна:

$$E = \frac{20}{2^2} = \frac{20}{4} = 5 \text{ лк,}$$

то есть в четыре раза меньше, чем в первом случае.

Кривые распределения сил света для прожекторов изображаются в несколько ином виде. Эти кривые обычно характеризуют распределение сил света по горизонтальной и вертикальной продольным плоскостям (рис. 5). Для прожекторов с симметричным светораспределением кривые распределения сил света во всех продольных плоскостях будут одинаковыми.

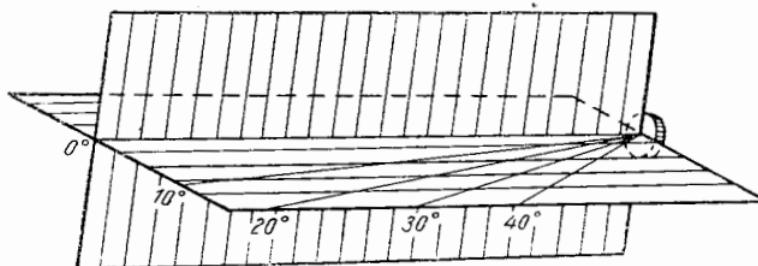


Рис. 5

Построение кривых распределения сил света для прожекторов сводится к следующему (рис. 6). На горизонтальной оси графика откладываются углы, образуемые лучами (прямыми линиями), выходящими из центра прожектора, и осью прожектора, обозначаемой  $0^\circ$  (сравни рис. 5). На вертикальной оси графика (рис. 6) откладываются значения сил света. Начерченная на графике кривая показывает величину силы света под различными углами к оси прожектора. На рис. 6 представлена кривая распределения сил света прожектора ПРФ завода Гостеасвет, с проекционной лампой 100С *вт* (22 200 лм). Например, по кривой 2 рис. 6 находим, .

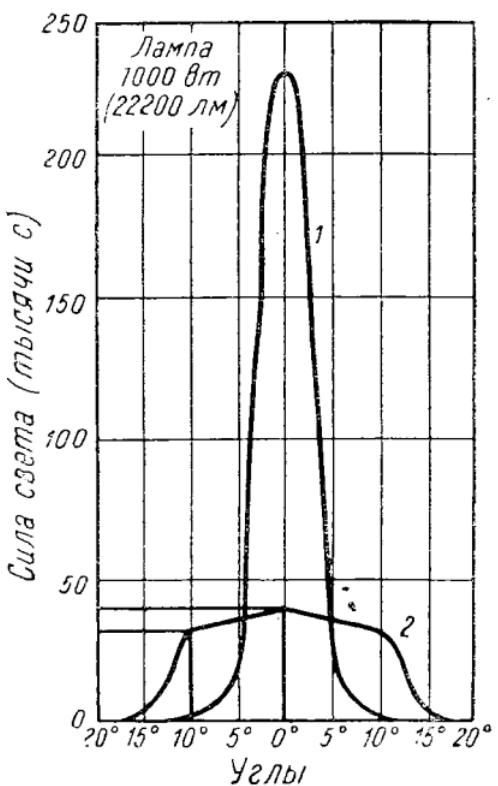


Рис. 6

мой (рис. 7). Люксберги могут быть построены как для горизонтальных, так и для вертикальных значений освещенности.

Построение люксбергов сводится к следующему: на графике (рис. 8) по горизонтальной оси отложены расстояния по прямой от проекции светильника на горизонтальную плоскость (точка  $O$ ). Сравни рис. 7). По вертикальной оси отложены в некотором масштабе величины освещенности. На-

что под  $0^\circ$  сила света равна примерно 40 000 с, а под углом  $10^\circ$ —примерно 30 000 с.

Люксбергом (кривой освещенности) называется графическое изображение распределения освещенностей вдоль некоторой горизонтальной прямой. Для характеристики светораспределения светильников прямые, вдоль которых изображается распределение освещенностей, проходят через проекцию светильника на горизонтальную плоскость (рис. 7). Каждый люксберг строится для определенной высоты подвеса  $H$  светильника на горизонтальной прямой

черченные на графике кривые показывают изменение горизонтальных освещенностей вдоль прямой при двух высотах подвеса светильника: кривая 1— для высоты подвеса 8 м, кривая 2— для высоты подвеса 10 м.

Рис. 8 изображает кривые освещенности (люксберги) сно-  
посвета СН завода Гостеасвет с лампой 1000 вт  
(19 000 лм). Для светильников с симметричным свето-  
распределением доста-  
точно иметь кривые освещенности (люкс-  
берги) только вдоль од-  
ной прямой, выходя-  
щей из точки проекции светильника на горизонтальную пло-  
скость. Люксбергии вдоль всех прямых, выходя-  
щих из этой точки, будут совпадать друг с другом.

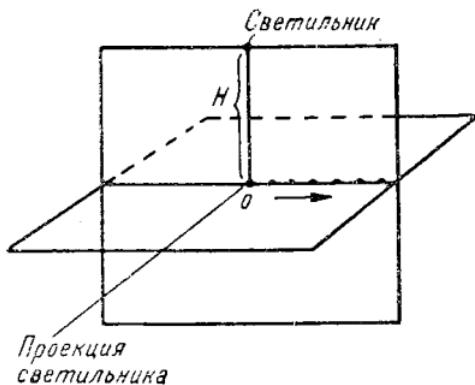
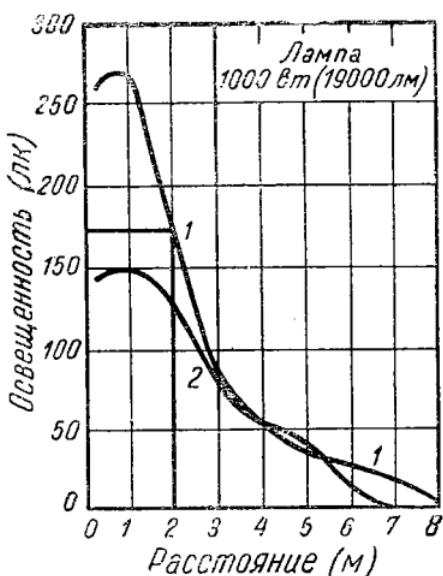


Рис. 7

Рис. 8  
2015 Digitized by ASA

Для характеристики светораспределения несимметричных светильников люксберги обычно не применяются. Люксберги могут характеризовать не

только светораспределение светильников, но также распределение освещенности по помещению, освещаемому одним или несколькими светильниками. Люксберги могут быть построены вдоль одной или нескольких прямых, проходящих через интересующие нас точки. Люксберги могут быть построены вдоль прямых, лежащих в плоскости пола или вдоль горизонтальных прямых на любой высоте от пола.

Например, можно построить люксберги вдоль прямых, проходящих посередине сцены как на уровне планшета, так и на высоте 1,5 м от планшета (см. рис. 13а, где построены люксберги вдоль прямой АБ, проходящей по сцене, как показано на рис. 13б).

Люксберги могут быть построены на основании расчетов или на основании непосредственных измерений освещенности (см.). В последнем случае освещенность измеряется люксметром (см.) вдоль прямой в точках, отстоящих друг от друга на расстоянии 1—2 м (см. рис. 13).

Пользование люксбергами. Для того чтобы определить по люксбергу освещенность от светильника в некоторой точке, нужно знать расстояние от этой точки до проекции светильника на горизонтальную плоскость и высоту подвеса светильника. Например, высота подвеса сполоскета СН равна 8 м, а расстояние от проекции светильника до точки, где определяется освещенность, равна 2 м. По графику рис. 8 находим, что освещенность в этом случае равна примерно 175 лк.

Графики с изолялюксами (кривыми одинаковых освещенностей) графически изображают распределение освещенности на плоскости (чаще всего на горизонтальной или вертикальной, см. рис. 9). Они строятся для некоторого расстояния  $L$  (на рис. 9— $L_1$  и  $L_2$ ) от светильника до плоскости.

Изолюксы могут быть построены как для горизонтальных, так и для вертикальных освещенности.

Построение изолюкс сводится к следующему. На графике (рис. 10, сравни рис. 9) изображена плоскость, характеризуемая распределением на ней освещенности. Центром графика является проекция светильника на данную плоскость. Нуле-

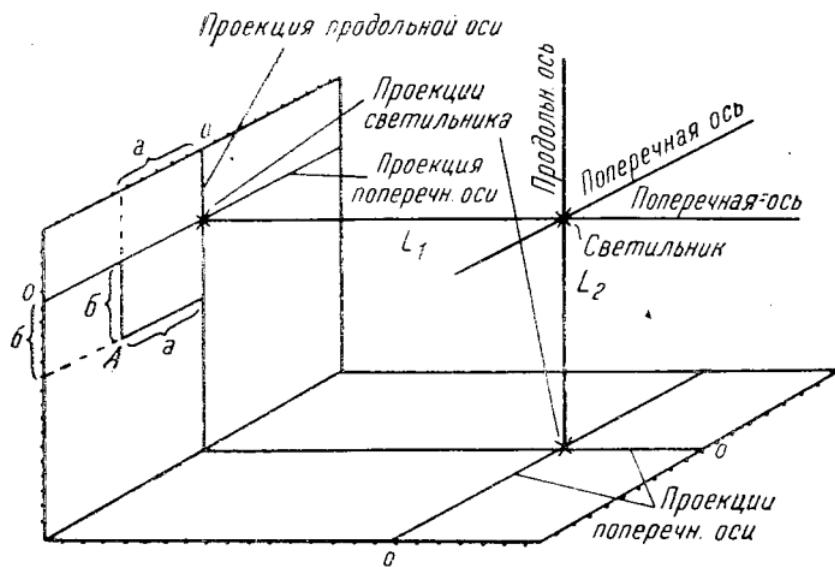


Рис. 9

вые линии графика—это проекции взаимно перпендикулярных поперечных осей светильника на данную плоскость (плоскость графика), если плоскость горизонтальная, или продольной и одной из поперечных осей, если плоскость вертикальная. Вертикальная и горизонтальная оси координат графика параллельны этим проекциям, и на них отложен масштаб расстояний. Отсчет расстояний ведется от нулевых линий.

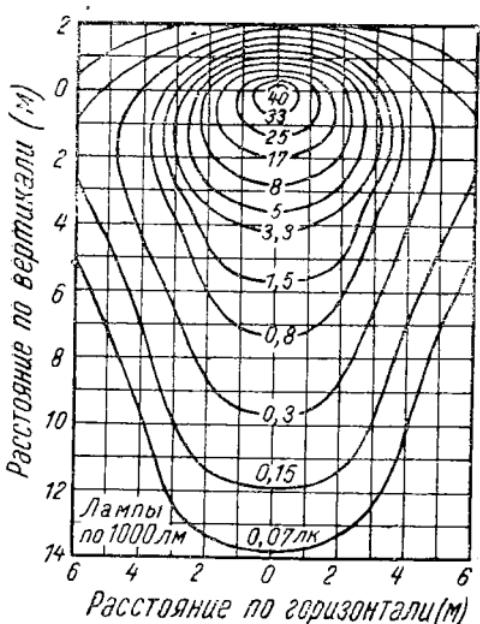


Рис. 10

На графике (рис. 10) нанесены замкнутые кривые — изолюксы. Каждая кривая соединяет между собой все точки на плоскости, имеющие одинаковую освещенность. На рис. 10 представлен график изолюкс для камерного софита КС-3 завода Гостеасвет с лампой 1000 лм в вертикальной плоскости на расстоянии 2 м от софита. Изолюксы на горизонтальных плоскостях, построенные для симметричных светильников, представляют собой концентрические круги с центром в точке проекции светильника на плоскость.

Пользование изолюксами. Для определения освещенности в некоторой точке на плоскости, которую изображает график, необходимо знать расстояния от точки до проекций на плоскости взаимно перпендикулярных осей светильника (на рис. 9 расстояния  $a$  и  $b$  от точки  $A$ ).

Например, определим освещенность по рис. 10 в некоторой точке, находящейся на расстоянии 4 м от проекции поперечной оси камерного софита (по вертикали вниз) и на расстоянии 1 м от проекции его продольной оси (по горизонтали влево). Освещенность в этой точке будет равна 3,3 лк.

Пересчет сил света и освещенности при переходе от ламп одной мощности к лампам другой мощности. На рис. 8 представлен график с люксбержом спнопосвета с лампой 1000 вт (19 000 лм). Выше мы подсчитали освещенность в некоторой точке. Эта освещенность равна 175 лк. Установим в спнопосвете лампу другой мощности, например, 500 вт (8725 лм). Тогда освещенность в той же точке при лампе 500 вт будет во столько раз меньше, чем при лампе 1000 вт, во сколько раз световой поток лампы 500 вт меньше светового потока лампы 1000 вт (см. таблицу 7), то есть:

$$E_2 = E_1 \frac{F_2}{F_1}, \quad [11]$$

где:  $E_1$ —освещенность при лампе со световым потоком  $F_1$ ;  $E_2$ —освещенность (неизвестная) при лампе со световым потоком  $F_2$ .

Для нашего случая  $E_{1000} = 175$  лк,  $F_{1000} = 19\,000$  лм,  $F_{500} = 8725$  лм, следовательно, освещенность при лампе 500 вт будет равна:

$$E_{500} = 175 \cdot \frac{8725}{19\,000} = 175 \cdot 0,46 \cong 80 \text{ лк.}$$

Точно так же может быть подсчитана сила света при пользовании кривыми распределения сил света:

$$I_2 = I_1 \frac{F_2}{F_1}. \quad [12]$$

Очень часто кривые распределения сил света и освещенности строятся для условной лампы со световым потоком  $F = 1000$  лм. Тогда пересчет упрощается:

$$E_2 = E_1 \frac{F_2}{1000} \text{ и } I_2 = I_1 \frac{F_2}{1000}. \quad [13]$$

Так, например, построена кривая распределения сил света лампы на рис. 3. Под углом  $50^\circ$  сила света по этому рисунку равна  $I_{50} = 85 \text{ c}$ , для условной лампы со световым потоком  $F = 1000 \text{ лм}$ . Определим силу света в этом же направлении для лампы мощностью  $60 \text{ вт}$ , у которой световой поток равен  $F' = 645 \text{ лм}$ :

$$I'_{50} = 85 \frac{645}{1000} = 85 \cdot 0,645 = 54,8 \text{ c}.$$

## Глава 4

### СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛ

Непрозрачным телом называется такое тело, которое падающий на него световой поток полностью поглощает, полностью отражает, но через себя не пропускает.

Просвечивающим телом называется такое тело, которое падающий на него световой поток полностью поглощает, полностью отражает и полностью пропускает.

Коэффициентом поглощения ( $\alpha$ ) называется отношение поглощенного телом светового потока ( $F_\alpha$ ) к падающему на тело световому потоку ( $F$ ):

$$\alpha = \frac{F_\alpha}{F}. \quad [14]$$

Коэффициентом отражения ( $\rho$ —„ро“) называется отношение отраженного телом светового потока ( $F_\rho$ ) к падающему на тело световому потоку ( $F$ ):

$$\rho = \frac{F_\rho}{F}. \quad [15]$$

Коэффициентом пропускания ( $\tau$ —„тай“) называется отношение прошедшего через тело светового потока ( $F_\tau$ ) к падающему на тело световому потоку ( $F$ ):

$$\tau = \frac{F_\tau}{F}. \quad [16]$$

Сумма коэффициентов поглощения, отражения и пропускания равна единице:

$$\alpha + \rho + \tau = 1. \quad [17]$$

Для просвечивающих тел все три коэффициента не равны нулю, а для непрозрачных тел коэффициент пропускания равен нулю ( $\tau = 0$ ) и, следовательно:

$$\alpha + \rho = 1. \quad [17]$$

Если коэффициент отражения велик, а коэффициент поглощения мал, то мы имеем дело со светлыми поверхностями. Если же коэффициент отражения мал, а коэффициент поглощения велик, то—с темными поверхностями. Так, например, белая бумага имеет коэффициент отражения 0,8 (80% падающего светового потока отражается), а черное сукно—0,02 (2% светового потока отражается).

Таблица 1

Наименование материалов	Коэффициент отражения	Наименование материалов	Коэффициент отражения
Белый шелк . . .	0,3—0,4	Жженая сиена . . .	0,12
Белое полотно . . .	0,76	Сиена . . .	0,36
Черный вельвет . . .	0,005	Золотистая охра . .	0,62
Черное сукно . . .	0,02	Жженая охра . . .	0,53
Белая бумага . . .	0,8	Хром желтый светлый . . .	0,81
Белая краска . . .	0,8	Хром зеленый светлый . . .	0,18
Средняя серая краска	0,5	Хром зеленый средний . . .	0,13
Темная серая краска	0,1	Ультрамарин синий	0,06
Черная краска . .	0,04	Натуральное коричневое дерево . .	0,15—0,25
Отделка деревом .	0,4—0,5	Темная кожа . . .	0,27—0,40
Светлое дерево, покрытое лаком .	0,35—0,40	Латунь полированная . . .	0,74
Мрамор полированный . . . . .	0,3—0,7	Медь полированная	0,64
Латунь матовая . .	0,3	Алюминий . . . .	0,6
Медь матовая . .	0,25		
Американская пушковая . . . . .	0,17		

Коэффициенты отражения некоторых материалов. В таблице 1 приведены средние коэффициенты отражения некоторых материалов.

Распределение отраженного света может быть различным и зависит от строения отражающей поверхности.

Различают три группы отражающих поверхностей: 1) зеркальные, 2) матовые или идеально рассеивающие, 3) смешанного отражения. Соответственно характеризуется и распределение отраженного света.

На рис. 11 слева нарисованы схемы трех случаев распределения отраженного света, а на том же рисунке справа приведены соответствующие схемам фотографии отражения света некоторыми поверхностями. Рис. 11а показывает зеркальное отражение света; рис. 11б — идеально рассеянное отражение света; рис. 11в и 11г — смешанное отражение света.

Между рис. 11в и г имеется существенное отличие. В одном случае (рис. 11в) свет рассеивается отражающей поверхностью, но не равномерно во все стороны, как идеально рассеивающей поверхностью (рис. 11а), а преимущественно в одном направлении. В другом случае (рис. 11г) свет частью рассеивается, частью зеркально отражается поверхностью (эта часть света называется зеркальной составляющей). Примером поверхности первого типа может служить поверхность матового алюминия (рис. 11в, фото), примером поверхности второго типа может служить эмалированная поверхность (рис. 11г, фото). Примером матовой поверхности является пропускная бумага (рис. 11б фото), примером зеркальной поверхности является стеклянное зеркало (рис. 11 а, фото).

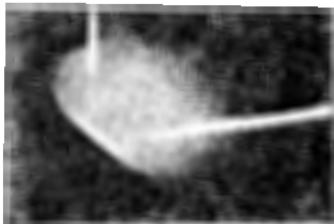
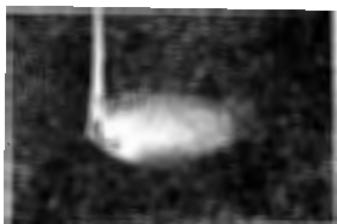
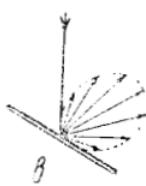
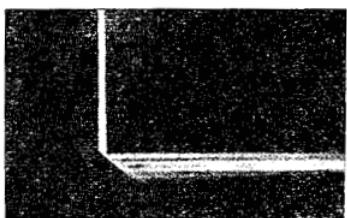
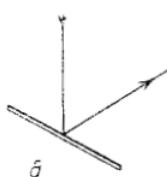


Рис. 11

Фактически идеально рассеивающих и зеркальных поверхностей не существует (это видно и из фотографий рис. 11); однако такими практически могут считаться многие поверхности. Многие материи, бумагу можно причислить к рассеивающим; так же, как стеклянные зеркала, тщательно полированные металлы можно считать идеально зеркальными поверхностями. Такие же материи, как атлас, шелк, сатин, поверхности, покрытые масляной краской, являются поверхностями смешанного отражения.

Следует отметить, что характер распределения отраженного света в значительной мере зависит от направления падающего света, от угла падения света на отражающую поверхность. При одном направлении света зеркальная составляющая может быть весьма велика, при другом направлении — мала.

Распределение отраженного света зависит также и от характера падающего света. Если свет имеет резко выраженное направление, как, например, у прожекторов, то зеркальная составляющая при отражении света от соответствующих поверхностей обычно будет более значительной, чем при освещении этих поверхностей светом, не имеющим резко выраженного направления, как, например, у софитов, рампы (см. Система освещения сцены).

Характер распределения отраженного света имеет существенное значение для восприятия наблюдателем освещаемой поверхности. При этом, конечно, восприятие наблюдателя зависит во многих случаях от взаимоположения глаз наблюдателя и рассматриваемой поверхности. Это взаимоположение не играет почти никакой роли, если рассматриваемая поверхность близка к рассеивающей. С какой бы стороны ни посмотреть на эту поверхность,

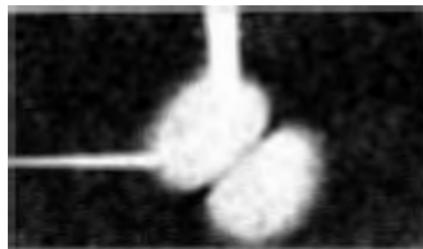
она будет казаться одинаково светлой, равномерно освещенной. Если же мы имеем дело с другими поверхностями, то дело обстоит совершенно иначе. Особенно резким примером тому является зеркальная поверхность. Если на зеркальную поверхность направить пучок света, как на рис. 11, а, то наблюдатель будет видеть ее светлой только в том случае, если он поместит глаз в пучке отраженного света (см. „Плоское зеркало“). Во всех других положениях глаза наблюдатель увидит зеркальную поверхность темной. Если наблюдатель рассматривает поверхность смешанного отражения, то в зависимости от взаимоположения глаза наблюдателя и поверхности последняя будет представляться глазу то более светлой, то более темной, то блестящей, то матовой. Так, шелковое платье актрисы, проходящей по сцене, воспринимается зрителем как будто „переливающимся“, вследствие того, что изменяются направление падающего на платье света, а также угол зрения следящего за актрисой зрителя.

Указанное обстоятельство имеет очень важное значение для создания на сцене разнообразных световых эффектов.

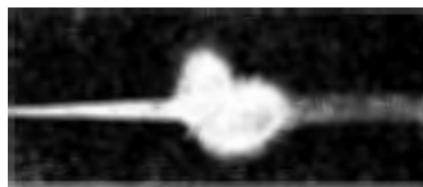
Следует отметить и еще один момент. Восприятие наблюдателем той или иной освещенной поверхности зависит не только от освещенности на этой поверхности, но и от отражательной ее способности. Понятно, что темная и светлая поверхности так и будут казаться темной и светлой, если их освещенность одинакова. Следовательно, на основании понятия об ограждающей способности поверхностей и о распределении отраженного света становится понятным значение понятий о светимости и яркости как о величинах, характеризующих излучение света. Наблюдатель воспринимает не падающий на тело свет, а отраженный от него, то есть

излучаемый телом. Поэтому, хотя знание освещенности поверхности совершенно необходимо, но часто бывает необходимым знать также светимость или яркость рассматриваемой поверхности.

Распределение света пропускающими телами также различно и зависит от структуры тела. Просвечивающие свет тела могут быть разбиты на три группы: 1) прозрачные, 2) рассеивающие и 3) смешанного пропускания. На рис. 12 приведены фотографии рассеивания света стеклами. Рис. 12а—пример полного рассеивания света молочным стеклом, рис. 12б, в, г—примеры смешанного пропускания опаловым и двумя сортами матированного стекла.



а



б



в



г

Рис. 12

## **Глава 5**

### **СВЕТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Цель световых измерений (фотометрии) состоит в измерении основных световых величин: освещенности, светимости, яркости, светового потока, силы света, коэффициентов отражения, пропускания и поглощения и пр. При выполнении световых измерений световые величины определяются в принятых единицах измерения.

В практике сценического освещения световые измерения до сих пор почти не применялись. Между тем они могли бы сыграть значительную роль в улучшении и упорядочении сценического освещения. Наиболее существенными при этом являются измерения освещенности. В некоторых случаях может быть необходимым измерение светимости, а также коэффициентов отражения.

При осуществлении той или иной сценической постановки важное значение имеет распределение освещенностей по сцене или на отдельных ее участках. Установление необходимых освещенностей может происходить путем тех или иных художественных и технических соображений или на основе предыдущего опыта. В последнем случае работа значительно может быть облегчена, если „предыдущий опыт“ будет записан в виде значений освещенности.

Для того чтобы записать распределение освещенностей по сцене, нужно построить кривые распределения освещенности вдоль некоторых наибо-

лее характерных для данной постановки направлений на сцене; например, по продольному разрезу и нескольким поперечным.

На рис. 13а представлена кривая распределения освещенности (люксберг, см.) по продольному разрезу сценической площадки (вдоль АБ на рис. 13б).

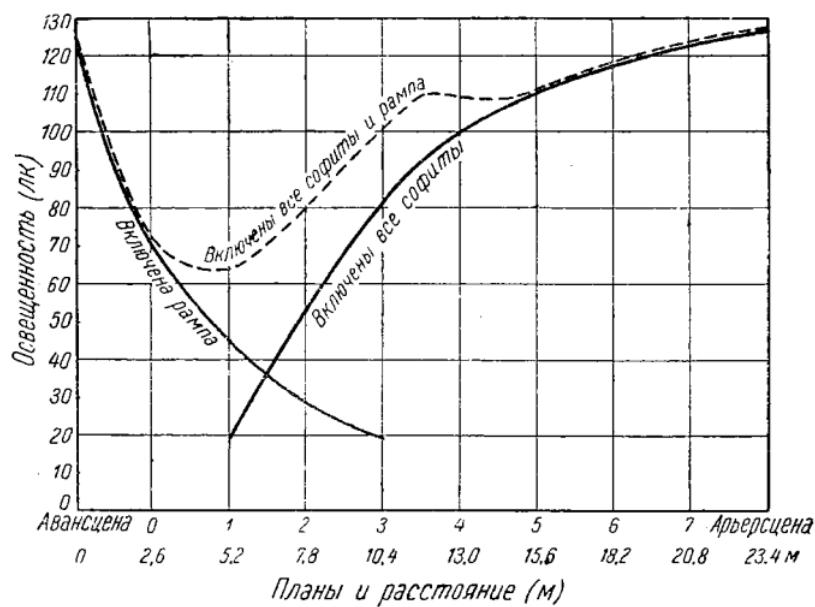


Рис. 13а

По горизонтальной оси отложены последовательно планы, находящиеся друг от друга на расстоянии 2,6 м (см. рис. 13б). По вертикальной оси отложены освещенности. Измерение освещенности произведено на каждом плане, то есть через каждые 2,6 м, в вертикальной плоскости, обращенной к зрительному залу и перпендикулярной продольной оси сцены,

на высоте 1,7 м от планшета (на высоте человеческого роста).

Помимо построения кривых распределения освещенности, целесообразно измерить освещенность

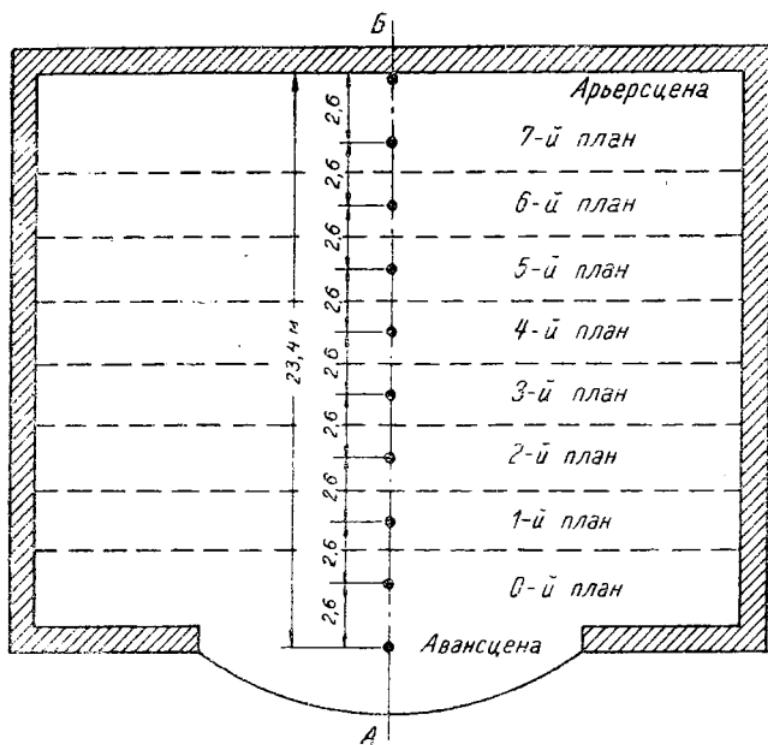


Рис. 136

в некоторых отдельных точках на сцене, не вошедших в кривые освещенности. Полученные значения удобно записать на плане или разрезе сцены в месте, где выполнено измерение.

Люксметрами называются приборы, предназначенные для измерения освещенности. Люксметры

могут быть „визуальными“ или „объективными“ в зависимости от принципа, на котором они основаны.

Визуальные люксметры основаны на способности нашего глаза очень точно уравнивать между собой яркости соседних полей. Таким образом, при работе с визуальными люксметрами глаз наблюдателя является необходимым участником измерений, как бы неотъемлемой частью прибора.

В Советском Союзе наиболее распространенным является визуальный люксметр системы ГОИ. Схема этого прибора представлена на рис. 14а, а общий вид—на рис. 14б. В ящике, в одном из его отделений, укреплена лампа сравнения  $L$ . Свет от этой лампы падает на белый фарфоровый экран  $\mathcal{E}$ . Изображение экрана образуется стеклянным зеркалом  $Z_1$  (см. Плоское зеркало) и далее зеркалом  $Z_2$ . Наблюдатель смотрит в визирную трубку  $Tr$  и видит изображение экрана  $\mathcal{E}$  в зеркале  $Z_2$ . Нижняя часть зеркала  $Z_2$  очищена от серебра и, таким образом, является прозрачной. Эта часть зеркала  $Z_2$  находится против отверстия в ящике  $O_1$ . Снаружи ящика, также против отверстия  $O_1$ , укреплена на подвижной планке белая испытательная пластина  $I.P.$  Глаз наблюдателя, таким образом, рядом с изображением экрана  $\mathcal{E}$  видит белую испытательную пластину  $I.P.$  Видимое глазом поле имеет вид круга, разделенного пополам, одна половина которого является изображением экрана  $\mathcal{E}$ , а вторая—частью испытательной пластины (рис. 15а). Испытательная пластина  $I.P.$ , освещаемая какими-либо наружными источниками света, обладает некоторой неизвестной яркостью. Следовательно, одна половина видимого поля имеет некоторую неизвестную неизменяющуюся яркость.

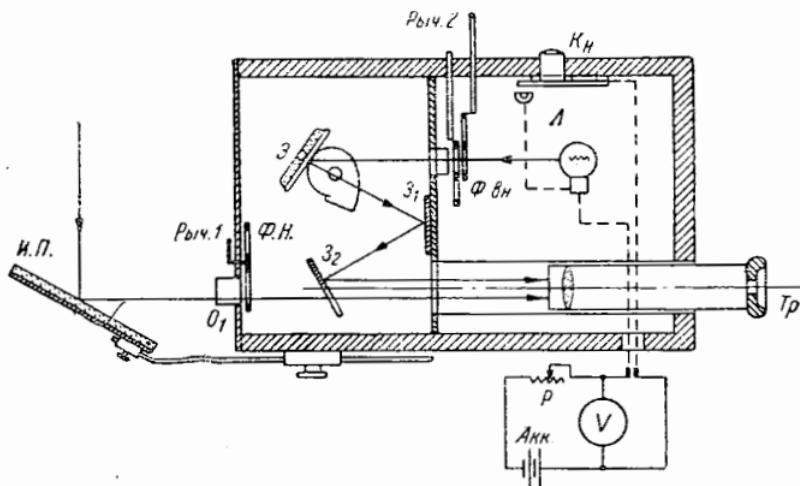


Рис. 14а

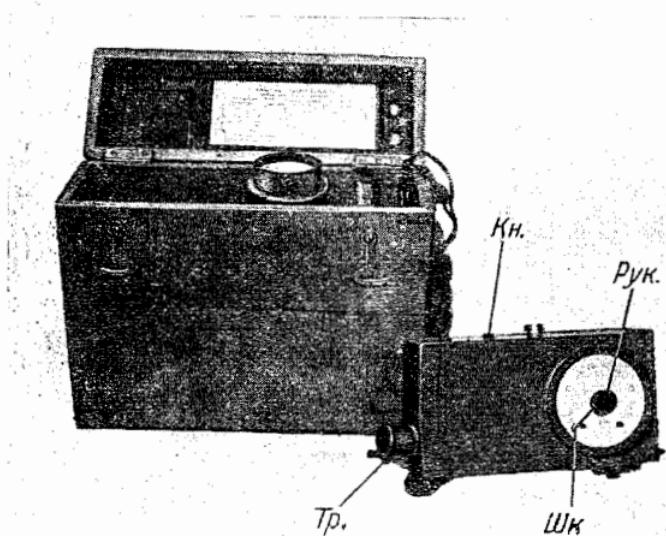


Рис. 14б

Экран Э вращается специальной рукояткой—Рук. (рис. 14б). При этом угол между экраном и направлением падающего на него от лампы *L* света изменяется, поэтому изменяется освещенность, а, следовательно,—и яркость экрана и его изображения в зеркалах, то есть яркость второй половины видимого поля. Люксметр заранее проградуирован, то есть определена яркость видимой в визирную

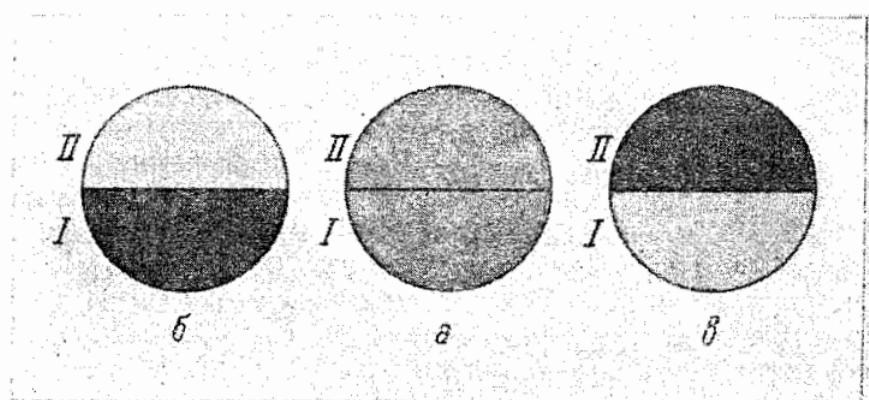


Рис. 15

трубку второй половины поля при всевозможных положениях экрана. Наблюдатель видит поле в трех положениях (рис. 15): 1) поле *I* темнее поля *II*; 2) поле *I* светлее поля *II*; 3) яркости полей равны. Вращая экран, наблюдатель должен достичь того, чтобы поле *I* не было ни светлее, ни темнее поля *II*. Изменение считается выполненным тогда, когда наблюдатель видит поле равной яркости, то есть как показано на рис. 15а, а не как на рис. 15б и 15в.

Когда равенство яркостей установлено, берется отсчет по шкале *Шк* (рис. 14б), помещенной сбоку прибора, по которой перемещается указатель, со-

единенный с рукояткой, вращающей экран Э. Получив отсчет, по паспорту, приложенному к люксметру, определяют соответствующую этому отсчету освещенность.

Могут быть случаи, когда равенство яркости обеих половин видимого в визирную трубку поля не может быть достигнуто ни при каком положении экрана Э. Если при этом яркость испытательной пластины остается больше яркости второй половины поля—изображения экрана Э, то следует ввести один из наружных фильтров Ф. Н., при котором равенство яркостей может быть достигнуто. Фильтры Ф. Н. вводятся вращением рычага—Рыч. 1. Рычаг может занимать четыре положения, против которых имеются обозначения:  $\times 1$ ,  $\times 10$ ,  $\times 100$ ,  $\times 1000$ . Эти надписи обозначают, что если рычаг установлен против одной из них, то полученный отсчет в люксах нужно умножить на указанную величину. Обычно, однако, умножать приходится не на эти величины, а на другие, указанные в паспорте.

Если яркость пластины остается меньше яркости второй половины поля, то следует ввести один из внутренних фильтров Ф. Вн., путем вытягивания кверху рычагов—Рыч. 2. При этом нужно отсчеты в люксах умножать на значения, указанные в паспорте. Один из двух внутренних фильтров—голубой. Он предназначен для измерения освещенности в дневных условиях, так как без него видимые в визирную трубку поля получаются разноцветными (желтое и голубое), а яркости разноцветных полей трудно уравнять.

Лампа Л люксметра питается от аккумуляторной батареи (щелочной), установленной в ящике люксметра. Схема соединений электрической цепи показана на рис. 14а.

Для того чтобы замкнуть цепь и тем самым включить лампу  $L$ , нужно нажать кнопку  $K_n$  (понятно, что во время измерений кнопка должна быть нажата). Реостатом  $P$  устанавливается по вольтметру напряжение, указанное в паспорте люксметра. В течение измерений напряжение должно поддерживаться неизменным.

Градуировка люксметра, указанная в паспорте, может считаться правильной в течение  $1/2$ —1 года со дня градуировки, также указанного в паспорте. По истечении этого срока люксметр следует передать для повторной градуировки.

**Измерение освещенности.** Испытательная пластина устанавливается в той точке и в той плоскости, в которых определяется освещенность. Люксметр наводится на испытательную пластину, и берется отсчет по шкале  $N$ . Далее производится пересчет путем умножения  $N$  на некоторую величину  $a$ , согласно указаниям паспорта. Тогда освещенность  $E$  будет равна:

$$E = N \times a \text{ (лк).} \quad [18]$$

Если введен один из фильтров (наружных или внутренних), коэффициент которого по паспорту равен  $K_1$ , то освещенность  $E$  будет равна:

$$E = N \times a \times K_1 \text{ (лк).} \quad [18^1]$$

**Измерение коэффициентов отражения, светимости, яркости (см.).** Коэффициент отражения может быть приблизительно измерен люксметром для поверхностей, близких к рассеивающим.

Если известен коэффициент яркости  $r_0$  испытательной пластины люксметра (указывается в паспорте), то измерения выполняются следующим образом. Люксметр наводится непосредственно на поверхность, коэффициент отражения которой изме-

ряется, и берется отсчет, пересчитываемый, как и при измерении освещенности по паспорту,— $E$ . Далее в то же самое положение, что и измеряемая поверхность, устанавливается испытательная пластина, причем условия освещения должны оставаться неизменными. Люксметр наводится на испытательную пластину, и берется отсчет (также пересчитанный по паспорту).  $E_0$ . Коэффициент отражения  $\rho$  испытуемой поверхности подсчитывается по формуле:

$$\rho = r_0 \frac{E}{E_0}. \quad [19]$$

Если коэффициент яркости испытательной пластины  $r_0$  в паспорте не указан, то его можно принять приблизительно равным 0,95, при условии, что испытательная пластина изготовлена из сернокислого бария. В том случае, когда испытательная пластина изготовлена из неизвестного материала, для грубого подсчета коэффициента отражения можно вместо испытательной пластины взять предмет, коэффициент отражения которого  $\rho_0$  известен. Например, можно взять чистую ватманскую бумагу, коэффициент отражения которой приблизительно равен  $\rho_0 = 0,8$ . Тогда при измерении коэффициента отражения второй отсчет  $E_0$  берется при наведении люксметра на предмет с известным коэффициентом отражения и помещенным на место измеряемой поверхности. Коэффициент отражения в этом случае подсчитывается по формуле:

$$\rho = \rho_0 \frac{E}{E_0}. \quad [20]$$

Светимость может быть приблизительно измерена люксметром также для поверхностей, близких к рассеивающим.

Если известен коэффициент яркости испытательной пластины  $r_0$ , то люксметр наводится на ту поверхность, светимость которой определяется, и берется (с пересчетом по паспорту) отсчет  $E$ .

Светимость поверхности  $R$  подсчитывается по формуле:

$$R = r_0 E. \quad [21]$$

Полученное значение светимости будет выражено в лк.

Если коэффициент яркости испытательной пластины неизвестен, но известен коэффициент отражения  $\rho$  поверхности, светимость которой определяется, то для определения светимости нужно измерить обычным способом освещенность  $E$  этой поверхности и подсчитать светимость по формуле:

$$R = E\rho. \quad [21^1]$$

Полученное значение светимости будет выражено в лк.

Для того чтобы измерить яркость поверхности в данном направлении, наводят люксметр на эту поверхность в нужном направлении и берут (с пересчетом по паспорту) отсчет  $E$ . Зная коэффициент яркости испытательной пластины  $r_0$  люксметра, яркость поверхности  $B$  определим по формуле:

$$B = r_0 \frac{E}{31,4}. \quad [22]$$

Полученное значение яркости будет выражено в мсб (см. миллистильб).

Для того, чтобы определить яркость в лк/бел (см. люкс на белом), следует пользоваться следующей формулой:

$$B = r_0 E. \quad [22^1]$$

Объективные люксметры состоят из двух основных частей: фотоэлемента и гальванометра. Фотоэлемент соединен электрически с гальванометром. Фотоэлемент является таким особым прибором, который обладает свойством под действием света возбуждать на своих полюсах электродвижущую силу. Так как фотоэлемент и гальванометр соединены в замкнутую электрическую цепь, то в этой цепи пойдет электрический ток, который отклонит стрелку гальванометра. Сила тока в этой цепи, а, следовательно, и угол отклонения стрелки гальванометра, пропорциональны освещенности на поверхности фотоэлемента. Таким образом, если заранее проградуировать объективный люксметр, то есть определить отклонения стрелки гальванометра (показания гальванометра) при разных освещенностях на фотоэлементе, то впоследствии по показанию гальванометра можно будет определять неизвестную освещенность на поверхности фотоэлемента.

Объективные люксметры для таких технических измерений, как в сценической практике, несравненно удобнее визуальных люксметров. Для измерения объективными люксметрами не требуется специальных навыков: измерения может проводить любой человек, умеющий обращаться с приборами и отсчитывать показания гальванометра. Техника измерений объективными люксметрами несравненно более простая, нежели визуальными. Конструктивно объективные люксметры удобнее и проще визуальных.

На рис. 16 представлен люксметр ЛИОТ образца 1940 года (конструкции инж. В. А. Зеленкова). Фотоэлемент представляет собой круглую пластинку, укрепленную в эbonитовой оправе с ручкой. При помощи гибкого шнура фотоэлемент может быть

соединен с гальванометром, для чего шнур оканчивается вилкой. Гальванометр помещен в деревянный ящик. На верхней панели (рис. 16) видна шкала гальванометра. На этой же панели имеются гнезда, куда должна быть вставлена вилка гальванометра при выполнении измерений.

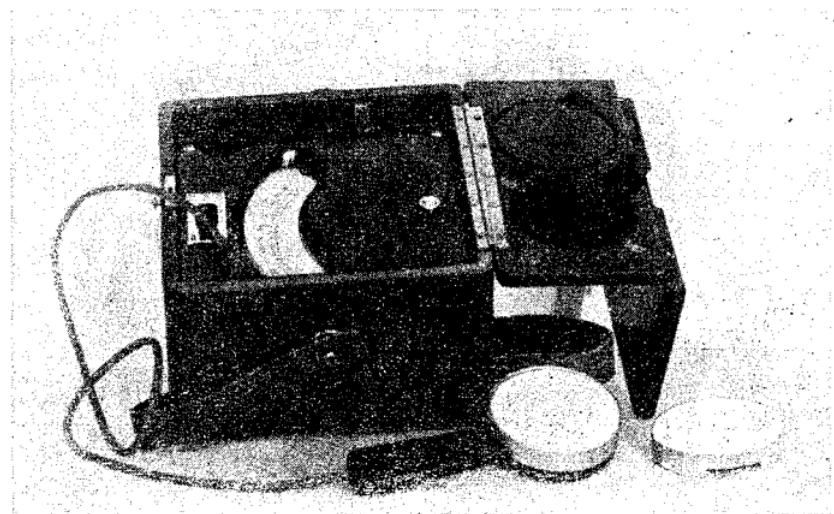


Рис. 16

В передней части панели имеется переключатель, включающий или выключающий шунт гальванометра. С одной стороны переключателя на пластинке выгравирована надпись X 1, с другой стороны—X 5. Это означает, что, в зависимости от положения переключателя (поворнут направо или налево), показания гальванометра должны быть умножены на один из этих коэффициентов (или исправленных в паспорте прибора). К прибору прилагаются два молочных фильтра, которые могут

быть надеты на оправу фотоэлемента. На каждом из этих фильтров также имеются надписи: на одном —  $\times 10$ , на втором —  $\times 60$ . Когда измерения производятся с фотоэлементом, прикрытым одним из этих фильтров, то показания гальванометра должны быть умножены на один из этих коэффициентов (исправленный по паспорту).

Если измерения производятся с переключателем на положении  $\times 1$  и фотоэлемент не прикрыт фильтром, то предел измерений освещенности ограничивается 100 лк. Изменяя положение переключателя на  $\times 5$ : предел измерений расширяется до 500 лк. Надеваем на фотоэлемент фильтр с надписью  $\times 10$ : предел измерений расширяется до 5000 лк. Сменяя первый фильтр на второй с надписью  $\times 60$ : предел измерений расширяется до 30 000 лк. Наименьшая освещенность, которая может быть измерена (приблизительно), равна 0,5 лк. Таким образом, объективный люксметр позволяет измерять освещенности в пределах от 0,5 лк до 30 000 лк.

Прежде чем начать измерения, следует проверить положение стрелки гальванометра: при отключенном от гальванометра фотоэлементе и при горизонтальном положении гальванометра стрелка должна быть на нуле. Если стрелка не стоит на нуле, то ее нужно поставить вращением корректорного винта, головка которого выведена на панель.

После окончания измерений фотоэлемент с надетым на него одним из фильтров укладывается в специальное ложе в крышке ящика. В соседнее ложе укладывается второй фильтр. Вилка гальванометра вынимается из рабочих гнезд на панели и вставляется в холостые гнезда на стенке ящика. Переключатель переводится в среднее положение против надписи:  $\times$  выкл. Этим самым гальванометр

арретируется: при переноске и тряске стрелка гальванометра не перемещается по шкале, как это было бы при неарретированном гальванометре.

Так же, как и визуальные приборы, объективные люксметры следует раз в  $\frac{1}{2}$ —1 год отдавать на градуировку.

## **Глава 6**

### **НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОПТИКИ**

Распространение световых лучей в однородной среде (например, только в воздухе, только в стекле) происходит по прямым линиям.

#### **Отражение света**

Законы правильного (зеркального) отражения: 1) луч падающий, перпендикуляр к отражающей поверхности, восстановленный в точке падения, и луч отраженный находятся в одной плоскости (рис. 17);

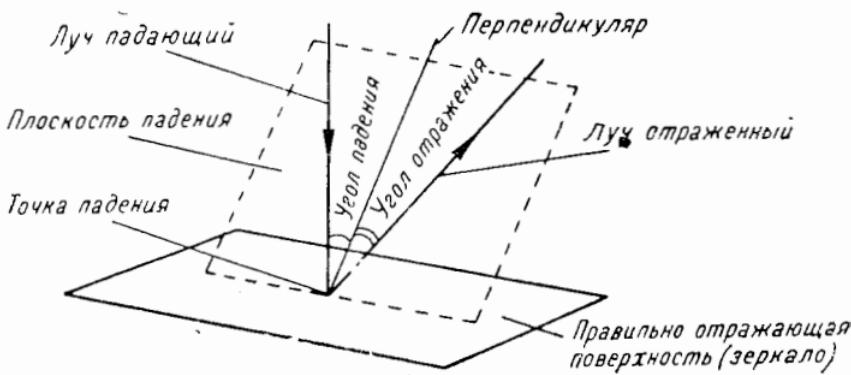


Рис. 17

2) угол падения (угол между падающим лучом и перпендикуляром к поверхности) равен углу отражения (угол между перпендикуляром к поверх-

ности и отраженным лучом), причем лучи расположены по обе стороны перпендикуляра в плоскости падения (рис. 17).

**Плоским зеркалом** называется плоская поверхность, отражающая свет по законам правильного отражения.

В зеркале мы видим изображение предмета, находящегося перед зеркалом.

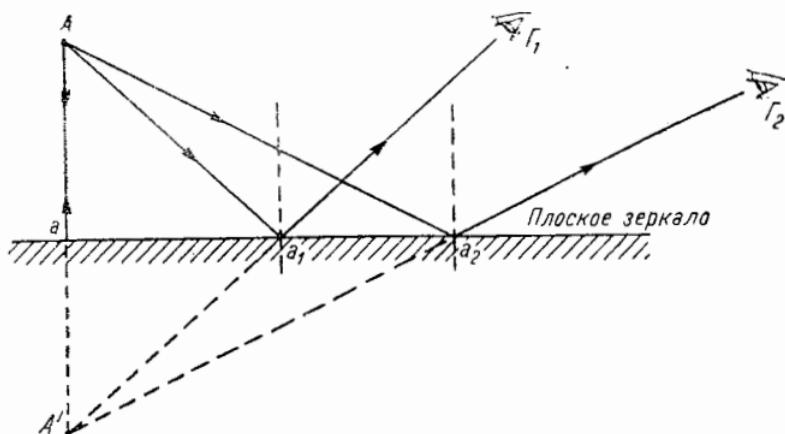


Рис. 18

Построение изображения в зеркале сводится к следующему. Светящаяся точка  $A$  (рис. 18) излучает свет в разных направлениях. В частности луч света  $Aa$  имеет направление, перпендикулярное к зеркалу. Следовательно, согласно законам правильного отражения, направление отраженного луча  $aA$  совпадает с направлением падающего луча. Лучи  $Aa_1$  и  $Aa_2$  отразятся от зеркала по направлениям  $a_1\Gamma_1$  и  $a_2\Gamma_2$ , согласно законам правильного отражения. Если продолжить лучи  $Aa$ ,  $a_1\Gamma_1$ ,  $a_2\Gamma_2$  и любой другой луч за зеркало (пунктир на рис. 18),

то все они пересекутся в точке  $A'$ , которая и является изображением светящейся точки  $A$ . Наблюдатель, поместивший глаз в  $\Gamma_1$  или  $\Gamma_2$  или в любом другом месте по ходу лучей, отраженных от зеркала, увидит в зеркале точку  $A$  в положении  $A'$ . Расстояние изображения  $A'$  до зеркала равно расстоянию светящейся точки  $A$  от зеркала:  $A'a = Aa$ .

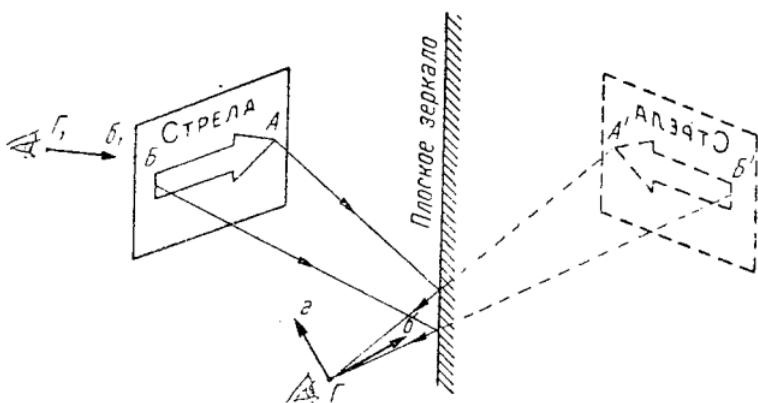


Рис. 19

Для того чтобы построить изображение некоторой точки в зеркале, следует опустить перпендикуляр из этой точки на зеркало и продолжить его за плоскость зеркала. Изображение точки будет находиться на этом продолжении перпендикуляра на расстоянии от зеркала, равном расстоянию точки до зеркала.

Изображение в зеркале протяженного предмета строится аналогично, как это показано на рис. 20.

Плоское зеркало отличается от всех других оптических систем тем, что всегда дает изображение предмета без изменения масштаба (без уменьшения или увеличения).

Однако изображение, видимое в зеркале, отличается от предмета измененным расположением сторон: правая сторона предмета находится слева, левая сторона — справа. Это показано на рис. 19. Стрелка  $AB$ , нарисованная на листе, находится перед зеркалом. В зеркале наблюдатель видит изображение стрелки  $A'B'$ .

Наблюдатель, смотрящий на предмет в направлении  $Ga$ , видит начало стрелки справа. Наблюдатель, смотрящий на зеркало в направлении  $Gb$ , видит изображение стрелки, причем начало ее находится теперь не справа, а слева. Так будет видеть наблюдатель, смотрящий на стрелку  $AB$  в направлении  $G_{1b_1}$ , то есть напротив.

В результате этого явления изображение надписей в зеркале будет совершенно искаженным,

как это видно на рис. 19.

Сферическое зеркало представляет собой часть поверхности шара, внутренняя поверхность которого является зеркальной. Если источник света находится в центре этого

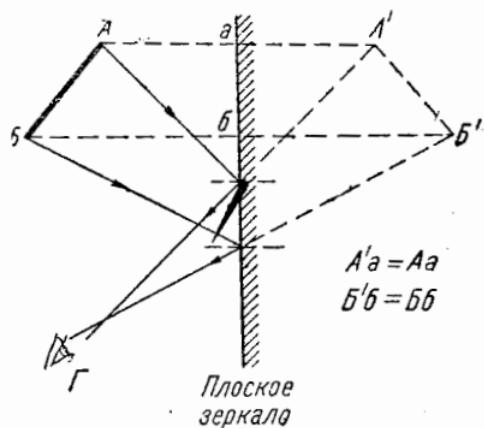


Рис. 20

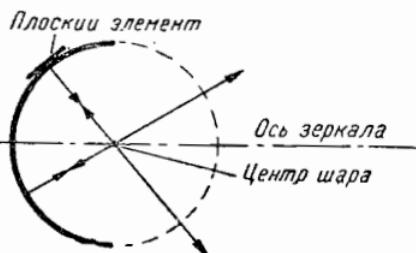


Рис. 21

шара, то все отраженные от зеркала лучи пойдут по радиусам через центр шара (рис. 21). Это становится понятным, если представить себе сферическую поверхность, составленной из весьма малых плоских элементов. Лучи, выходящие из центра шара, имеют направление по радиусам, а радиусы перпендикулярны поверхности шара, то есть перпендикулярны и плоским элементам. Тогда, применяя законы правильного отражения, видим, что отраженные лучи,



Рис. 22

как и падающие, должны пойти по радиусам но лишь в обратном направлении.

Парabolическое зеркало отражает параллельным оси зеркала пучком лучи, падающие на его поверхность от источника света, помещенного в фокусе зеркала (рис. 22). Наоборот, лучи параллельного оси зеркала пучка света, падающие на зеркало, после отражения проходят через фокус зеркала (точка схода лучей).

Эллиптическое зеркало имеет два фокуса. Если источник света находится в одном фокусе, то испускаемые им лучи после отражения от зеркала проходят через второй фокус (рис. 23).

Стеклянные зеркала изготавливаются из шлифованного и полированного стекла. Стекло покрывается слоем металлического серебра с внешней или внутренней стороны. В последнем случае для предохранения от порчи посеребренная поверхность лакируется. Зеркала, посеребренные с внутренней стороны, по качеству изображения уступают зеркалам, посеребренным с внешней стороны. Зеркала, посеребренные с внутренней стороны, имеют собственно две зеркальных поверхности: переднюю поверхность стекла и заднюю, посеребренную. В этом

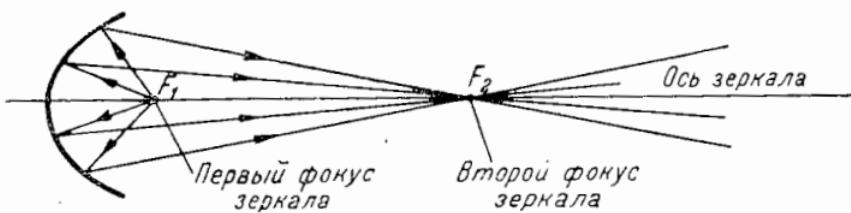


Рис. 23

случае получаются два изображения предмета, не совпадающие друг с другом. Особенно это несовпадение заметно у краев изображения. Зеркала, посеребренные с внешней стороны, дают только одно изображение: от серебреного слоя.

Однако зеркала, посеребренные с внутренней стороны, значительно прочнее зеркал, посеребренных с внешней стороны, хотя бы последние были покрыты тонкой прозрачной пленкой лака. Поэтому в обычной практике последние почти никогда не применяются.

Металлические зеркала изготавливаются из какого-либо металла (алюминия, железа, латуни), причем их поверхность тщательнейшим образом

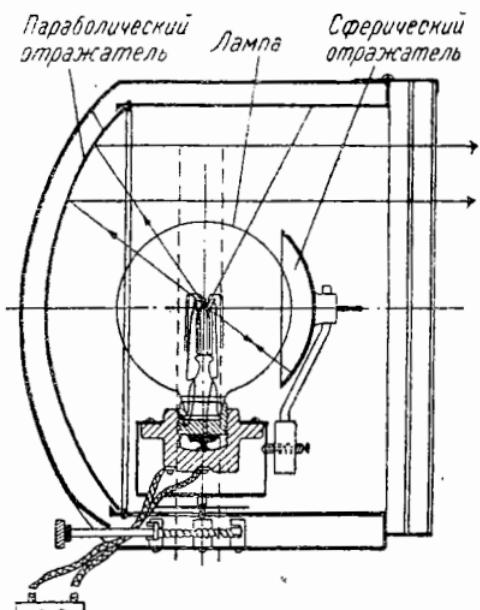


Рис. 24

так и в других осветительных приборах (см.).

Схема прожектора с параболическим и сферическим отражателями показана на рис. 24. Лампа находится в фокусе параболического зеркального отражателя. Свет лампы, падающий на параболический отражатель, выходит из прожектора параллельным пучком. Одновременно лампа находится в фокусе сферического отражателя, который направляет падающий на него свет через свой фокус, являющийся одновременно и фокусом параболического отражателя. Следовательно, свет, отраженный сферическим зеркалом, также отразится параболическим отражателем в виде параллельного пучка. Такой прожектор обладает довольно-

полируется. Для предохранения от покрытия ржавчиной и от потемнения отполированные зеркала из железа и латуни хромируются или никелируются.

Применение зеркал в театральной практике весьма широко. При помощи плоских и других зеркал могут быть созданы разнообразные световые эффекты. Сфéricеские, параболические и эллиптические зеркала применяются в качестве отражателей в прожекторах, проекторах, сполоскв-

но высоким коэффициентом полезного действия, так как значительная часть светового потока лампы используется для создания светового пучка.

Применение сферического и эллиптического зеркал в прожекторах см. Линзовый прожектор.

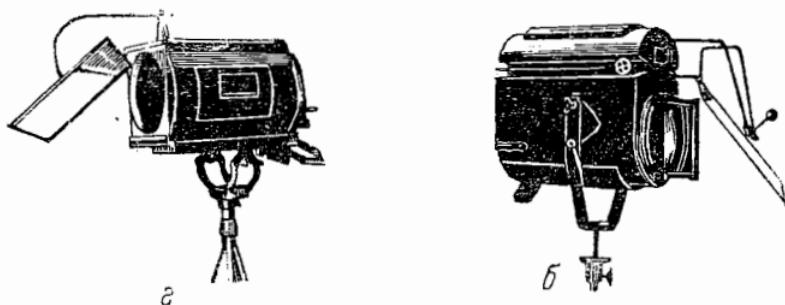


Рис. 25

Плоские зеркала применяются иногда на прожекторах для поворота светового пучка, выходящего из прожектора (рис. 25). Вращением зеркала значительно проще и удобнее изменять направление светового пучка, нежели вращением и наклоном самого прожектора.

### Преломление света

Преломление света происходит при переходе света из одной среды в другую (например, из воздуха в стекло, из стекла в воздух); при этом происходит изменение направления в распространении световых лучей на поверхности раздела обеих сред.

Законы преломления: 1) луч падающий, перпендикуляр к поверхности раздела в точке падения, и луч преломленный лежат в одной плоскости (рис. 26);

2) при переходе из среды оптически менее плотной в среду оптически более плотную луч приближается к перпендикуляру; при переходе из среды оптически более плотной в среду оптически менее плотную луч удаляется от перпендикуляра; луч падающий и луч преломленный лежат по обе стороны перпендикуляра (рис. 26).

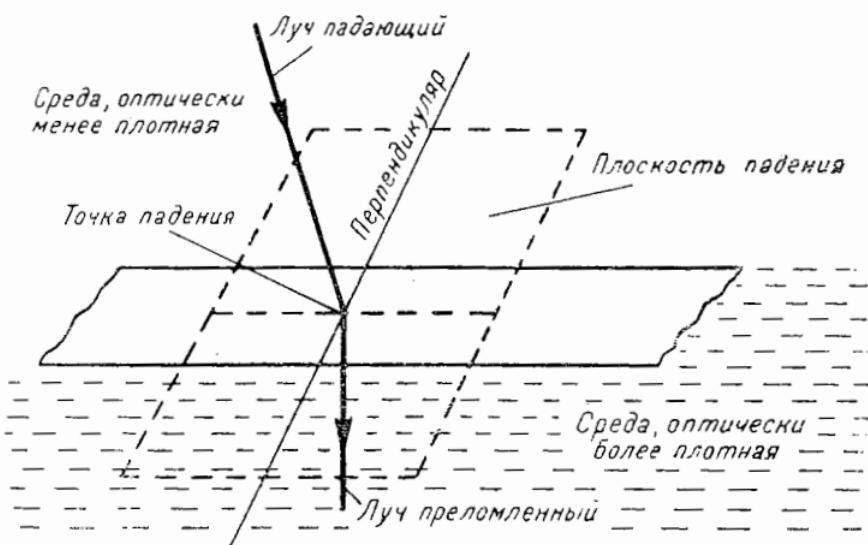


Рис. 26

Вода является оптически более плотной средой, чем воздух. Стекло является оптически более плотной средой, чем воздух и вода.

Плоско-параллельная стеклянная пластина ограничена параллельными плоскостями. Луч, падающий на пластинку, претерпевает двукратное преломление при прохождении пластины. Первое преломление происходит на поверхности раздела воздуха и стекла, то есть при вхождении

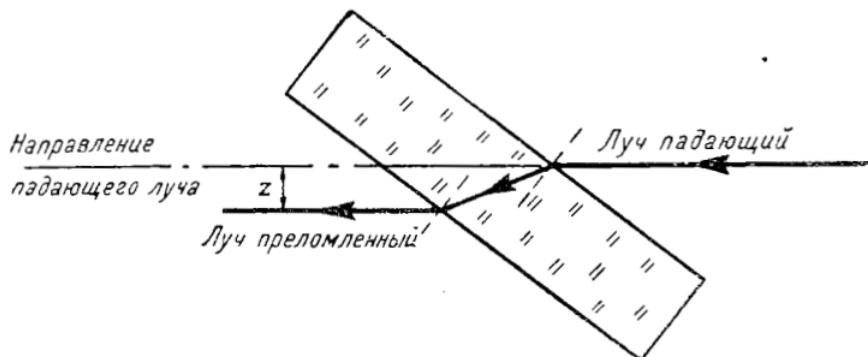


Рис. 27

луча из воздуха в стекло. Второе преломление происходит на поверхности раздела стекла и воздуха, то есть при выходе луча из стекла в воздух. Луч, прошедший через плоскопараллельную пластинку, будет параллелен направлению падающего луча, но смещен относительно этого направления на некоторое расстояние (рис. 27). Чем толще пластинка, тем больше смещение  $Z$  преломленного ею луча.

Призмой называется стеклянная пластинка, ограниченная плоскостями, составляющими двугранный угол (рис. 28а). Эти плоскости называются

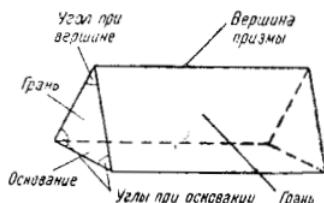


Рис. 28а

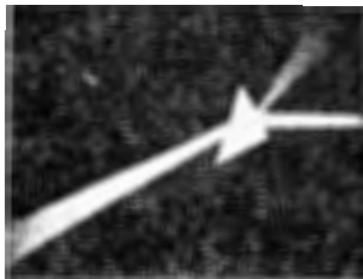


Рис. 28б

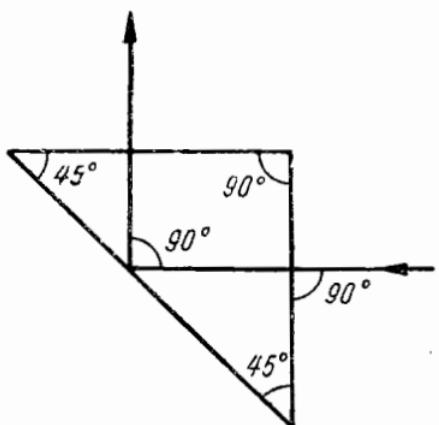


Рис. 29

гранями призмы. Ребро, образуемое гранями призмы, называется вершиной призмы (преломляющим ребром), а угол между гранями — углом при вершине призмы (преломляющим углом). Третья плоскость, ограничивающая призму, лежит против ее вершины и называется основанием призмы. Углы между гранями и основанием призмы

называются углами при основании. Лучи, входящие в призму через одну грань, выходят из призмы через другую грань, отклоняясь к основанию (рис. 28б). Призмы могут отличаться друг от друга углом и при вершине и при основании.

Часто применяются равносторонние призмы, у которых все углы равны  $60^\circ$ , и прямоугольные призмы.

Прямоугольная призма имеет при вершине прямой угол ( $90^\circ$ ) (рис. 29). Углы при основании равны  $45^\circ$ . Луч, вошедший в призму через одну грань перпендикулярно ее поверхности, падает на основание призмы, отражается от него и выходит через другую грань под углом  $90^\circ$  по отношению к первоначальному направлению. В этом случае происходит явление полного внутреннего отражения. Не при всяких углах падения на поверхность раздела двух сред луч может выйти из первой среды в другую. До некоторого определенного для данной среды угла падения лучи выходят

из одной среды в другую. Начиная же с этого угла и при всех больших углах, лучи выйти не могут. В этом случае они нацело отражаются от поверхности раздела по законам зеркального отражения. Это явление называется полным внутренним отражением.

Прямоугольные призмы, или призмы полного внутреннего отражения, применяются для изменения

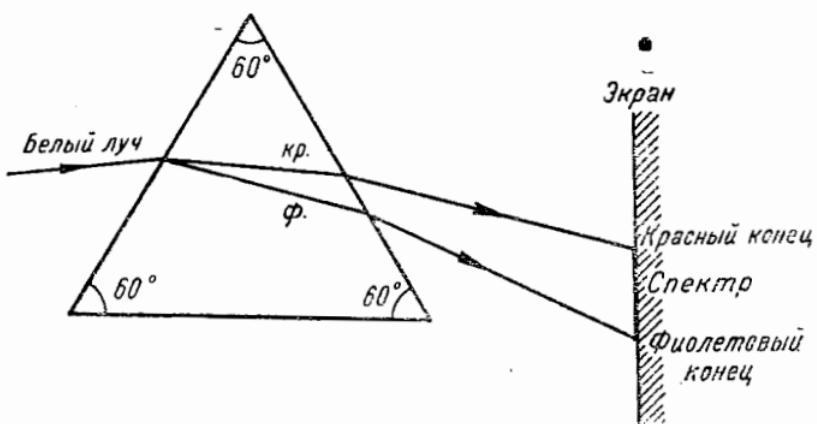


Рис. 30

направления света на  $90^\circ$  (например, в сценических проекционных приборах).

Разложение белого света призмой на его составные части (см. Белый свет) происходит потому, что разные цвета, составляющие в смеси белый свет, различно преломляются призмой. Наибольшее преломление претерпевают синие цвета, наименьшее — красные. На рис. 30 показана схема разложения белого света на составные части равносторонней призмой и образование на экране спектра (см.).

### Линзы

Линзами называются стеклянные пластиинки, ограниченные сферическими поверхностями с двух или с одной стороны. В последнем случае вторая поверхность является плоской.

Если центр сферической поверхности находится со стороны самого стекла, то такая поверхность называется выпуклой (рис. 31а). Если центр сферической поверхности находится со стороны воздуха, то такая поверхность называется вогнутой (рис. 31б).

Если перед линзой поместить светящуюся точку или какой-либо предмет, то линза создаст в некотором месте изображение светящейся точки или предмета.

Формы линз. Линзы, в зависимости от ограничивающих их поверхностей, могут быть следующих форм (рис. 32):

- а) двояковыпуклая,
- б) плоско-выпуклая,
- в) выпукло-вогнутая (положительный мениск),<sup>1</sup>
- г) двояковогнутая,
- д) плоско-вогнутая,
- е) вогнуто-выпуклая (отрицательный мениск).<sup>2</sup>

Первые три линзы называются собиральными (положительными), остальные — рассеивающими (отрицательными).

Оптической осью линзы называется прямая, проходящая через центры сферических поверхностей и являющаяся осью симметрии линзы (так как по обе стороны этой прямой расположены подобные части линз) (рис. 33). Если одна из поверх-

<sup>1</sup> У положительного мениска радиус выпуклой поверхности меньше радиуса вогнутой поверхности.

<sup>2</sup> У отрицательного мениска радиус выпуклой поверхности больше радиуса вогнутой поверхности.

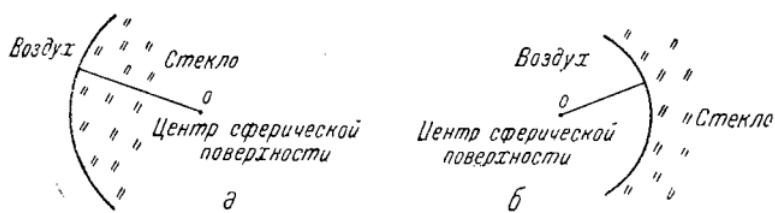


Рис. 31

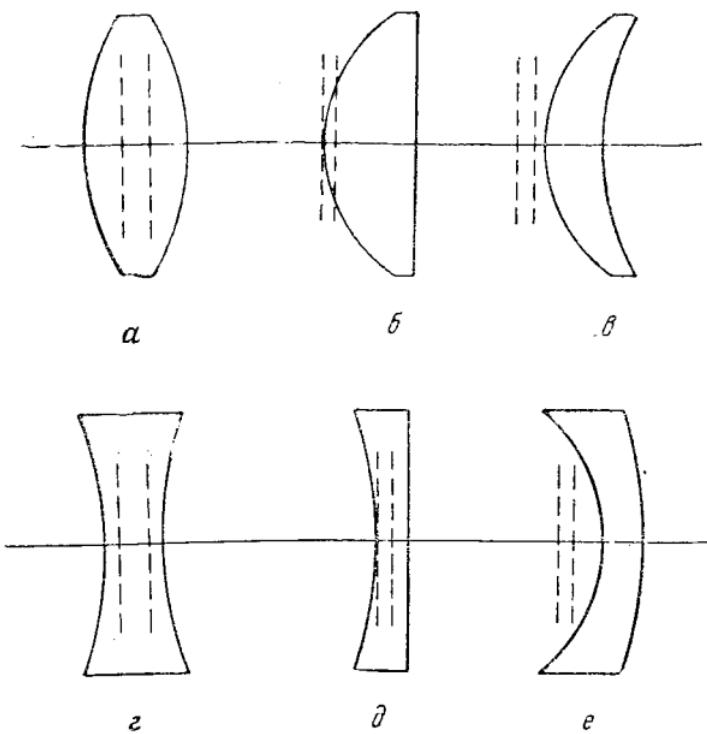


Рис. 32

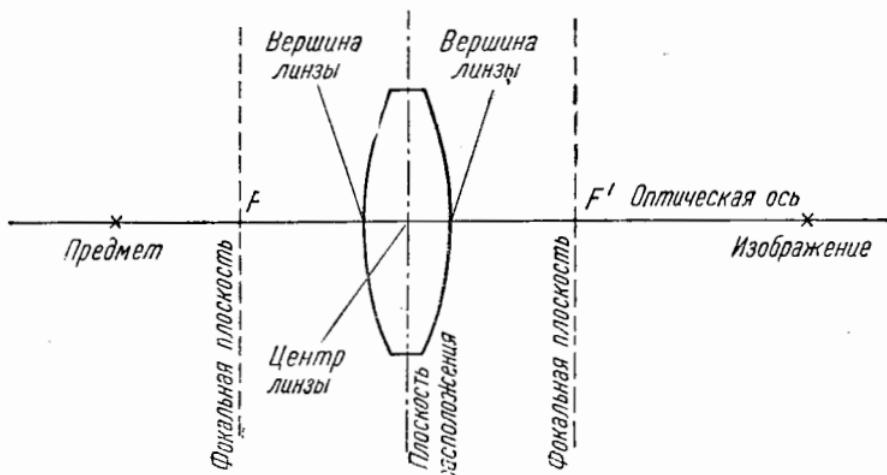


Рис. 33

ностей линзы плоская, оптическая ось ей перпендикулярна.

Вершиной линзы называется точка пересечения оптической оси с сферической поверхностью (рис. 33).

Преломление лучей сферической поверхностью изображено на рис. 34 и происходит

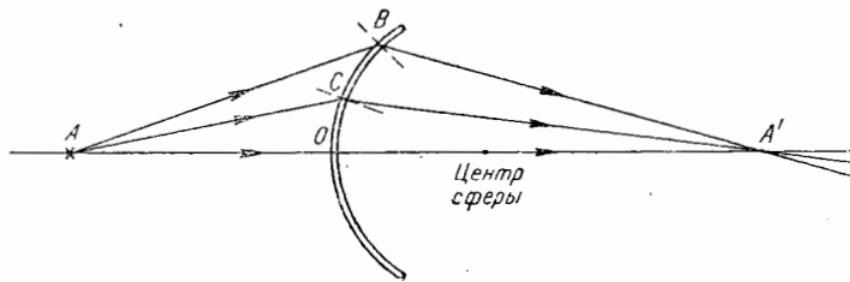


Рис. 34

по законам преломления. Светящаяся точка  $A$  находится на оптической оси. На рис. 34 показаны три луча:  $AB$ ,  $AC$  и  $AO$ . Все они падают на сферическую поверхность под различными углами.

Лучи  $AB$  и  $AC$  меняют свое направление на поверхности раздела. Луч  $AO$  совпадает с оптической осью сферической поверхности и поэтому перпендикулярен к ней. Этот луч проходит через поверхность раздела, не меняя своего направления. Всякий падающий на сферическую поверхность луч, и по направлению совпадающий с одним из радиусов этой поверхности, не изменяет своего первоначального направления и после прохождения поверхности раздела.

Лучи  $AB$ ,  $AC$  и  $AO$  после преломления сферической поверхностью пересекаются в точке  $A'$ , так же как и точка  $A$ , лежащая на оптической оси. Точка  $A'$  пересечения лучей называется изображением точки  $A$ .

Поперечным увеличением называется отношение линейного размера изображения к линейному размеру предмета:

$$\beta = \frac{Y'}{Y}, \quad [23]$$

где  $\beta$  (бэта) — поперечное увеличение,

$Y$  — поперечный размер предмета,

$Y'$  — поперечный размер изображения

(см. рис. 38)

Главными плоскостями линзы называются такие две плоскости (перпендикулярные оптической оси), поперечное увеличение в которых равно  $+1$  (см. Правило знаков). Таким образом, если предмет помещен в первой из этих плоскостей, то во второй плоскости получается прямое и равное (см. Построение изображений) изображение предмета.

Расположение главных плоскостей зависит от формы линзы, радиусов ее сферических поверхностей, сорта стекла. На рис. 32 показано приблизительно положение главных плоскостей (пунктирные прямые) у линз различной формы.

Главными точками линзы называются точки пересечения главных плоскостей с оптической осью.

Фокусом линзы ( $F$  и  $F'$  на рис. 33) называется точка на оптической оси, в которой пересекаются после преломления линзой параллельные оптической оси лучи.

Линза имеет два фокуса: задний и передний. Если параллельные оптической оси лучи падают на линзу со стороны, где помещен предмет (обычно изображается на рисунках слева от линзы), то они собираются в заднем фокусе. Параллельные оптической оси лучи, падающие на линзу с противоположной стороны (справа), собираются линзой в переднем фокусе.

Плоскости, перпендикулярные оптической оси и пересекающие оптическую ось в фокусах, называются фокальными плоскостями (соответственно, задней к передней).

Лучи, падающие на линзу, параллельным пучком (но не обязательно параллельно оптической оси), после прохождения линзы пересекаются в одной из точек фокальной плоскости. Наоборот, лучи, проходящие через одну из точек фокальной плоскости, после прохождения линзы образуют пучок лучей, параллельных друг другу.

Фокусным расстоянием (передним или задним) линзы называется расстояние от главной плоскости (первой или второй) до фокуса (соответственно, переднего или заднего). Фокусные расстояния, отсчитанные от первой главной плоскости до перед-

него фокуса или от второй главной плоскости до заднего фокуса, равны между собой.

Фокусные расстояния у тонких линз, а также у линз, применяемых в сценических приборах, принимая во внимание допустимую малую точность при расчетах подобных оптических систем, могут отсчитываться не от главных плоскостей, а от плоскости расположения линзы,— плоскости, проходящей через центр линзы перпендикулярно оптической оси.

Фокусные расстояния сложных оптических систем (см.), применяемых в сценических приборах, как объективы, конденсоры, ввиду близкого расположения линз друг относительно друга, также могут быть отсчитаны от плоскости их расположения, проходящей через центр системы перпендикулярно оптической оси.

Во всех дальнейших построениях мы будем опускать главные плоскости и изображать лишь плоскость расположения линзы или оптической системы. Фокусные расстояния, а также расстояния до предмета и изображения будут отсчитываться от плоскости расположения. (Часто можно встретить такое изображение оптической системы, когда на рисунке линзы вовсе не показаны, а лишь, в виде прямых, плоскости их расположения.)

### *Построение изображений<sup>1</sup>*

В зависимости от положения предмета перед линзой (на каком расстоянии находится предмет от линзы) его изображение, образуемое линзой, может быть различным.

<sup>1</sup> В театральной практике отрицательные линзы не применяются, поэтому ниже везде речь будет идти лишь о положительных линзах.

Действительным изображением называется изображение, получающееся по другую сторону линзы сравнительно с положением предмета относительно линзы: преломленные лучи пересекаются при их продолжении в направлении распространения света. Действительное изображение можно получить на экране или наблюдать в темном помещении на частицах пыли, находящейся в воздухе.

Мнимым изображением называется изображение, получающееся с той же стороны линзы, где расположен предмет: для того чтобы преломленные лучи пересеклись, их нужно продолжить в направлении, обратном распространению света. В действительности мнимого изображения не существует, и на экране получить его нельзя. Однако, если смотреть на линзу со стороны, противоположной расположению предмета, то будет казаться, что лучи выходят из светящейся точки или предмета, находящихся за линзой, то есть с той же стороны линзы, где фактически находится предмет, тогда как на самом деле они через эти кажущиеся светящуюся точку или предмет не проходят. Эти кажущиеся светящаяся точка или предмет и будут мнимыми изображениями светящейся точки или предмета.

Прямым изображением называется не-перевернутое изображение предмета.

Обратным изображением называется перевернутое изображение предмета.

Равное, увеличенное и уменьшенное изображения суть понятия, ясные из их наименования.

Основные положения для построения изображений заключаются в следующих шести пунктах:

1) Падающий и преломленный лучи пересекают плоскость расположения линзы в одной точке.<sup>1</sup>

2) Параллельные лучи после преломления пересекаются в фокальной плоскости.

3) Параллельные оптической оси лучи после преломления проходят через фокус.

4) Лучи, проходящие через фокус, после преломления имеют направление, параллельное оптической оси.

5) Лучи, проходящие через центр линзы (точка пересечения плоскости расположения линзы с оптической осью), после преломления не изменяют своего направления.

6) Если точки (предметы) расположены в одной плоскости, перпендикулярной оптической оси, то их изображения будут находиться также в одной плоскости, перпендикулярной оптической оси.

**Построение изображения точки.** Перед линзой слева помещена светящаяся точка  $A$  (рис. 35). Лучи, испускаемые точкой  $A$ , падают на линзу, преломляются ею и пересекаются в точке  $A'$ . Для определения положения изображения  $A'$  достаточно рассмотреть ход двух лучей. Луч  $Aa$  параллелен оптической оси; луч  $Ab$  проходит через фокус линзы  $F$ . Луч  $Aa$  пересекает плоскость расположения в точке  $a$ , а луч  $Ab$  — в точке  $b$ . В этих же точках, на основании положения (1), будут пересекать плоскость расположения линзы и преломленные лучи. Кроме того, луч  $Aa$ , на основании положения

<sup>1</sup> Точнее это положение следует писать так: падающий и преломленный лучи пересекают соответственно главные плоскости — первую и вторую — в точках, находящихся на одинаковом расстоянии и отсчитанных в одном направлении от оптической оси. Однако, принимая во внимание сказанное в параграфе „фокусное расстояние“, указанное положение может быть написано так, как это сделано в пункте 1.

жения (3), после преломления должен пройти через задний фокус линзы  $F'$ ; следовательно, луч  $Aa$  после преломления пойдет по направлению  $aF' a'$ . Луч  $Ab$ , на основании положения (4), после преломления должен пойти параллельно оптической оси, то есть по направлению  $b b'$ . Лучи  $aF' a'$  и  $b b'$  пересекутся в точке  $A'$ , которая и будет изображением точки  $A$ .

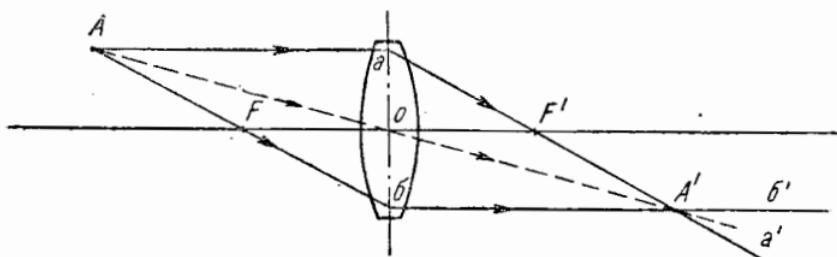


Рис. 35

Для построения изображения точки  $A$  можно было бы воспользоваться также лучом  $AO$ , проходящим через центр линзы, в соответствии с положением (5), и одним из указанных выше лучей:  $Aa$  или  $Ab$ .

Построение изображения точки в разных ее положениях относительно линзы. На рис. 36а-е представлены возможные случаи положения светящейся точки на оптической оси относительно линзы и выполнено построение изображений.

Рис. 36а. Светящаяся точка  $A$  бесконечно далеко от линзы и, следовательно, на линзу падает пучок лучей, параллельных оптической оси. Изображение точки  $A'$  находится в фокусе линзы  $F'$ .

Рис. 36б. Светящаяся точка  $A$  на конечном расстоянии за двойным фокусом  $2F$ . Изображение точки  $A'$  между фокусом  $F'$  и двойным фокусом  $2F'$ .

**Построение изображения.** Проводим любой луч  $Aa$ . Строим вспомогательный луч  $BFb$ , параллельный  $Aa$  и проходящий через фокус  $F$ . На основании положения (4) луч  $BFb$  после преломления пойдет по направлению  $bB'$  и пересечет фокальную плоскость  $\Phi\Phi$  в точке  $B'$ . На основании положения (2) лучи  $Aa$  и  $Bb$  пересекаются в фокальной плоскости, то есть в точке  $B'$ . Направление луча  $Aa$  после преломления будет  $aB'$ .

Рис. 36в. Светящаяся точка  $A$  на двойном фокусном расстоянии от центра линзы (в двойном фокусе  $2F$ ). Изображение точки  $A'$  также на двойном фокусном расстоянии  $2F'$ .

Рис. 36г. Светящаяся точка  $A$  между фокусом  $F$  и двойным фокусом  $2F$ . Изображение точки  $A'$  на конечном расстоянии за двойным фокусом  $2F'$ .

Построение изображения аналогично рис. 36б.

Рис. 36д. Светящаяся точка  $A$  в фокусе  $F$ . Изображение точки  $A'$  бесконечно далеко от линзы: из линзы выходит пучок лучей, параллельных оптической оси.

Рис. 36е. Светящаяся точка  $A$  между линзой и фокусом. Изображение точки  $A'$  мнимое. Из линзы выходит пучок расходящихся лучей, как будто выходящих из точки  $A'$ .

Построение изображения аналогично рис. 36б и г.

Построение изображения предмета в разных его положениях относительно линзы. На рис. 37а-е представлены возможные положения предмета относительно линзы и выполнено построение изображений.

Рис. 37а. Предмет  $AB$  на конечном расстоянии за двойным фокусом  $2F$ . Изображение  $AB'$  действительное, обратное, уменьшенное между фокусом  $F'$  и двойным фокусом  $2F'$ .

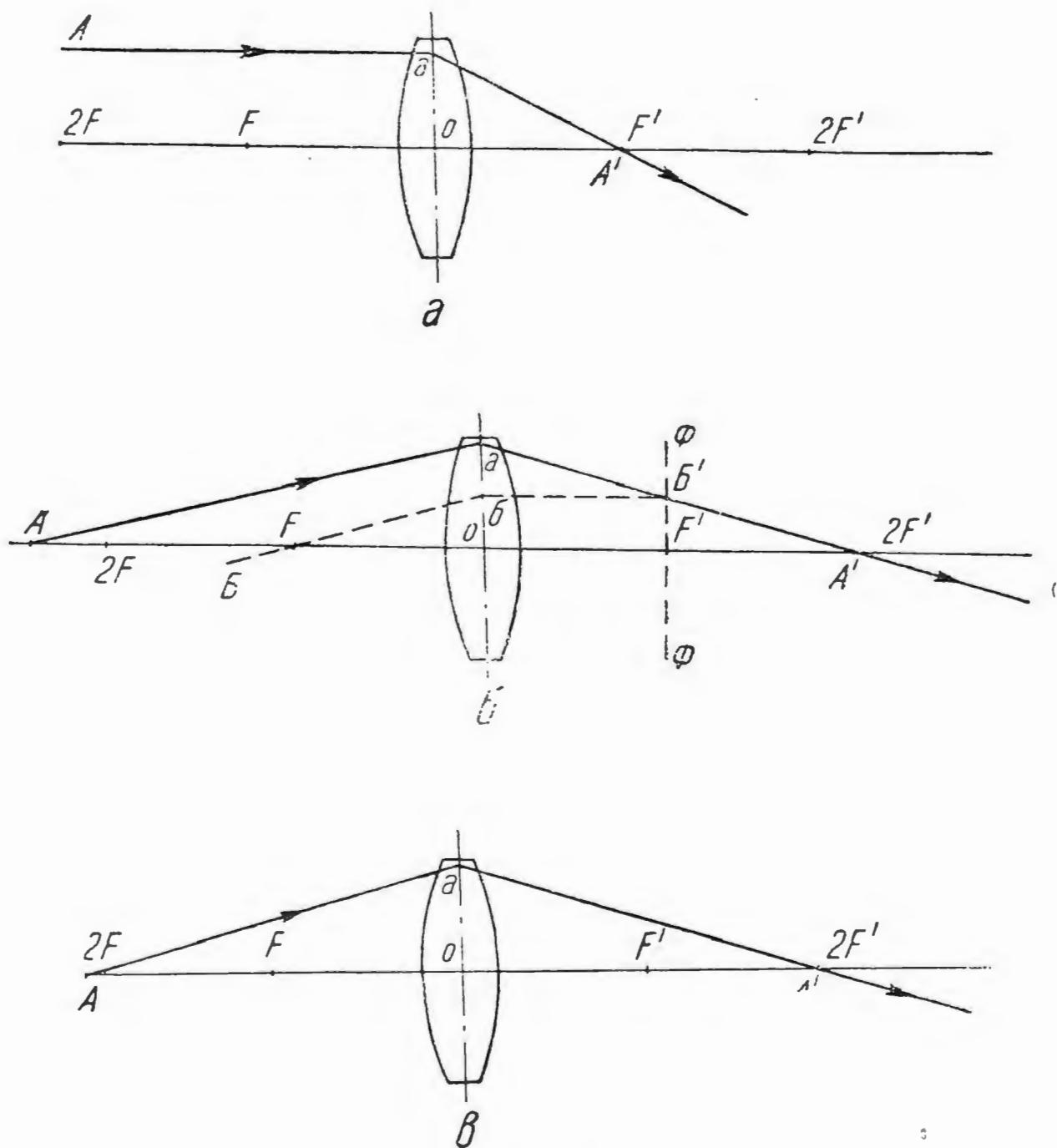


Рис. 36

**Построение изображения.** Строится изображение крайней точки  $A$ . Изображение точки  $B$  и всего предмета находится в соответствии с положением (б).

Рис. 376. Предмет на двойном фокусном расстоянии  $2F$  от центра линзы. Изображение действительное, обратное, равное предмету также на двойном фокусном расстоянии  $2F'$ .

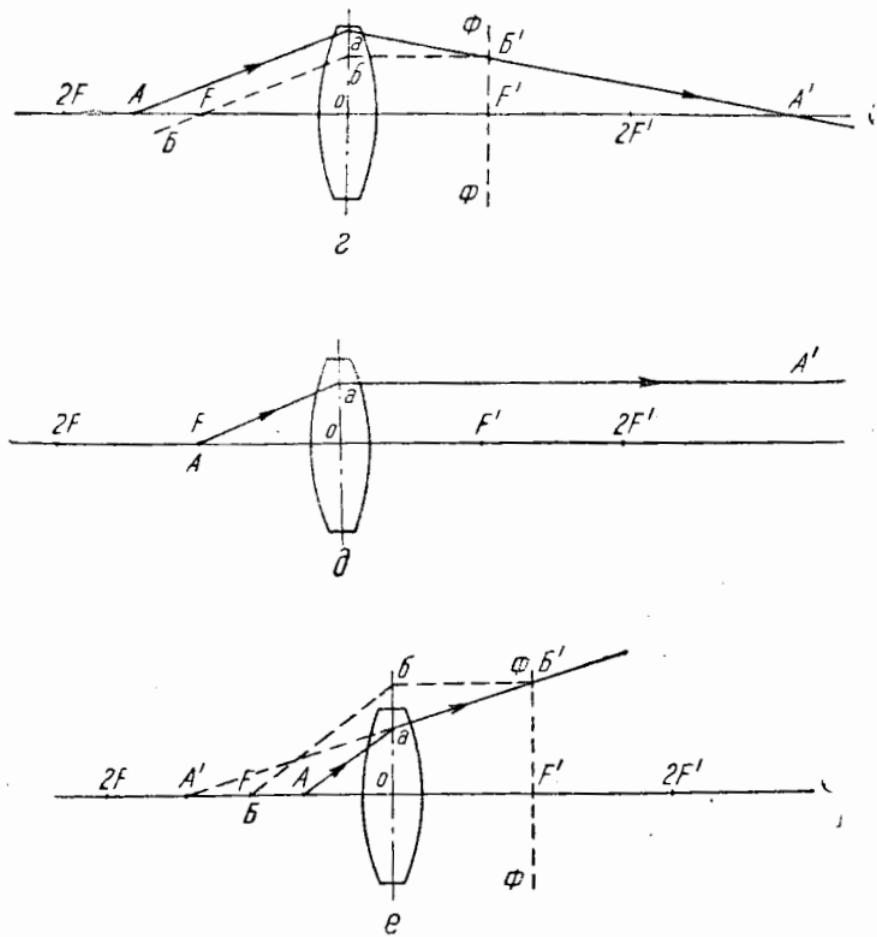


Рис. 36

Рис. 37в. Предмет между фокусом  $F$  и двойным фокусом  $2F'$ . Изображение действительное, обратное, увеличенное за двойным фокусом  $2F'$  на конечном расстоянии.

Рис. 37г. Предмет в фокусе  $F$ . Изображение—на

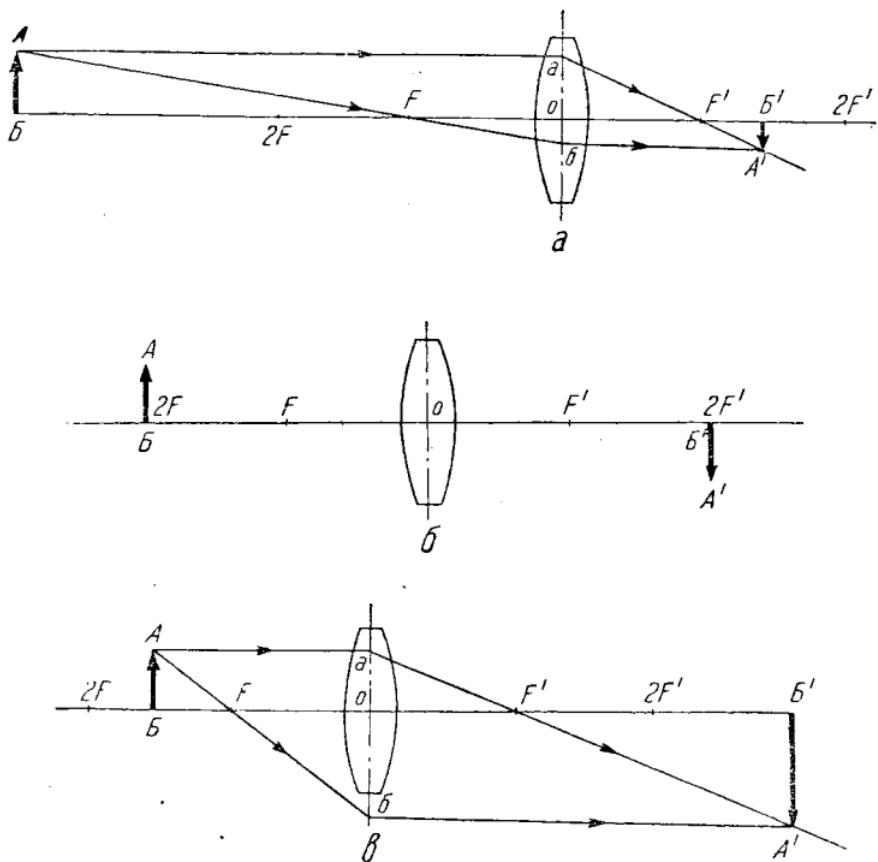


Рис. 37

бесконечном расстоянии. Из линзы выходят пучки параллельных лучей.

Рис. 37д. Предмет между фокусом  $F$  и линзой. Изображение мнимое, прямое. Из линзы выходят пучки расходящихся лучей.

Построение изображения. Направление лучей  $bb'$  и  $aa'$  определяется обычным путем. Точка  $A'$  есть

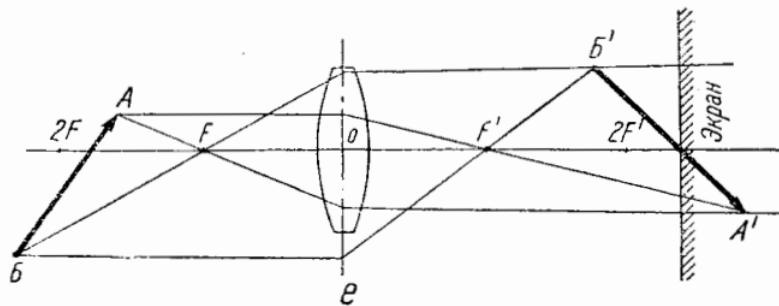
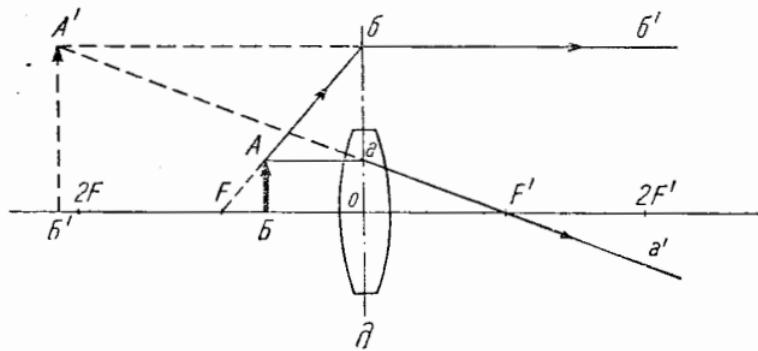
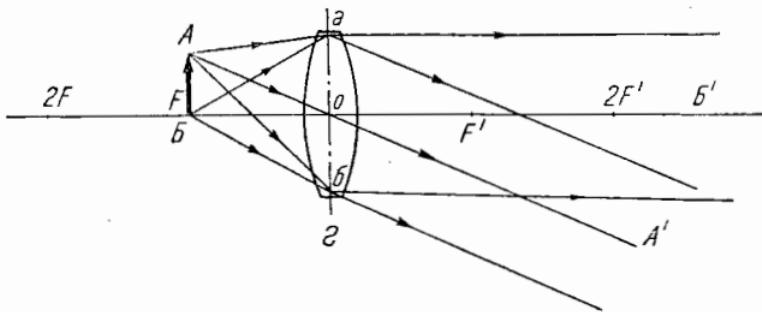


Рис. 37

пересечение продолжения лучей  $bb'$  и  $aa'$ , то есть линий  $bA'$  и  $aA'$ .

На рис. 37е приведено построение изображения предмета, расположенного в плоскости, наклонной к оптической оси. Изображение предмета также будет наклонно к оптической оси и искажено. На экране, перпендикулярном оптической оси, четко будет видна лишь часть изображения, пересекающаяся с экраном. Остальные части изображения будут видны на экране расплывчато. Это иногда используется для создания световых эффектов.

#### Основные расчетные формулы. Правило знаков

Для того чтобы пользоваться формулами, удобно раз навсегда условиться об обозначениях тех величин, которые входят в эти формулы.

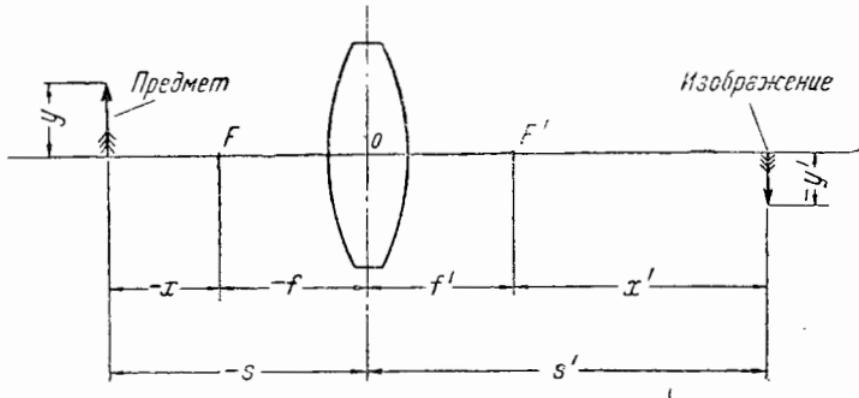


Рис. 38

Ниже даются обозначения, а также они показаны на рис. 38.

$f$  и  $f'$  — переднее и заднее фокусные расстояния линзы (см.).

$x$  — расстояние от переднего фокуса  $F$  до предмета.

$x'$  — расстояние от заднего фокуса  $F'$  до изображения.

$S$  — расстояние от центра (плоскости расположения) линзы до предмета.

$S'$  — расстояние от центра (плоскости расположения) линзы до изображения.

$Y$  — линейный размер предмета.

$Y'$  — линейный размер изображения.

Важно помнить следующее условие о знаках.

Все расстояния, отсчитываемые по ходу распространения лучей, считаются положительными, а отсчитываемые в направлении, обратном ходу лучей, — отрицательными. Таким образом, расстояния  $f$ ,  $S$ ,  $x$  являются величинами отрицательными, а  $f'$ ,  $S'$ ,  $x'$  — величинами положительными.

Линейные размеры предмета и изображения считаются положительными при отсчете вверх, а отрицательными при отсчете вниз. Для простоты можно условиться считать линейный размер предмета положительным. Тогда, если при расчетах линейный размер изображения получается положительным, то изображение прямое, если же — отрицательным, то изображение обратное.

Для расчетов следует пользоваться следующими двумя формулами:

$$\frac{Y'}{Y} = -\frac{x}{x'} = -\frac{x'}{f'}, \quad [24]$$

$$xx' = -f^2. \quad [25]$$

В выражении [24] отношение  $\frac{Y'}{Y}$  обозначает перечное увеличение линзы (см. [23]): во сколько раз линейный размер изображения  $Y'$  больше или меньше линейного размера предмета  $Y$  (в плоскости, перпендикулярной оптической оси).

Зная увеличение  $\frac{Y'}{Y}$  и расстояние  $x'$ , по формуле [24] определим необходимое фокусное расстояние линзы. Далее по формуле [25] найдем расстояние  $x$ .

Для расчетов можно пользоваться и другими формулами, в которые вместо  $x$  и  $x'$  входят величины  $S$  и  $S'$ :

$$\frac{Y'}{Y} = \frac{S'}{S}, \quad [26]$$

$$\frac{1}{S'} - \frac{1}{S} = \frac{1}{f}. \quad [27]$$

Эти формулы, как и предыдущие, решают все необходимые для театральной практики задачи.

#### *Оптические системы*

Простой оптической системой называется система, состоящая из одной линзы.

Сложной оптической системой называется система, состоящая не из одной линзы, а из двух, трех и большего числа. Современные оптические приборы в большинстве своем изготавливаются со сложными оптическими системами. Некоторые сценические осветительные приборы (например, проекторы) также состоят из сложных оптических систем.

Силой линзы  $\varphi$  (фи) называется величина, обратная фокусному расстоянию:

$$\varphi = \frac{1}{f}. \quad [28]$$

Единицей измерения силы линзы является величина, называемая диоптрией (обозначается буквой  $D$ ). Линза, сила которой равна 1 диоптрии ( $1 D$ ), имеет фокусное расстояние, равное 1 м.

Для того чтобы подсчитать силу линзы в диоптриях, нужно в формулу [28] подставить фокусное расстояние, выраженное в метрах. Например, если  $f' = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$ , то  $\varphi = \frac{1}{0,1} = 10 D$ .

Наоборот, если известна сила линзы в диоптриях, то по формуле [28] определится фокусное расстояние в метрах. Например, если  $\varphi = 5 D$ , то  $f' = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ м} = 200 \text{ мм}$ .

Сила сложной оптической системы, состоящей из двух линз, может быть подсчитана по следующей формуле:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 - d \varphi_1 \varphi_2, \quad [29]$$

где:

$\varphi$  — сила сложной системы,

$\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — силы первой и второй линз,

$d$  — расстояние (воздушный промежуток) между линзами.

Во многих случаях (для приближенных подсчетов) в формуле [29] можно считать  $d = 0$ : когда линзы достаточно тонкие и находятся в непосредственной близости друг к другу (соприкасаются или почти соприкасаются). В этом случае будем иметь:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2. \quad [29^1]$$

Зная  $\varphi$ , найдем и фокусное расстояние сложной системы по формуле [28].

### Примеры оптических систем

Линзовый прожектор имеет очень простую оптическую систему. Это обычно одна плоско-выпуклая линза (рис. 39). На экране (сцене) не

должно получиться изображения источника света (нити лампы), но должно быть получено световое пятно довольно большого размера. Поэтому изображение нити лампы должно быть мнимым, то есть источник света следует устанавливать между линзой и фокусом. Из линзы будет выходить расходящийся пучок света, образующий на пересекающем его экране световое пятно.

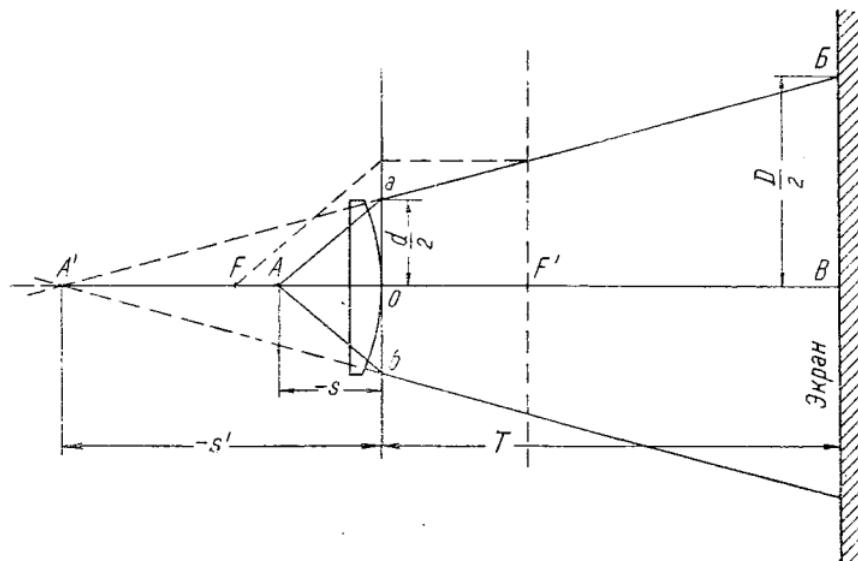


Рис. 39

Разберем следующую задачу: определить фокусное расстояние линзы, если требуется на расстоянии  $T=10 \text{ м}$  от прожектора до экрана получить световое пятно диаметром  $D=2 \text{ м}$ . Диаметр линзы  $d=200 \text{ мм}=0,2 \text{ м}$ .

На рис. 39  $Aa$  — крайний луч, преломляемый линзой (принимая во внимание оправу линзы), при-

чем  $aO = \frac{d}{2} = 0,1$  м. Из подобия треугольников  $A^1aO$  и  $A^1B^1B$  имеем (обращаем внимание на знаки):

$$\frac{-S'}{d/2} = \frac{-S^1 + T}{D/2}.$$

Отсюда:

$$S' = \frac{Td/2}{D/2 - d/2} = \frac{10 \cdot 0,1}{1 - 0,1} = -1,11 \text{ м.}$$

Таким образом определили положение мнимого изображения  $A'$ . Далее, по формуле [27] можем определить фокусное расстояние линзы  $f'$ , если зададимся расстоянием  $S$  от линзы до источника света  $A$ , или же можем определить расстояние  $S$ , задаваясь фокусным расстоянием. Обычно линзы подбираются из стандартных, а поэтому удобнее задаться известным фокусным расстоянием и посмотреть, не слишком ли велико  $S$  (см. Относительное отверстие).

Пусть  $f' = 0,25$  м. Преобразовав формулу [27], имеем:

$$S = \frac{f' s'}{f' - s'}.$$

Принимая во внимание знаки, получим:

$$S = \frac{0,25 \times (-1,11)}{0,25 - (-1,11)} = -\frac{0,25 \times 1,11}{0,25 + 1,11} = -0,204 \text{ м.}$$

Задаваясь крайними значениями  $D$  и  $T$ , можем указанным путем определить наибольшее и наименьшее удаление источника света от линзы и тем самым установить габариты прожектора и область перемещения источника света.

Как видно из рис. 39, на линзу падает световой поток, излучаемый лампой лишь в пространственном углу  $aAb$ . Остальной световой поток лампы, излучаемый в других направлениях, остается неиспользован-

ным. Для того чтобы направить на линзу световой поток, излучаемый лампой в других направлениях, сзади лампы обычно устанавливают сферический отражатель так, чтобы нить лампы была в его центре. Тогда падающий на зеркало свет отразится и пройдет через линзу. Применение сферического

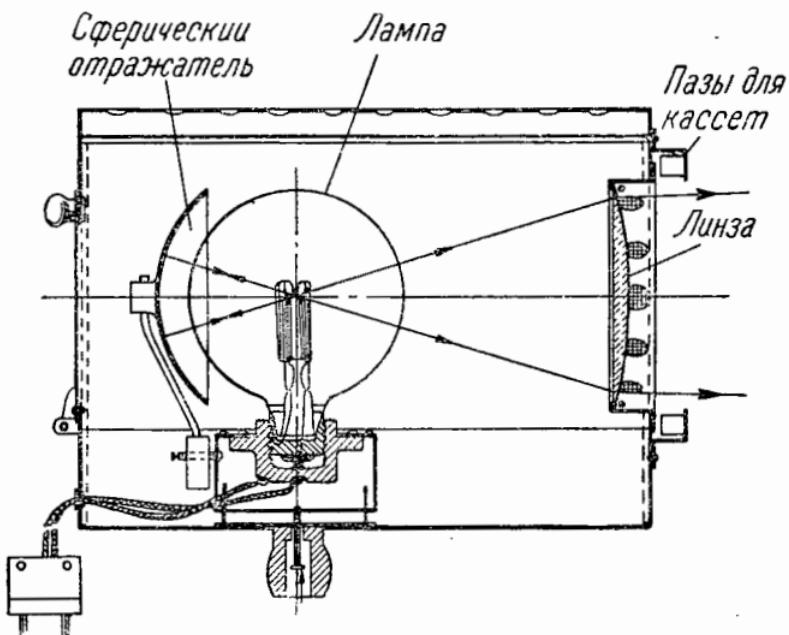


Рис. 40

отражателя повышает использование светового потока лампы примерно в 2 раза. Схематический разрез прожектора с отражателем показан на рис. 40.

Еще более рациональным оказывается применение эллиптического отражателя (см.) по схеме рис. 41. В этом случае значительная часть светового потока лампы проходит через линзу и образует световой пучок.

Проектор представляет собой значительно более сложный прибор, нежели прожектор. Он состоит из двух, обычно сложных, оптических систем: конденсора и объектива (рис. 42).

Конденсор предназначен для освещения диапо-

зитива — стеклянной пластинки или прозрачной пленки, на которой сфотографирована или нарисована в уменьшенном виде та картина, которая должна быть получена на экране. Для того чтобы изображение на экране было равномерной яркости, диапозитив должен быть равномерно освещен, для чего необходимо его устанавливать возможно ближе к конденсору.

Объектив предназначен для проектирования диапозитива на экран, то есть объектив создает на экране изображение диапозитива.

При расчете оптики проектора обычно задается расстояние от проектора до экрана  $S_1'$  и размер изображения  $Y_1'$ . Далее выбирается размер диапозитива  $Y_1$  (в соответствии с диаметром линз конденсора  $D$ ).

Таким образом, известно увеличение  $\frac{Y_1}{Y_1'}$ .

По формуле [26] определяется положение диапозитива  $S_1$ .

$$S_1 = S_1' \frac{Y_1}{Y_1'}.$$

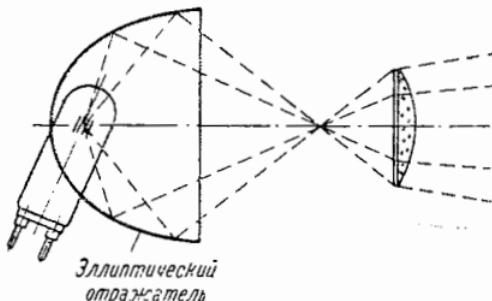


Рис. 41

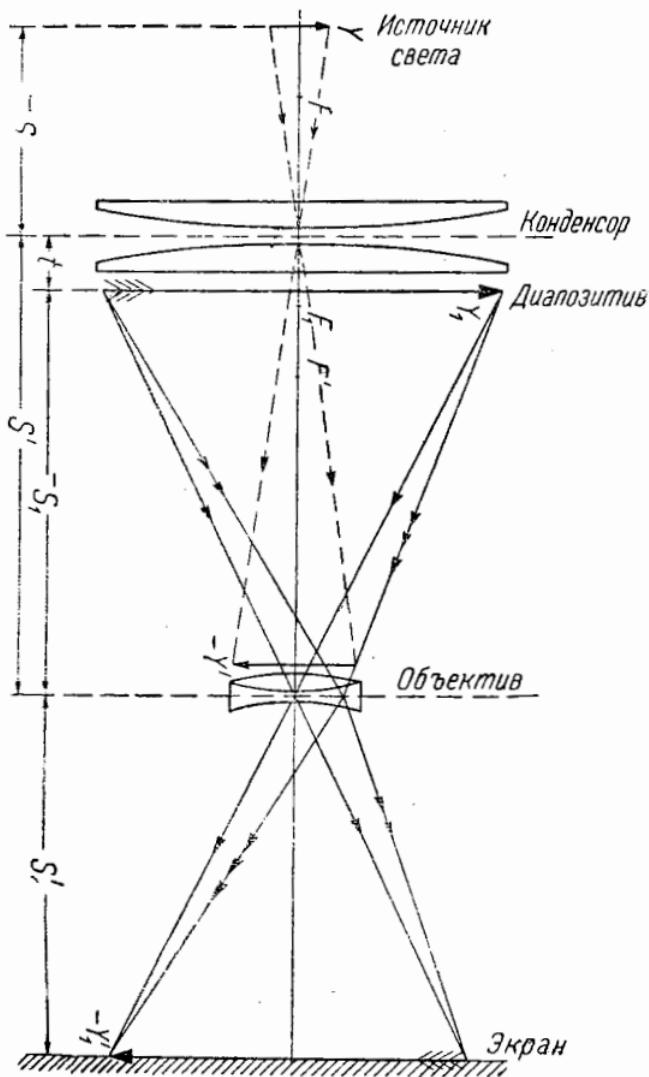


Рис. 42

По формуле [27] определяется фокусное расстояние объектива  $f_1'$ .

$$f_1' = \frac{S_1 S_1'}{S_1 - S_1'}.$$

Далее переходим к расчету системы конденсора. Для того чтобы все лучи, падающие от источника света на конденсор, прошли через объектив, необходимо, чтобы изображение источника света конденсором находилось в плоскости объектива и размер изображения был не более диаметра объектива.

Таким образом, зная размер изображения источника света  $Y'$  (в соответствии с диаметром объектива  $d$ ), а также размер источника света (нить лампы)  $Y$  и расстояние  $S'$ , определим по формуле [26] расстояние источника света от линзы  $S$ :

$$S = S' \frac{Y}{Y'}.$$

По формуле [27] подсчитываем фокусное расстояние конденсора  $f'$ :

$$f' = \frac{SS'}{S - S'}.$$

#### *Пример расчета оптики проектора*

Объектив. Известно:  $S_1' = 12 \text{ м}$ ,  $Y_1' = -6 \text{ м}$ ,  $Y_1 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$ .

$$S_1 = 12 \frac{0,12}{(-6)} = -0,24 \text{ м.}$$

$$f_1' = \frac{(-0,24) \times 12}{(-0,24) - 12} = \frac{0,24 \times 12}{0,24 + 12} = 0,235 \text{ м.}$$

Такого объектива нет, а имеется объектив с  $f = 0,225 \text{ м}$ .

Тогда определим по формуле [27] расстояние  $S_1$  для данного объектива:

$$S_1 = \frac{f_1' S_1'}{f_1' - S_1'} = \frac{0,225 \cdot 12}{0,225 - 12} = -0,23 \text{ м.}$$

Конденсор. Известно:  $Y = -0,04 \text{ м}$  (по диаметру объектива),  $Y = 0,017 \text{ м}$  (нить проекционной лампы 1000 вт),  $S' = S_1 + t = 0,23 + 0,05 = 0,28 \text{ м}$ , где  $t = 0,05 \text{ м}$  — расстояние от диапозитива до плоскости расположения конденсора (до центра конденсора, если он состоит из двух плоско-выпуклых линз, и до вершины линзы, если конденсор состоит из одной плоско-выпуклой линзы).

$$S = 0,28 \frac{0,017}{(-0,04)} = -0,12 \text{ м.}$$

$$f' = \frac{(-0,12) \times 0,28}{(-0,12) - 0,28} = \frac{0,12 \times 0,28}{0,12 + 0,28} = 0,084 \text{ м.}$$

Конденсорных линз с фокусным расстоянием  $f'_a = 0,084 \text{ м}$  в стандарте нет, а имеются линзы с  $f'_a = 0,15 \text{ м}$ . Следовательно, конденсор нужно составить из двух таких линз. Расстояние между вершинами  $d$  (см. Сила сложной оптической системы) найдем по формуле [29], имея в виду, что сила конденсора  $\varphi = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,084} = 12 D$ , а сила одной линзы  $\varphi_a = \frac{1}{f'_a} = \frac{1}{0,15} = 6,7 D$ :

$$d = \frac{2\varphi_a - \varphi}{\varphi_a^2} = \frac{2 \cdot 6,7 - 12}{6,7^2} = 0,03 \text{ м} = 3 \text{ см.}$$

Конденсоры (см. Проектор) обычно состоятся из так называемых конденсорных линз. Эти линзы, изготовленные из зеркального стекла, бывают разных диаметров и разных фокусных расстояний.

Объективы (см. Проектор). От объектива требуется образование по возможности неискаженного изображения. Поэтому объективы большей частью являются сложными оптическими системами

(см. Искажения оптическими системами). Линзы, из которых составляются объективы, изготавливаются из специального, так называемого оптического, стекла, отличающегося от обычного (например, зеркального) большим коэффициентом преломления и менее заметными дефектами. Коэффициенты преломления у разных сортов стекла имеют различные значения, примерно от 1,5 до 2 (коэффициент преломления зеркального стекла равен приблизительно 1,5). Если объектив состоит из нескольких линз, то они обычно изготавливаются из различных сортов стекла: это позволяет уменьшить искажения изображения (см. Искажения оптическими системами).

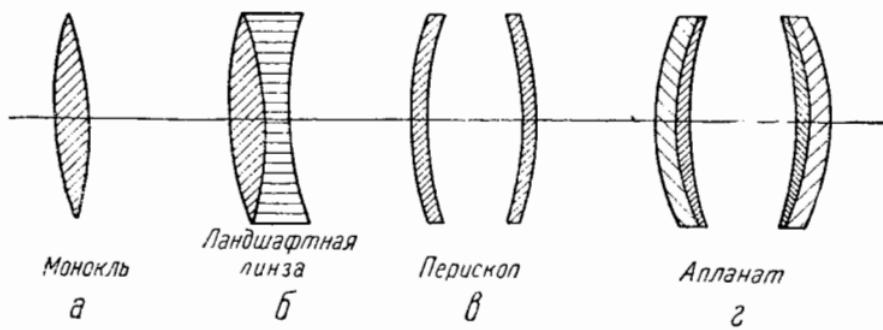


Рис. 43

Простейшим объективом является двояковыпуклая линза: монокль (рис. 43а). Применяются также: ландшафтная линза (рис. 43б) и перископ (рис. 43в). Более сложным, но и более совершенным объективом является апланат (рис. 43г), состоящий из двух симметрично расположенных склеенных линз. Имеются и другие типы объективов, еще более сложные, но для проекционных приборов они обычно не применяются.

Относительным отверстием объектива называется отношение диаметра  $d$  объектива к фокусному расстоянию  $f'$ :

$$\frac{d}{f'} \quad [30]$$

Это отношение имеет существенное значение для характеристики объектива, так как яркость изображения пропорциональна квадрату относительного отверстия: если относительное отверстие, например, увеличить в 2 раза, то яркость изображения возрастет в 4 раза.

Таким образом, желательно иметь объективы с возможно большим относительным отверстием. Величина относительного отверстия обычно написана на оправе объектива в виде отношения  $1:n$ , где  $n$  — некоторое число. Например, если написано  $1:8$ , то это значит, что относительное отверстие  $\frac{d}{f'} = \frac{1}{8}$ , то есть фокусное расстояние в 8 раз более диаметра:  $f' = 8d$ . Если  $f' = 200 \text{ мм}$ , то  $d = \frac{200}{8} = 25 \text{ мм}$ .

Большое увеличение относительного отверстия объектива при неизменном диаметре приводит к тому, что объектив должен составляться из очень выпуклых линз. Это в свою очередь увеличивает искажения изображения, и для исправления искажений приходится составлять очень сложные объективы. В сценических проекторах применяются менее сложные объективы со сравнительно меньшим относительным отверстием. Например, в фотографических аппаратах относительные отверстия объективов достигают значений  $1:2$ ,  $1:1,8$  и даже  $1:1,4$ . В сценических проекторах чаще встречаются объективы с относительным отверстием  $1:3$ ,  $1:4$ , иногда  $1:8$ .

Понятие относительного отверстия относится также и к конденсорам, а также и к линзам прожекторов. Для лучшего использования источников света желательно применять линзы большего диаметра.

### *Искажения оптическими системами*

Наиболее существенные искажения изображений возникают в результате сферической и хроматической aberrаций в оптической системе.

Сферическая aberrация заключается в том, что изображение точки оптической системой получается не в виде точки, а в виде более или менее размытого кружка (кружка рассеяния). Это явление изображено на рис. 44, где на линзу падает параллельный пучок света. Все лучи должны пройти через фокус  $F'$ . Однако, вследствие несовершенства оптики в фокусе пересекаются лишь те лучи, которые идут в непосредственной близости к оптической оси и преломляются в центре линзы. Чем дальше отстоят лучи от оптической оси, тем более их точка пересечения не совпадает с фокусом, тем ближе к линзе они пересекаются. Поэтому на экране, установленном в фокальной плоскости, получается изображение размытого кружка.

Сферическая aberrация до известной степени может быть исправлена. Объективы типа ландшафтной линзы (см. рис. 43б), то есть склеенные из по-

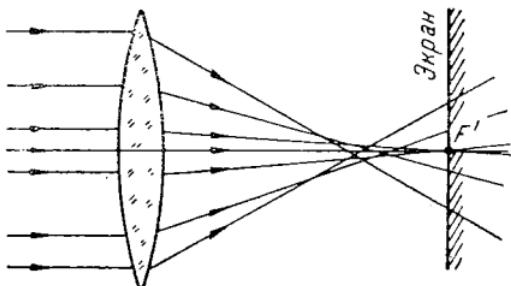


Рис. 44

ложительной и отрицательной линз, имеют значительно меньшую aberrацию, нежели объективы типа монокль (см. рис. 43а). Если мы имеем дело с плоско-выпуклой линзой (например, на прожекторе, или конденсор проектора), то сферическая aberrация будет значительно меньше в том случае, если выпуклая часть линзы направлена в ту сторону, где направление лучей ближе к параллельному оптической оси. Поэтому линзы в прожекторах и конденсорные линзы в проекторах нужно помещать плоской стороной к источнику света.

Хроматическая aberrация заключается в том, что изображение получается окрашенным по краям. Это происходит потому, что каждый участок линзы, как призма, разлагает белый свет на составные части. Лучи разного цвета преломляются линзой неодинаково и поэтому не собираются вновь в одной точке, а образуют кружок рассеяния, окрашенный по краям.

Исправление хроматической aberrации объективов обычно достигается тем, что объектив составляется из склеенных линз (см. рис. 43б и г), изготовленных из разных сортов стекла. Кроме того, хроматическая aberrация будет в известной степени исправлена и в том случае, если линзы изготовлены из одного сорта стекла, но между ними оставлен определенный воздушный промежуток (рис. 43в).

Прочие искажения оптическими системами заключаются в следующем: точка изображается в виде двух линий, расположенных в разных плоскостях (астигматизм) или в виде кружка рассеяния несимметричной формы (кома); плоский предмет получается изображенным на кривой поверхности (кривизна поля); разные части одной и той же плоскости получают на изображении различное увеличение (дисторсия).

Все перечисленные искажения могут быть до известной степени исправлены, причем степень исправленности зависит от требований, предъявляемых к изображению.

Важнейшее значение для того, чтобы не получать дополнительных искажений, имеет центрировка линз в оптической системе. Все линзы данной оптической системы должны быть очень тщательно установлены так, чтобы совпадали друг с другом их оптические оси.

### Диафрагмы

Диафрагмами называются преграды, ограничивающие проходящие через оптическую систему пучки лучей. Во всякой оптической системе диафрагмами являются прежде всего оправы линз. Кроме того, часто устанавливаются еще и другие диафрагмы.

В сценических проекторах диафрагмы устанавливаются либо около объектива, если объектив состоит из монокля или ландшафтной линзы, либо в центре объектива, если он состоит из перископа или апланата (см. Объективы). Если отверстие диафрагмы постепенно сужать, то яркость изображения будет уменьшаться. Это происходит потому, что через любую точку объектива проходят лучи от каждой точки предмета к каждой точке изображения (см. рис. 42).

Диафрагма может быть также установлена на некотором удалении от объектива: между объективом и диапозитивом, то есть перед объективом, а также за объективом. В этом случае при сужении диафрагмы будут перерезаться лучи, образующие лишь часть изображения. Поэтому снижение яркости будет происходить лишь на части изображения. Если диафрагма круглая, то центр изобра-

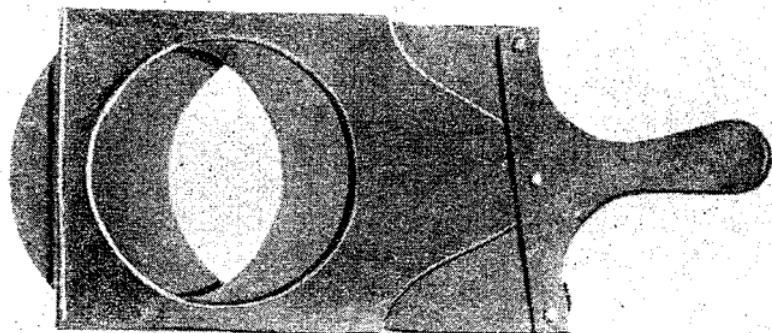


Рис. 45а

жения будет равномерной яркости, а далее к краям яркость будет постепенно уменьшаться. Это явле-

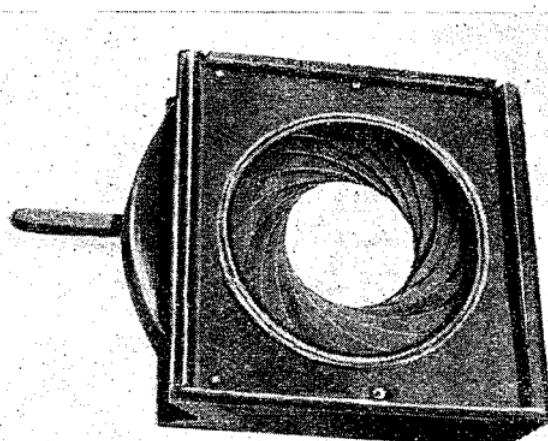


Рис. 45б.

ние называется виньетированием. На экране получается расплывчатое изображение диафрагмы. Придавая отверстию диафрагмы ту или иную форму, и изменением размеров ее отверстия можно добиться различных световых эффектов.

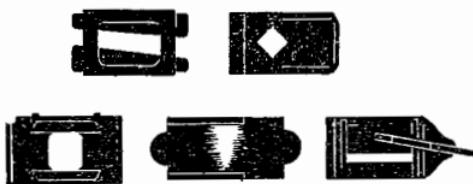


Рис. 45в

Четкое изображение диафрагмы получается в том случае, когда она совмещается с диапозитивом. В этом случае диафрагма играет роль маски или окантовки диапозитива. Подобная же маска может быть применена и на прожекторе, если желательно получить на экране не круглое пятно, а пятно какой-либо иной формы. Такая маска устанавливается вблизи линзы прожектора. На прожекторах применяются также и диафрагмы. Но здесь они играют роль маски с переменным размером отверстия.

Формы диафрагм, применяемых в театрах, изображены на рис. 45.

## **Глава 7**

### **СВЕТ И ЗРЕНИЕ**

Глаз заключен в оболочку, называемую склерой (рис. 46). В передней части склера переходит в прозрачную несколько выпуклую роговую оболочку.

По обеим сторонам роговой оболочки к склере прилегают мышцы, служащие для поворота глаза в разные стороны.

Под склерой находится сосудистая оболочка, состоящая из кровеносных сосудов, питающих глаз. Спереди сосудистая оболочка переходит в ресничное тело и радужную оболочку. К ресничному телу посредством цинновых связок прикреплен хрусталик, прикрытый спереди радужной оболочкой с круглым отверстием — зрачком. Хрусталик представляет собой прозрачную двояковыпуклую линзу. Выпуклость хрусталика может меняться посредством мышц ресничного тела.

Пространство между хрусталиком и роговицей заполнено прозрачной жидкостью. Пространство по другую сторону хрусталика (внутреннее пространство глаза) заполнено прозрачным веществом, так называемым, стекловидным телом.

К внутренней стороне сосудистой оболочки прилегает сетчатая оболочка (сетчатка), представляющая собой разветвление зрительного нерва, входящего в глаз в месте, называемом слепым пятном.

Сетчатка, имеющая сложное многослойное строение, в одном из своих слоев содержит светочувствительные элементы двух типов, так называемые палочки и колбочки. Палочки и колбочки различаются между собой как по своему строению, так и по системе связи с зрительным нервом.

Под действием света происходит раздражение светочувствительных элементов глаза, передаваемое зрительным нервом в мозг и вызывающее у человека ощущение света. Однако палочки и колбочки воспринимают свет различно: колбочки реагируют на большие яркости и на различие в цвете, палочки же работают при малых яркостях и не отмечают различия в цветах. В виду этого всю систему колбочек называют дневным аппаратом зрения, а систему палочек — сумеречным аппаратом.

Палочки и колбочки неравномерно размещены в сетчатке глаза. В частях сетчатки, удаленных от центра, колбочек почти нет, здесь преобладают палочки. Чем ближе к центру, тем больше и больше среди палочек появляется колбочек; и, наконец, недалеко от слепого пятна имеется небольшой

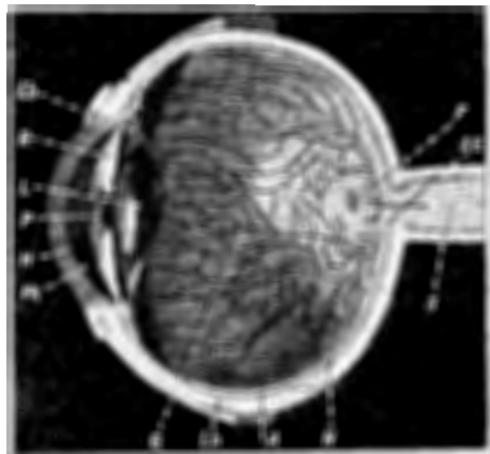


Рис. 46

Lb — цинновые связки; R — радиальная оболочка; L — хрусталик; P — зрачок; H — роговая оболочка; Vc — передняя камера; G — стекловидное вещество; Scl — склеры; A — сосудистая оболочка; N — сетчатка; SE — зрительный нерв; SE — слепое пятно; F — центральная ямка.

участок сетчатки, где преобладают колбочки. Этот участок, окрашенный в желтый цвет, называется желтым пятном. В центре желтого пятна имеется углубление — центральная ямка, заполненная исключительно колбочками. Таким образом, при больших яркостях в основном работают области сетчатки вблизи желтого пятна и самое желтое пятно. При малых яркостях работают области сетчатки, удаленные от центра, периферические участки.

На участке сетчатки, называемом слепым пятном, отсутствуют как палочки, так и колбочки. Если свет попадает только на слепое пятно, то глаз на него не реагирует: человек не замечает света.

Процесс зрительного восприятия заключается в том, что свет от предметов, находящихся перед глазом, попадает на роговую оболочку глаза, проходит через прозрачную жидкость и хрусталик, преломляется им, и на сетчатке получается действительное, обратное, уменьшенное изображение предмета. В месте образования изображения на сетчатке происходит раздражение светочувствительных элементов сетчатки, передающееся в мозг. Хотя изображение на сетчатке получается обратным, но человек по привычке воспринимает его расположенным правильно.

Так как предметы обычно находятся на разных расстояниях от глаза, то при неизменном фокусном расстоянии (см.) хрусталика изображения получались бы на разных расстояниях от сетчатки. Но хрусталик имеет возможность менять свою выпуклость, а вместе с тем и фокусное расстояние, при помощи ресничного тела. Таким образом, в зависимости от расстояния между глазом и рассматриваемым предметом, глаз так приспосабливает свой хрусталик, что изображение всякий раз получается на сетчатке.

Световой чувствительностью глаза называется способность глаза различать в темноте предельно малые яркости. В этом отношении глаз является чрезвычайно чувствительным аппаратом. Некоторые опыты доказывают, что глаз может заметить в полной темноте пламя обычной свечи, находясь от нее на расстоянии 27 км. Конечно, это возможно только в том случае, если глаз соответствующим образом приспособлен к окружающей его обстановке темноты (см. Адаптация).

Адаптацией называется приспособление глаза к тем или иным световым условиям. Выходя из темного помещения на ярко освещенную улицу, мы в течение некоторого времени с трудом различаем находящиеся вокруг нас предметы. Затем глаз постепенно приспособляется — адаптируется — к большим яркостям, человек начинает все лучше и лучше различать окружающие предметы, пока глаз не достигнет такого состояния, когда улучшение различения приостановится. Приспособление глаза к светлому окружению называется световой адаптацией.

Примерно то же будет происходить, если из ярко освещенного помещения войти в слабо освещенное. Сначала в темном помещении трудно что-либо различать, но постепенно глаз приспособляется к окружающей обстановке, и человек начинает различать находящиеся в помещении предметы: сначала более крупные и относительно более светлые, затем менее крупные и более темные. Приспособление глаза к темному окружению называется темновой адаптацией.

Время, необходимое для полного приспособления глаза к данному световому режиму, различно и зависит как от тех условий, в которых глаз находился до перехода в новый режим, так и от све-

товых условий самого нового режима. Чем больше эти два режима отличаются друг от друга, тем больше времени пройдет до завершения адаптации глаза.

Когда глаз находится в светлом окружении, чувствительность его понижена. Переходя в более темное окружение, чувствительность глаза возрастает, причем это происходит очень быстро в первые секунды и минуты. Так, например, в одном из проведенных опытов чувствительность за 30 сек. возросла в 20 раз, в следующие  $3\frac{1}{2}$  мин. — лишь в 4 раза против первого возрастания. Далее рост чувствительности еще более замедляется, хотя наблюдается и через 60—80 мин., а в некоторых опытах был отмечен и через 24 часа.

Когда глаз находится в темном окружении, чувствительность его повышена, при переходе же в светлое окружение уменьшается. Так, в одном из проведенных опытов через 30 сек. пребывания в светлом помещении чувствительность понизилась в 17 раз, через следующие 30 сек. — в 1,7 раза по отношению к предыдущей, через следующие  $1\frac{1}{2}$  мин. — в 1,6 раза, через следующие 3 мин. — лишь в 1,25 раза. Дальше чувствительность понижается столь медленно, что в обычных условиях это изменение чувствительности не замечается.

Для театральной практики можно полагать, что световая адаптация заканчивается в течение  $1-1\frac{1}{2}$  мин., а темновая адаптация — в течение 2—3 мин.

Можно указать, в виде примера, на так называемые „чистые перемены“, то есть перемену декораций при открытом занавесе и выключенном в зале и на сцене освещении. Само собой понятно, что полной темноты в этом случае не достигается, и зрители, адаптируясь к темноте, постепенно на-

чинают различать происходящую на сцене смену декораций. Чтобы эта операция была более „чистой“, необходимо ее продолжительность по возможности сократить. Кроме того „чистые перемены“ будут более „чистыми“ после больших яркостей на сцене, после „дневных“ сцен, чем после „ночных“ сцен.

Контрастом называется различие в яркостях между двумя поверхностями или между предметом или деталью и фоном, на котором этот предмет или деталь рассматриваются. Контраст, характеризующий различие в яркостях, называется яркостным в отличие от цветового контраста, характеризующего различие по цвету (см. Цветовой контраст). Если обозначить неравные яркости через  $B_1$  и  $B_2$  и при этом считать, что  $B_1$  больше  $B_2$  ( $B_1 > B_2$ ), то контраст  $K$  выразится следующим отношением:

$$K = \frac{B_1 - B_2}{B_1}, \quad [31]$$

то есть контраст равен отношению разности яркостей к большей яркости.

Если яркости  $B_1$  и  $B_2$  равны между собой ( $B_1 = B_2$ ), то контраст равен нулю ( $K=0$ ). Если одна из яркостей равна 0 (например,  $B_2=0$ ), то контраст равен единице ( $K=1$ ). Это два крайних случая, когда контраст является наименьшим и наибольшим. Все остальные возможные контрасты, следовательно, будут равны долям единицы.

Если предмет и фон имеют одинаковую освещенность, но отличаются между собой коэффициентами отражения  $\rho_1$  и  $\rho_2$  (при этом  $\rho_1$  больше  $\rho_2$ ), то контраст может быть выражен как отношение разности коэффициентов отражения к большему коэффициенту отражения:

$$K = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}. \quad [32]$$

Вполне понятно, что чем больше различие в яркостях между предметом и фоном, между двумя предметами, между двумя поверхностями и т. д., то есть чем больше между ними контраст, тем лучше они отличимы друг от друга. Наоборот, чем меньше контраст, тем труднее они отличимы друг от друга. На белом экране черное пятно очень хорошо заметно, серое пятно — гораздо хуже, белое пятно — почти совсем не заметно, а иногда и просто не различимо.

Если нужно постоянно выделять одного актера среди всех прочих, то его следует одеть в одежду, сильно отличающуюся от одежды прочих актеров. Например, если большинство актеров имеет серую или темную одежду, то одежду нашего актера нужно сделать светлой или очень темной. Другой возможный случай выделения актера заключается в дополнительном освещении его прожектором. Иногда желательно обратить внимание зрителей на какую-либо часть сцены, на группу актеров и т. п.; тогда уменьшают освещенность на остальной части сцены, на других актерах, а желательный участок сцены становится видным более отчетливо.

В этих случаях использования контраста величина освещенности или яркости играет сравнительно незначительную роль. Это видно из выражения контраста [31], куда входит отношение яркостей. Например, если на сцене созданы большие яркости и какой-либо актер дополнительно освещен прожектором, то он будет виден менее рельефно, чем если бы этого актера осветить на темной сцене, создав на нем значительно меньшие освещенности, чем в первом случае.

Рассмотрим еще следующие два примера.

Зритель должен получить впечатление солнечного дня на сцене. Создать на сцене столь же

большие яркости, как это имеет место в действительности, то есть, скажем, не менее 20000 лк, мы не можем. Тогда прибегают к следующему. Оставляют зрительный зал на несколько минут в полной темноте, выключив, по возможности, все находящиеся в зале источники света (безусловно должна быть выключена рампа). Тем самым зрители адаптируются к темноте. Затем внезапно включают на сцене все источники света и создают тем самым наибольшую возможную освещенность (скажем, несколько сот или тысячу люкс). Этим создается последовательный яркостный контраст, то есть внезапный переход от темноты к свету, и зритель получает впечатление ярко освещенной сцены.

Другой пример — когда нужно создать на сцене впечатление ночи. Конечно, можно было бы просто создать малые освещенности на сцене. Но мы должны при этом иметь в виду, что зритель должен различать на сцене актеров, а очень часто (даже вочных сценах) и лицо актера. Поэтому освещенности на сцене не могут быть слишком низкими (как это имеет место в природе), скажем, десятые или сотые доли люкса, но должны быть средних значений: несколько люкс или даже еще более высокие. В этом случае не нужно предварительно погружать зрительный зал в темноту, но сразу после выключения зала открыть сцену. Тогда первое впечатление, в виду последовательного яркостного контраста, будет таким, что на сцене ночь. Это первое впечатление останется у зрителя, но через несколько минут после адаптации к сценическим яркостям зритель уже будет различать на сцене все необходимые детали.

Контрастной чувствительностью называется способность глаза различать при данных

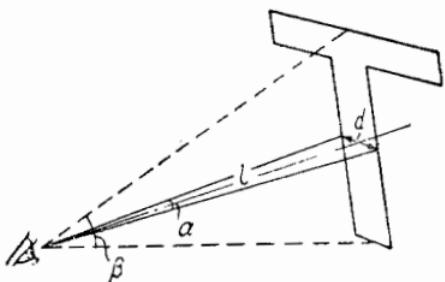


Рис. 47

но имеют место на сцене, контрастная чувствительность глаза может считаться неизменной.

Угловым размером предмета называется угол между линиями, проведенными от глаза к крайним точкам предмета (рис. 47). Например, на рис. 47 угловым размером буквы *T* по вертикали является угол  $\beta$ , по горизонтали — угол  $\alpha$ . Обычно под угловым размером понимается наименьший угол, то есть на рис. 47 угол  $\alpha$ . Угловой размер характеризуют часто отношением наименьшего размера  $d$  различаемого предмета к расстоянию его до глаза  $l$ . При малых размерах различаемого предмета это отношение приближенно определяет тангенс углового размера, то есть:

$$\operatorname{tg} \alpha \cong \frac{d}{l}. \quad [33]$$

Обычно для практических случаев это выражение достаточно точно и, таким образом, зная его, можно найти по таблицам угол  $\alpha$ .

Остротой зрения называется способность глаза различать при данных световых условиях предметы детали предельно малых угловых раз-

световых условиях предельно малые контрасты. Контрастная чувствительность глаза считается тем более высокой, чем меньшие контрасты глаз способен различить. Контрастная чувствительность понижается при малых яркостях и при очень больших яркостях. В пределах тех яркостей, которые обыч-

меров. Чем меньше угловой размер детали, которую способен различить глаз, тем выше считается острота зрения.

Острота зрения зависит от яркости различаемой детали, а так как яркость данной детали, предмета зависит от освещенности, то и острота зрения зависит от создаваемой на предмете освещенности. Чем выше освещенность (яркость), тем больше острота зрения, тем более мелкие детали, подробности глаз способен различать.

Средний человеческий глаз (нормальный) способен различать детали, предметы, угловые размеры которых не ниже  $\alpha = 1'$ , то есть отношение  $\frac{d}{l}$  не менее  $\frac{d}{l} = 0,00029$ .

Например, зададимся целью, чтобы зрители видели глаза актера. Пусть размер глаза равен приблизительно  $d = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$ . Зритель может различить глаз (конечно, при соответствующих осветительных условиях), если он находится от него на расстоянии не более, чем

$$l = \frac{d}{0,00029} = \frac{0,01}{0,00029} = 34,5 \text{ м},$$

так как в этом случае угловой размер глаза равен  $\alpha = 1' (\frac{d}{l} = 0,00029)$ .

Однако для того, чтобы увидеть столь мелкие предметы, детали, подробности, нужно создать соответствующие осветительные условия. Во-первых, освещенность должна быть достаточной. Если освещенность мала, то зритель не сможет различить глаза актера не только с расстояния 34,5 м, но и с гораздо меньшего расстояния. Во-вторых, важнейшее значение имеет контраст между различаемым предметом, деталью и фоном, на котором

они рассматриваются. Чем больше контраст, тем более мелкие детали способен различить глаз или тем с большего расстояния он увидит данную деталь.

Поэтому, например, актеры обычно обводят глаза темной краской. С одной стороны это „увеличивает“ размер глаза, с другой стороны создает больший контраст между глазом и остальной поверхностью лица. С этой же целью актеры очень густо красят губы, так как при малом их угловом размере и малом контрасте между губами и кожей лица они плохо различимы даже с близкого расстояния. С этой же целью чернятся брови. Причем брови обычно рисуются значительно выше над глазами, чем естественные брови. Если бы брови нарисовать близко к глазу, то промежуток между бровями и глазом был бы такого малого углового размера, что он не был бы различим, и зрителю казалось бы, что бровей у актера вовсе нет. Нужно размер промежутка между бровями и глазами значительно увеличить, чтобы брови были отделены от глаза, не сливались с ним.

По той же причине, например, нельзя на сцене слишком сильно понижать освещенность, если зритель должен различать какие-либо детали. В ночной сцене приходится подсвечивать актера, так как иначе его движения, а тем более мимика, остались бы не замеченными зрителем.

Следует не забывать также и того, что зрители размещаются на разных расстояниях от сцены, начиная с нескольких метров и кончая десятками метров. Поэтому, если создать некоторую освещенность на сцене, достаточную для того, чтобы необходимые детали различал зритель 5 ряда партера, то необходимо проверить, как будет видеть при этом зритель 20 ряда партера или балкона.

Конечно, с очень далеких мест зритель бесспорно будет пользоваться биноклем, но такая проверка видимости сцены с различных мест зрительного зала необходима.

Таким образом, для создания благоприятных условий видения важную роль играет не только образование достаточно больших контрастов, но и создание необходимых освещенностей, обеспечивающих условия различения отдельных деталей. Яркостные контрасты обеспечивают общее представление о сцене, обращают внимание зрителя на отдельные ее участки, а достаточная освещенность этих участков делает возможным различение подробностей на них.

## **Глава 8**

### **ЦВЕТА**

**Белый цвет.** Дневной свет и свет обычных ламп накаливания называется белым светом или смешанным, так как он не является однородным (см.), а состоит из смеси различных цветов. Если взять специальный прибор, называемый призмой (см.), и с одной стороны направить на нее узкий пучок белого света, то с другой стороны свет выйдет уже не белым, но разложенным на его составные части. Если вышедший из призмы свет перехватить на белый экран, то на экране образуется разноцветная полоска, называемая спектром. Схема спектра белого цвета—последовательное расположение всех видимых человеческим глазом цветов—представлена на рис. 48. Крайними цветами являются красные и синие. Все остальные цвета располагаются между ними. Всех цветов—бесконечное множество. Человеческий глаз может при самых благоприятных условиях отличить друг от друга лишь 100—200 или несколько более спектральных цветов.

#### *Характеристики цветов*

Названия имеют лишь несколько цветов или, вернее, несколько областей, близко лежащих друг к другу цветов. Так, например, одна из крайних областей спектра называется красной, рядом с ней—оранжевая область, далее—желтая, зеленая, синяя. Иногда делят эти области на промежуточные и называют их составными именами, как то: красно-

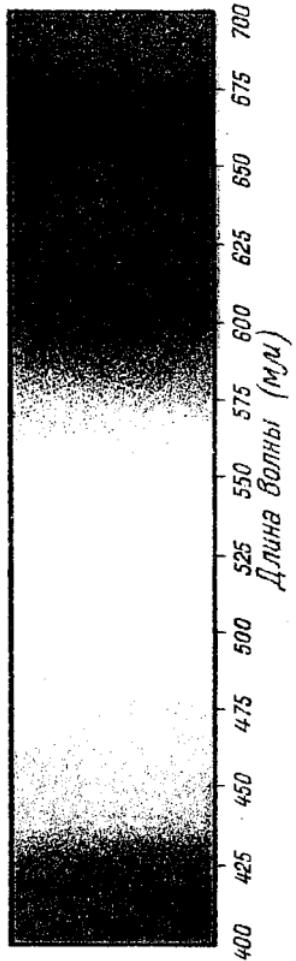


Рис. 48

оранжевая — между красной и оранжевой; желто-оранжевая — между оранжевой и желтой; желто-зеленая — между желтой и зеленой; сине-зеленая — между синей и зеленой, и т. д. Названия цветов являются неточным определением цвета, во-первых, потому, что название охватывает целую область, во-вторых, потому, что даже самое разграничение областей является приблизительным. Одни люди называют, например, синие цвета, близкие к зеленым, еще синими, а другие уже — зелеными, а третьи — сине-зелеными. Поэтому необходимо иметь точные обозначения цветов.

Для полной характеристики цвет обозначается тремя величинами: цветовым тоном, чистотой цвета и яркостью. Первые две величины являются качественными характеристиками, а третья — количественной.

Цветовым тоном называется то характеристическое качество, которое отличает данный цвет от белого и серого. Названия цветов — красный, синий и пр. — являются приблизительными обозначениями цветового тона.

Точной характеристикой цветового тона является длина волны  $\lambda$  (лямбда), которая выражается в микронах ( $\mu$  — „мю“), или миллимикронах ( $m\mu$ ). Один микрон есть тысячная доля миллиметра ( $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$ ). Один миллимикрон есть тысячная доля микрона ( $1 m\mu = 0,001 \mu$ ), или миллионная доля миллиметра ( $1 m\mu = 0,000001 \text{ mm}$ ).

Весь видимый спектр лежит в области от 400 до 700  $m\mu$  (рис. 48). Это, конечно, приблизительно, так как некоторые люди различают цвета и меньшей длины волны, например, 380  $m\mu$ , и большей, например, до 730, 760  $m\mu$ . Принятые названия цветов примерно соответствуют следующим длинам волн.

Таблица 2

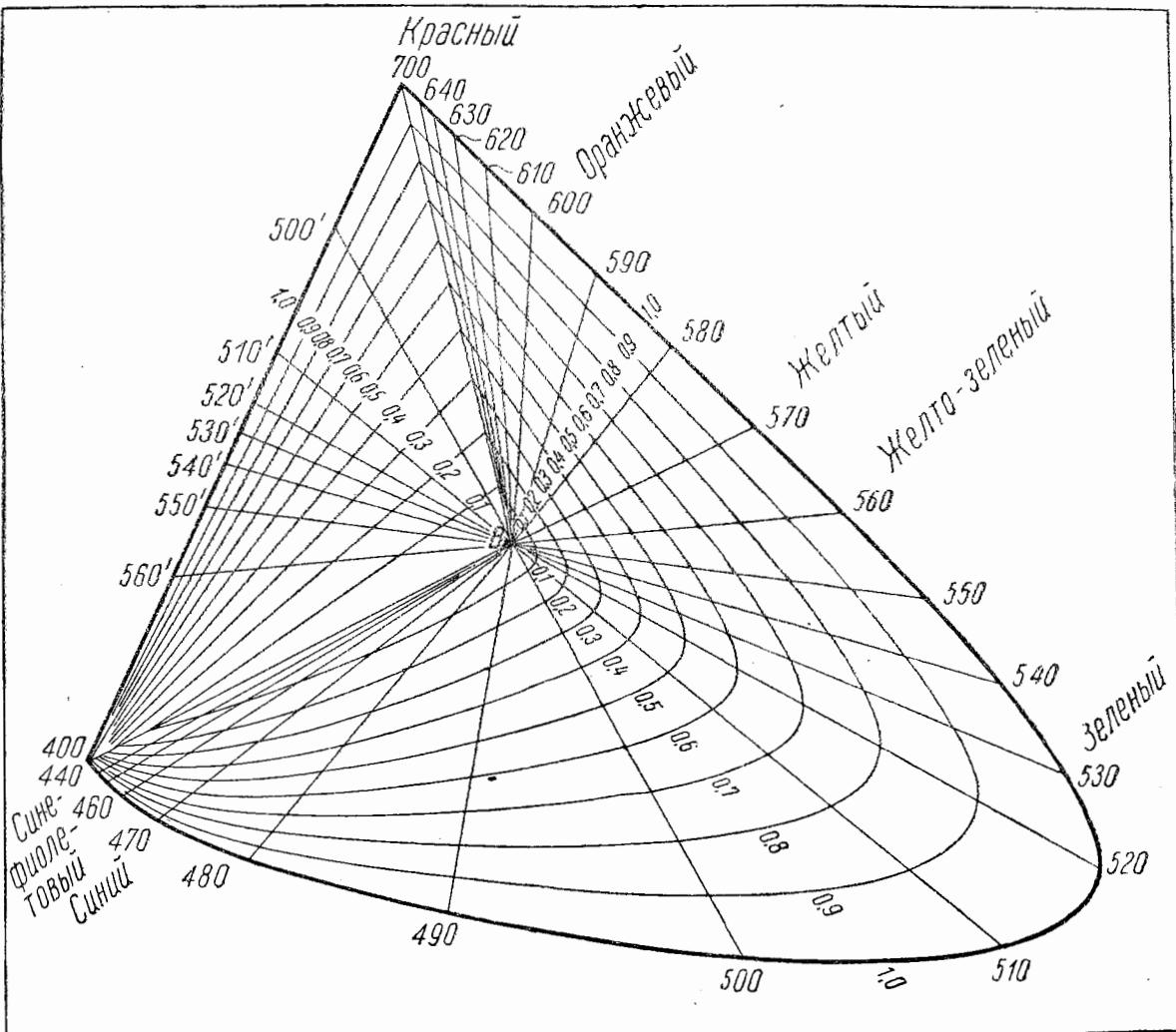
Длина волны мк	Название цвета	Длина волны мк	Название цвета
760	Крайний красный	570	Желтый
685	Красный	565	Желто-зеленый
655	Граница красного и оранжевого	530	Зеленый
610	Оранжевый	490	Сине-зеленый
575	Золотисто-желтый	470	Синий
		430	Ультрамариновый
		400	Сине-фиолетовый

Таким образом, чем меньше длина волны, тем ближе цвет к синему, чем больше длина волны, тем ближе цвет к красному.

За коротковолновой областью видимого спектра, то есть далее 400 и 380 мк, лежит невидимая часть спектра — ультрафиолетовая. За длинноволновой областью видимого спектра, то есть еще дальше 720 и 740 мк, также лежит невидимая часть спектра — инфракрасная.

Однородным или монохроматическим цветом называется такой цвет, который не имеет примесей других цветов. Например, каждый в отдельности спектральный цвет является однородным.

Чистота цвета характеризует наличие примеси белого к данному спектральному. Чистота  $p$  спектрального цвета, не имеющего примеси белого цвета, равна 1 ( $p=1$ ). Если к спектральному цвету добавить белый, то чистота такого цвета будет меньше чистоты спектрального цвета, меньше 1. Добавляя к спектральному все больше и больше белого, будут получаться все более и более бледные



смеси, пока, наконец, они не станут неотличимы от белого. Чистота белого равна 0 ( $p=0$ ). Таким образом, каждый цвет, отличающийся от спектрального и белого, имеет чистоту меньшую 1, но большую 0.

Примесь белого к спектральному цвету изменяет лишь его чистоту, но не изменяет цветового тона. Поэтому всякая смесь спектрального цвета с белым имеет тот же цветовой тон, что и спектральный цвет, а, следовательно, определяется той же длиной волны. Цвет, характеризуемый  $\lambda = 685 \text{ мкм}$  и  $p = 1$ , есть красный спектральный цвет. Цвет, характеризуемый  $\lambda = 685 \text{ мкм}$  и  $p = 0,5$ , есть тот же красный, но содержащий 50% примеси белого. Цвет, характеризуемый  $\lambda = 685 \text{ мкм}$  и  $p = 0,25$ , есть тот же красный, но содержащий 75% белого (смесь из 25% спектрального и 75% белого).

**Цветовой график.** Цветовой тон и чистота цвета ( $\lambda$  и  $p$ ) качественно характеризуют любой цвет. По цветовому тону все цвета определяются той или иной длиной волны в промежутке от  $\lambda = 400 \text{ мкм}$  до  $\lambda = 700 \text{ мкм}$ . Каждый цвет, кроме того, может иметь любую чистоту, начиная с  $p = 1$  и кончая  $p = 0$ . Все многообразие цветов может быть изображено на цветовом графике (рис. 49).

Кривая, ограничивающая график (изображена жирной линией), является местом, где последовательно расположены все спектральные цвета. Центр графика — точка  $B$  — положение белого. Остальное пространство графика, ограниченное кривой спектральных цветов и прямой *красный — сине-фиолетовый*, содержит все остальные возможные цвета. По прямым, соединяющим белую точку  $B$  с ограничивающей график кривой, расположены цвета одного и того же цветового тона, но различной чистоты, причем чистота цвета  $p = 0$  находится

в точке  $B$ , а чистота цвета  $p=1$  — в точке пересечения прямых с кривой спектральных цветов (где и отмечена длина волны). Прямые, соединяющие белую точку  $B$  с кривой спектральных цветов, разделены на несколько отрезков, соответствующих различным значениям чистоты цвета. Точки на этих прямых, обозначающие одну и ту же чистоту цвета, соединены между собой кривыми. Таким образом, по этим кривым (изображены тонкими линиями) расположены цвета всех длин волн одной и той же чистоты, как и по кривой спектральных цветов, где чистота цвета равна 1.

Яркость (см.) является количественной характеристикой цвета. Цвета, качественно одинаковые, то есть одного и того же цветового тона и чистоты цвета, но различной яркости, вызывают совершенно различные ощущения. Так, например, белый, серый и черный — это все тот же белый, но имеющий различную яркость. Цвет, который мы характеризуем при больших яркостях желтым, при малых яркостях будет восприниматься нами как коричневый. Точно так же розовый цвет при малых яркостях будет казаться цвета бордо, и т. д.

Абсолютное значение яркости зависит как от коэффициентов отражения или пропускания тела, так и от освещенности поверхности. Освещенность поверхности не присуща свойствам данного тела и зависит от внешних осветительных условий, которые могут быть самыми различными. Поэтому для характеристики самого тела абсолютное значение яркости применять неудобно. Для яркостной характеристики тела пользуются не абсолютным значением яркости, а относительным: для поверхностей — коэффициентом отражения, а для просвечивающих тел — коэффициентом пропускания.

Кривой спектрального отражения (пропускания) называется графическое изображение коэффициентов отражения (пропускания) данной поверхности (светофильтра) относительно всех цветов спектра. На графике рис. 50 по горизонтальной оси отложены длины волн цветов спектра, а по вертикальной оси — коэффициенты пропускания светофильтра (или коэффициенты отражения непро-

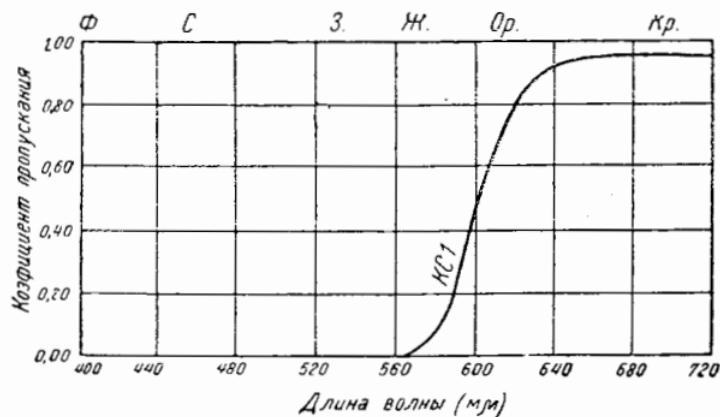


Рис. 50

зрачных поверхностей). Кривая графика показывает изменение коэффициента пропускания вдоль всего спектра. Так, например, коэффициент пропускания  $\tau$  для цвета  $\lambda = 640 \text{ мкм}$  равен  $\tau = 0,92$ , а для цвета  $\lambda = 480 \text{ мкм}$  равен  $\tau = 0$ . По общему ходу кривой спектрального пропускания видим, что данный светофильтр (светофильтр КС 1 завода ИЗОС, см. таблицу 7) имеет высокие коэффициенты пропускания в красной области спектра, понижающиеся в желтой и равные 0 в остальных областях спектра. Поэтому нетрудно предположить, что белый свет после прохождения этого светофильтра преобразуется во

всяком случае не в синий или зеленый, или желтый, а в красный или, быть может, в красно-оранжевый.

**Насыщенность цвета.** Если мы разложим белый цвет на составные части, то есть получим спектр и приглядимся к нему, то мы увидим, что спектральные цвета кажутся нам несколько отличными друг от друга. Посмотрим на красные или синие цвета. Мы можем с уверенностью сказать, что в этих цветах нет примеси белого: они нам кажутся очень „насыщенными“. Если же мы посмотрим на желтый, то по сравнению с красным или синим он нам покажется менее „насыщенным“, как будто в нем есть примесь белого; и если эту примесь убрать, то он может быть еще более „насыщенным“. Но это только кажущееся явление, вызываемое свойством нашего глаза. На самом деле в спектральном желтом никакой примеси белого нет, и чистота (см.) его, так же как и красного и синего,  $p=1$ . Если придать к спектральным красному, синему и желтому равную примесь белого, то и в этом случае желтый нам будет казаться менее насыщенным, чем красный или синий. Чем больше мы прибавляем белого к спектральным, тем меньше их чистота и тем меньше их насыщенность. Но уменьшение насыщенности происходит неравномерно по спектру. Если при некоторой примеси белого мы уже желтый не можем отличить от чисто белого, хотя чистота  $p$  не равна 0, то красный и синий мы еще отличаем. Прибавляя еще более белого, мы, наконец, не сможем отличить от белого и синего цвета, а красный все еще отличаем. И лишь тогда перестаем отличать красный от белого, когда в смеси красного и белого почти 100% занимает белый цвет.

Это очень важное явление для театральных работников. Если сцена освещена белым светом, то

для того, чтобы зритель почувствовал красноту, достаточна совершенно незначительная добавка красного света. Чтобы почувствовать синеву, нужно гораздо больше синего света. А чтобы почувствовать желтизну,—еще больше желтого света. (Это, однако, еще не вполне может служить рецептом для выбора числа осветительных приборов, так как приходится учитывать коэффициент пропускания светофильтров. См. Цветные группы осветительных приборов).

Насыщенность цвета зависит в значительной мере от яркости. При малых яркостях, когда только начинается различение цветов (см. Дневное и сумеречное зрение), их насыщенность представляется очень малой. С увеличением яркости увеличивается и насыщенность, и при некоторых яркостях насыщенность будет наибольшей. Вслед за этим, при дальнейшем повышении яркостей, насыщенность вновь понижается, и цвета кажутся блеклыми, как будто к ним подмешан белый.

Яркости, при которых достигается наибольшая насыщенность некоторых цветов, приблизительно указаны в таблице 3.

Таблица 3

Длина волны мк	Название цвета	Наибольшая насыщенность цветов достигается при:	
		яркости мсб	яркости лк/б (асб)
685	Красный . . . . .	0,5	17
610	Оранжевый . . . . .	0,6	20
570	Желтый . . . . .	2,9	90
565	Желто-зеленый . . . . .	3,2	100
530	Зеленый . . . . .	2,1	65
470	Синий . . . . .	0,15	5

Таким образом, для получения наибольшей насыщенности синих и красных цветов их яркость должна быть совсем незначительной. В несколько раз больше должна быть яркость зеленых цветов и наибольшей — яркость желтых цветов. Это обстоятельство существенно иметь в виду как при освещении горизонта, так и при общем освещении сцены.

**Дневное и сумеречное зрение.** Работа глаза в дневное время протекает иначе, чем в сумеречное. Особенно резкое различие наступает, когда яркость окружающих поверхностей снижается до области около 1 лк/б и ниже. Разница с точки зрения работы светочувствительного аппарата заключается в том, что в дневное время, фактически уже начиная с 20—25 лк/б, работает колбочковый (дневной) аппарат глаза, а начиная с 1 лк/б и ниже — в сумерки — палочковый (сумеречный) аппарат глаза. В пределах 1—25 лк/б работают оба аппарата. Колбочковый аппарат обладает способностью различать цвета; палочковый этой способностью не обладает. Поэтому при низких яркостях, в сумерках, мы либо совсем не различаем, либо очень плохо различаем цвета. При снижении освещенности глаз все хуже и хуже начинает различать цвета. При этом прежде всего ухудшается различие красного цвета, который при достаточно низких освещенностях кажется нам уже синевато-серым. При дальнейшем снижении яркостей постепенно представляются нам серыми все остальные цвета, и в последнюю очередь исчезает синий цвет. Конечно, это при освещении цветных объектов таким белым светом, как дневной. Свет лампы накаливания, по сравнению с дневным, желтее. Поэтому и при уменьшении его яркости этот разрыв несколько сглаживается, так как желтоватый

цвет в смешении с синим дает синий, но уже ближе к зеленой области. Если же, как обычно, уменьшение яркости достигается при понижении напряжения на лампах, то есть уменьшением накала их нити, то при этом происходит одновременное покраснение света и всех освещаемых объектов, и исчезновение всех цветов фактически происходит одновременно. Это вызывает неестественное, непривычное впечатление.

#### *Смешение цветов*

Смешением цветов называется явление образования нового цвета путем составления его из нескольких других. Образование нового цвета при смешении цветов возможно потому, что глаз не различает в смеси отдельных ее составляющих, но воспринимает лишь результирующий цвет смеси.

Белый свет является смесью большого числа цветов, но мы эту смесь воспринимаем только как белый цвет, а отдельных составляющих цветов не различаем.

Смесь спектрального цвета с белым является новым цветом, в котором мы не различаем отдельно белого и отдельно спектрального.

Любые спектральные (однородные) цвета после смешения образуют новый цвет, но уже не однородный, а сложный. Любые сложные цвета также могут быть смешаны и опять составят новый цвет.

Спектральные цвета и их смеси с белым составляют все многообразие цветов. Поэтому любому цвету, сколь угодно сложного состава, будет точно соответствовать некоторый спектральный (однородный) цвет, смешанный в определенной пропорции с белым. Следовательно, любой сложный цвет может быть точно охарактеризован значениями длины волны (цветовым тоном) и чистоты цвета.

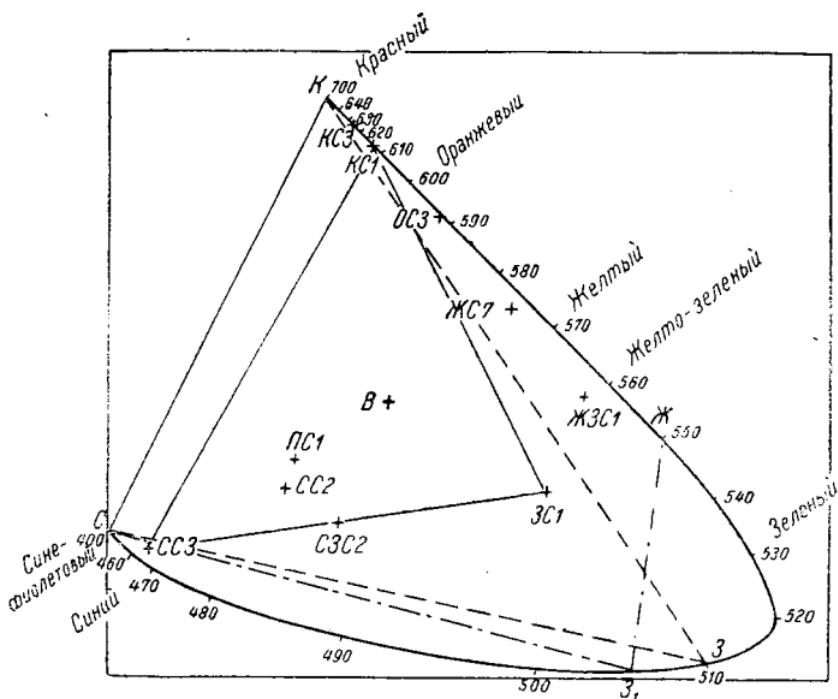


Рис. 51

Смешение цветов имеет большое практическое значение. Действительно, если взять два однородных цвета, например, красный и зеленый, и смешивать их в разных пропорциях, то получим по цветовому тону все цвета, лежащие между ними в спектре: желто-зеленые, желтые, оранжевые, красно-оранжевые. Если взять еще синий цвет и смешивать его с первыми двумя и со всеми образованными ими смесями, то получим по цветовому тону все возможные цвета. Правда, многие из них будут малой чистоты. По цветовому графику это хорошо видно (рис. 51). Цвета, которые могут быть полу-

чены в результате смешения красного, зеленого и синего, лежат в области графика, ограниченной треугольником  $KZC$ . Для того чтобы расширить эту область, необходимо увеличить число смешиваемых цветов. Например, если даже взять четыре цвета, — красный, желтый, зеленый и синий, — то при смешении получим гораздо большее разнообразие цветов, обладающих уже большей чистотой, чем в предыдущем случае. Это видно из цветового графика, где получаемые при смешении цвета лежат в области, ограниченной четырехугольником  $KJZ_1C$ . При дальнейшем увеличении числа смешиваемых цветов, например, до 5 или 7, многообразие получаемых цветов еще больше увеличится.

Особенно существенно увеличение числа смешиваемых цветов, когда смешиваются не спектральные цвета, а цвета с чистотой, меньшей 1 ( $p < 1$ ). Это как раз случай, относящийся к сценическому освещению. Здесь мы не имеем дела со спектральными цветами, а с цветами более или менее разбавленными белым. Поэтому при смешении таких цветов вновь образуемые цвета будут обладать чистотой меньшей, чем в случае смешения спектральных (однородных) цветов. Многообразие цветов, получаемых в результате такого смешения, также будет меньшим. Это видно из цветового графика (рис. 51), где треугольник  $KC_1-ZC_1-CC_3$  ограничивает область цветов, получаемых в результате смешения трех не спектральных цветов.

Таким образом, для получения на сцене разнообразного цветного освещения, необходимо иметь во всяком случае не менее трех разноцветных источников света. Желательно, однако, это число увеличить до 4, а тем более до 5. Если же требуется получать большое разнообразие достаточно чистых цветов, то число разноцветных источников

света должно быть во всяком случае не менее 5, а желательно иметь и большее число. С этой целью, например, для освещения горизонта, число смешиваемых цветов обычно не бывает менее 5, а нередко достигает 7, 9 и даже более.

Дополнительными цветами называются такие два цвета, которые при смешении в некоторой пропорции образуют белый.

Каждому цвету соответствует свой дополнительный цвет. В таблице 4 указаны приблизительно названия некоторых дополнительных цветов.

Таблица 4

Основной цвет	Дополнительный цвет
Красный	Сине-зеленый
Желтый	Фиолетовый (сине-фиолетовый)
Желто-зеленый	Пурпурный (красно-фиолетовый)
Зеленый	Пурпурный (красно-фиолетовый)
Сине-зеленый	Красный
Синий	Оранжево-желтый
Фиолетовый (сине-фиолетовый)	Желтый

Если дополнительные цвета смешаны не в той пропорции, которая необходима для образования белого, то цвет такой смеси имеет цветовой тон одного из составляющих, но с чистотой цвета всегда меньшей, чем чистота составляющего цвета.

Дополнительные цвета просто определяются по цветовому графику. Дополнительными цветами являются цвета, лежащие на прямой, проходящей через белую точку  $B$ , по обе стороны от этой точки (см. рис. 49).

Пурпурными цветами (красно-фиолетовыми) называются цвета, получающиеся в результате смешения красных цветов с синими и фиолетовыми (сине-фиолетовыми). Этих цветов в спектре нет, но в природе они существуют.

Так как пурпурных цветов в спектре нет, то их цветовой тон не может быть обозначен какой-либо новой длиной волны. Принято цветовой тон пурпурных цветов обозначать длиной волны их дополнительного цвета, но с апострофом. Например, дополнительным цветом некоего пурпурного является зеленый длиной волны  $\lambda = 520 \text{ мкм}$ . Цветовой тон этого пурпурного будет обозначен:  $\lambda = 520' \text{ мкм}$ .

На цветовом графике чистые пурпурные цвета лежат на прямой  $KC$  (см. рис. 51 и сравни с рис. 49), а пурпурные цвета с чистотой меньшей единицы — в пространстве, ограниченном треугольником  $KBC$ .

Цвет тела или, вернее, цвет отраженного или прошедшего света зависит от поглощающей способности тела и от цвета падающего на него света.

Цветные тела, непрозрачные и прозрачные (светофильтры), обладают свойством отражать или пропускать падающий на них свет неодинаково для всех его составных частей. Лишь совершенно белые поверхности отражают полностью падающий на них свет, независимо от его цвета и от его состава. Впрочем, таких поверхностей в природе нет, но есть приближающиеся к ним: сернокислый барий, окись магния, поверхность свежего снега, сюда же можно отнести и хорошую белую бумагу, хорошее белое полотно, мел и т. д. Эти поверхности можно считать практически белыми поверхностями. Если такую поверхность осветить белым светом, то она и будет казаться белой, если осветить желтым светом, то она будет казаться желтой, красным — красной, синим — синей, точно следуя цвету падаю-

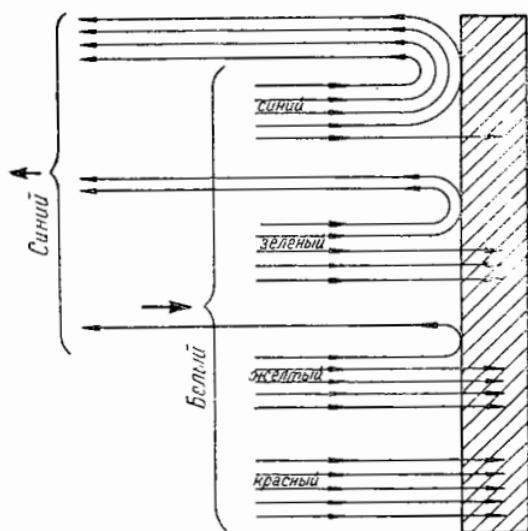


Рис. 52

щего на нее света. С остальными поверхностями дело обстоит иначе. Например, синяя поверхность хорошо отражает синий цвет, довольно хорошо зеленый, значительно хуже желтый и совсем не отражает (полностью поглощает) красный. На рис. 52 схематически изображено отражение и поглощение синей поверхностью падающего на нее белого света.

Белого света (для упрощения предположено, что белый свет состоит из четырех составляющих: красного, желтого, зеленого и синего). Синяя поверхность, освещенная белым светом, кажется синей, так как в большой степени отражает синий свет; меньше зеленого, еще меньше желтого и совсем не отражает красного. Соотношение составляющих цветов в отраженной смеси будет иным, чем у падающей смеси, и потому эта поверхность уже кажется не белой, а синей. Если синюю поверхность осветить только синим светом, то она, естественно, будет казаться синею. Если ее осветить зеленым, то синяя поверхность будет казаться зеленой, так как в падающем свете синего не было. Если же синюю поверхность осветить красным светом, то она будет казаться черной, так как практически весь красный свет ею поглощается.

В таблице 5 приблизительно показано, как изменяются цвета трех гримировальных красок при освещении их цветным светом, прошедшим через светофильтры.

Таблица 5

Цвет падающего света	Пурпурный (красно-фиолетовый)	Зеленый	Красный
Название гримировальной краски			
Общий тон № 3 (розовая)	Красно-фиолетовый, большой чистоты	Оранжево-желтый, очень малой чистоты	Красный, довольно большой чистоты
Светло-красная	Красный, довольно большой чистоты	Красно-коричневый, довольно большой чистоты	Красный, малой чистоты
Синяя	Фиолетовый, большой чистоты	Сине-зеленый, почти черный	Черный

Совершенно подобным же образом изменяется цвет прозрачных тел (светофильтров). Схема прохождения белого света через синий светофильтр показана на рис. 53а. Синий светофильтр пропускает почти полностью синюю составляющую белого света, пропускает (незначительную долю) зеленую и желтую составляющие, а также и красную. В результате белый свет после прохождения через синий светофильтр становится синим.

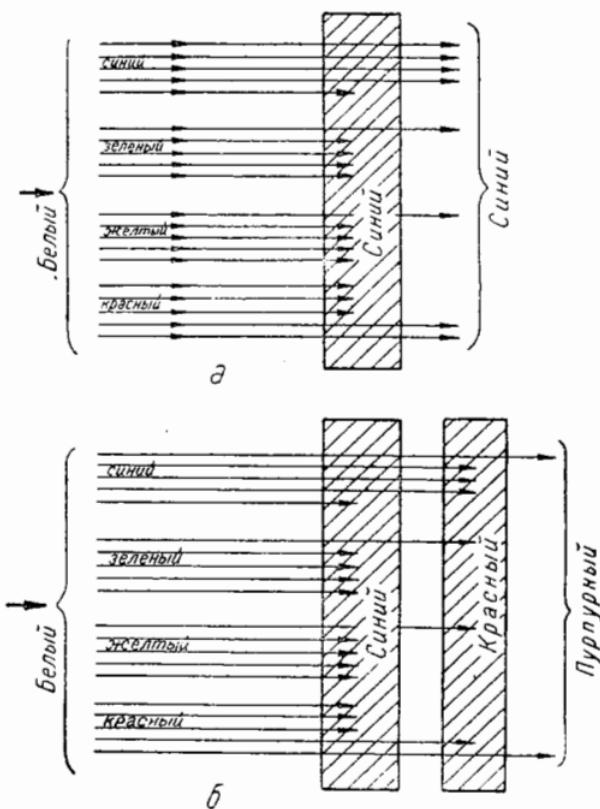


Рис. 53

На этом явлении основано так называемое „вычитание“ цветов. Оно заключается в том, что свет последовательно проходит через два (или несколько) светофильтров. Результирующий цвет будет отличаться как от падающего света, так и от того, каким бы он стал после прохождения каждого из светофильтров в отдельности. На рис. 53б приведена схема прохождения белого света после

Digitized by ASA

довательно через два светофильтра: синий и красный. Как видно из схемы, окончательно проходят через оба светофильтра лишь красная и синяя составляющие белого света, образующие пурпурный (красно-фиолетовый) цвет.

### Цветовой контраст

Цветовым контрастом называется различие по цвету двух поверхностей или предмета и фона, на котором этот предмет рассматривается. Глаз не различает цвета, очень близкие друг к другу. Из бесчисленного числа цветов глаз может различить лишь 1000—1500 цветов; из них 100—200 по цветовому тону (см.), а остальные — по чистоте цвета (см.). Все промежуточные воспринимаются одинаковыми с соседними. В этом случае цветовой контраст равен 0. Чем дальше отстоят цвета друг от друга в спектре, тем больше цветовой контраст. Желтый и оранжевый цвета в общем мало контрастируют, тогда как зеленый и красный или синий и красный контрастируют весьма резко друг с другом. Чем больше чистота цвета, тем больше контраст между цветами, и, наоборот, с уменьшением чистоты цвета цветовой контраст уменьшается.

Цветовой контраст существует не только между цветами различных цветовых тонов, но и между цветами одного и того же цветового тона, но различной чистоты. Чем больше разница в этом случае в чистоте цветов, тем больше между ними цветовой контраст.

Цветовой контраст, как и яркостный (см.), может быть с успехом использован для выделения отдельных участков сцены, актеров и т. п. Например, среди актеров, одетых в синие, зеленые, серые костюмы резко будет выделяться актер в желтом или

красном платье, как и в черном или белом. Среди актеров, одетых в синие костюмы малой чистоты, резко будет выделяться актер в синем же костюме, но большой чистоты. Среди актеров, одетых в пестрые костюмы, резко будет выделяться актер в одноцветном костюме и т. д.

Явление одновременного цветового контраста заключается в том, что если в поле зрения наблюдателя находится какая-либо цветная поверхность, то соседние белые или серые (или даже цветные, но малой чистоты) поверхности наблюдатель воспримет так же, как цветные. При этом кажущаяся окраска этих соседних поверхностей будет отличаться от окраски соседней цветной поверхности. Кажущийся цвет на белой или серой поверхности будет близок к дополнительному соседней цветной поверхности. Так, например, если цветная поверхность синяя, то кажущийся цвет будет оранжевым, если первая—желтая, то вторая—фиолетовая.

Одновременный цветовой контраст сказывается тем сильнее, чем больше насыщенность цветной поверхности.

Явление одновременного цветового контраста нередко возникает и на сцене, если неумело выполнено освещение.

Явление последовательного цветового контраста заключается в том, что белая или серая поверхность кажется окрашенной, если предварительно наблюдатель рассматривал цветную поверхность. В отличие от одновременного контраста здесь обе поверхности находятся не одновременно в поле зрения, а рассматриваются последовательно одна за другой. Как и при одновременном контрасте, белая или серая поверхность кажется окрашенной в цвет, близкий к дополнительному цветной поверхности.

Явление последовательного контраста выражено тем более резко, чем больше насыщенность предварительно рассматриваемой цветной поверхности.

В сценической практике следует избегать возникновения последовательного контраста.

### **Светофильтры**

Светофильтрами в сценической практике называются тонкие стеклянные или пленочные прозрачные пластины, окрашенные в тот или другой цвет.

Светофильтры предназначаются в театре для придания окраски излучаемому осветительными приборами свету.

Светофильтры могут быть изготовлены из самых разнообразных материалов. В основном светофильтры бывают стеклянные, желатиновые, ацетилцеллюлозные (иногда называемые целлоном).

Недостатком стеклянных светофильтров является их малая механическая прочность. Для предотвращения лопания стеклянных светофильтров вследствие нагрева их обычно разрезают на пластинки шириной 30—40 мм. Однако они хороши с точки зрения светостойкости. Кроме того, они вполне пожаробезопасны.

Желатиновые и ацетилцеллюлозные фильтры часто бывают мало светопрочными, иногда „выгорающими“ за несколько часов работы. Впрочем, при применении светостойких красителей этот недостаток уничтожается, и тогда наравне со светостойкостью они имеют перед стеклянными фильтрами еще и то преимущество, что являются механически прочными. Особенно это относится к ацетилцеллюлозным фильтрам. Однако желатиновые фильтры очень часто обладают тем недостатком, что сравнительно при невысоких температурах (даже

до 100° С) сильно деформируются: появляются пузыри, коробление и пр. Такие фильтры являются просто негодными. Но и этот недостаток можно устраниć, так как разработан метод изготовления желатиновых фильтров, не претерпевающих никакой деформации даже при температуре около 240° С (работа А. И. Наймарка в Ленинградской театральной лаборатории).

Наконец следует указать еще на то, что желатиновые фильтры, в зависимости от изготовления и рецептуры, могут быть горючими. Но соответствующие рецептура и изготовление устраниют и этот недостаток.

Характеристиками светофильтров являются: 1) спектральная кривая пропускания, 2) цветовой тон и чистота цвета, 3) коэффициент пропускания.

Спектральная кривая пропускания является, вообще говоря, всеобъемлющей характеристикой, по которой могут быть подсчитаны остальные. Но пользование ею довольно затруднительно, а потому мы указываем на нее для того, чтобы, знакомясь со светофильтрами по каталогу, можно было создать себе общее представление о светофильтре. Приводим на рис. 54—56 лишь несколько спектральных характеристик для стеклянных фильтров ИЗОСа. Как видим, красный фильтр совершенно не пропускает никаких иных лучей, кроме красных, оранжево-красных, причем последних крайне мало. Синие фильтры, однако, пропускают не только синий свет, но и красный, причем иногда довольно значительную долю. Отсюда появляется некоторая краснота синих фильтров, приближающая их к пурпурным (красно-фиолетовым).

Желтые фильтры пропускают почти весь спектр, лишь несколько меньше — синюю часть. Зеленые

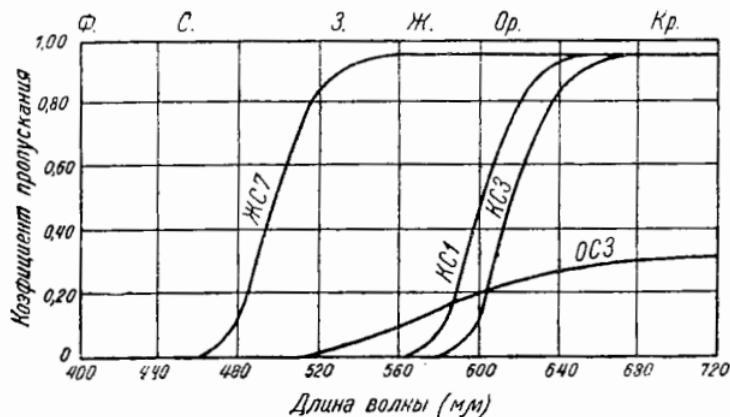


Рис. 54

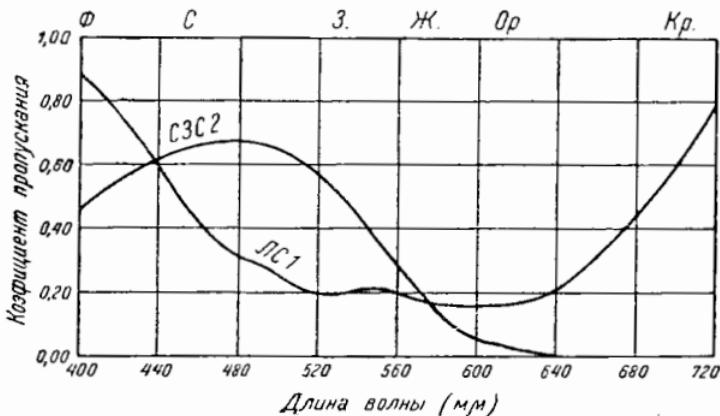


Рис. 55

пропускают также весь спектр с некоторым понижением в красной части. Однако иногда пропускается довольно значительная доля красного света, и тогда зеленые фильтры приобретают неприятный „бутилочный“ цвет.

На рис. 51 крестиками указано положение на цветовом графике цветов некоторых светофильтров ИЗОС. Как видно, красные фильтры обладают большой чистотой цвета, почти равной  $p = 1$ . Значительно меньшей чистотой цвета обладают зеленый и сине-зеленый фильтры.

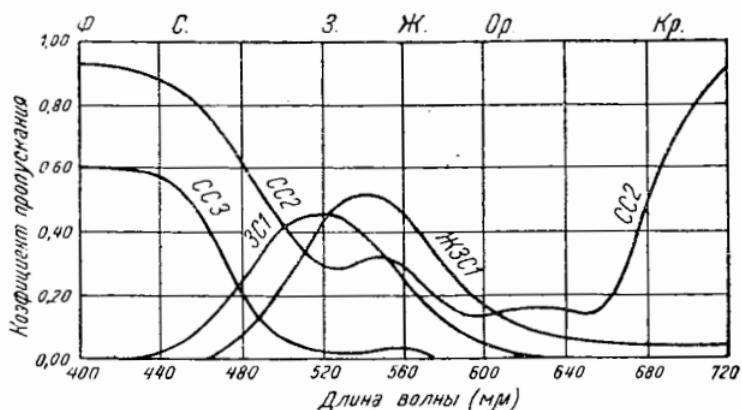


Рис. 56

Вспоминая, что вместе с тем красные цвета вообще обладают большой насыщенностью (см.), становится ясным, что световой поток, излучаемый „красными“ осветительными приборами, должен быть меньше светового потока, излучаемого осветительными приборами других цветов.

Важнейшей характеристикой является коэффициент пропускания. Это, помимо всего прочего, — экономический фактор. Чем меньше коэффициент пропускания, тем больше должна быть установленная мощность ламп. Между тем коэффициент пропускания большинства светофильтров весьма невысок.

В таблице 6 приведены коэффициенты пропускания стеклянных фильтров ИЗОС.

Таблица 6

Название цвета	Заводская марка	Коэффициент пропускания в слое 2 мм
Красный . . . . .	КС-1	0,155
Красный . . . . .	КС-3	0,09
Оранжевый . . . . .	ОС-3	0,105
Желтый . . . . .	ЖС-7	0,81
Желто-зеленый . . . . .	ЖЗС-1	0,30
Зеленый . . . . .	ЗС-1	0,21
Сине-зеленый . . . . .	СЗС-2	0,28
Синий . . . . .	СС-2	0,24
Синий . . . . .	СС-3	0,024
Пурпурный . . . . .	ПС-1	0,185

## **Глава 9**

### **ИСТОЧНИКИ СВЕТА**

#### **Лампы накаливания**

Лампы накаливания являются основными источниками света, применяемыми для сценического освещения в Советском Союзе. В герметической стеклянной колбе укреплена нить накала, от которой сделаны выводы к цоколю лампы для присоединения к электрической сети. Через нить лампы проходит электрический ток, при этом нить накаливается и излучает свет. Нить лампы изготавливается из вольфрамовой проволоки, свернутой спиралью (рис. 57а). Вольфрамовая нить, накаленная в воздухе, быстро разрушается, поэтому из колбы лампы воздух выкачивается.

На рис. 58 представлена конструкция нормальной лампы накаливания, с указанием основных деталей.

„Газополные“ лампы отличаются от „пустотных“ ламп тем, что колба первых наполнена инертным газом, а колба вторых—ничем не наполнена (в ней находится лишь совершенно ничтожное количество воздуха, оставшегося после откачки). Инертный газ не разрушает накаленную вольфрамовую нить. Коэффициент полезного действия газополных ламп примерно в  $1\frac{1}{2}$  раза выше, чем пустотных. У пустотных ламп коэффициент полезного действия равен около 7%, у газополных—10—12%. Цвет излучаемого газополными лампами света более

белый, чем у пустотных ламп, у которых он желтее. Колба газополных ламп нагревается значительно больше, чем колба пустотных ламп. Газополными изготавливаются лампы не слишком малых мощностей, начиная, примерно, с 60 вт и выше; лампы меньших мощностей изготавливаются пустотными.

Характеристиками ламп накаливания являются: номинальное электрическое напряжение, на которое рассчитана лампа; мощность лампы; световой поток, излучаемый лампой; световая отдача и срок службы.

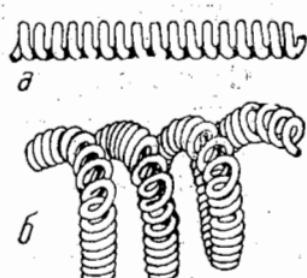


Рис. 57

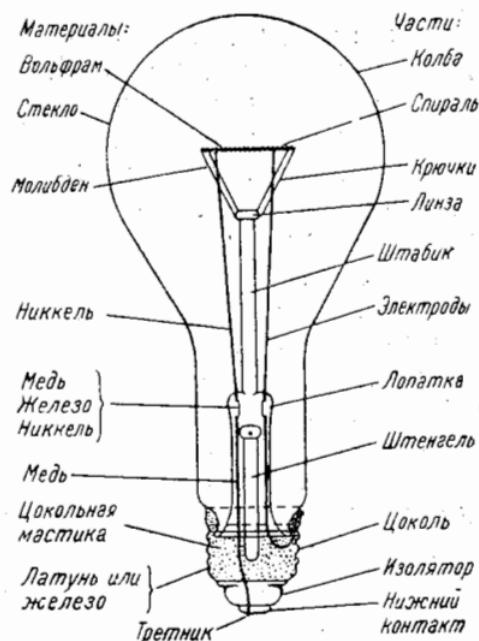


Рис. 58

повышенной, но нить будет быстрее разрушаться, и срок службы лампы понизится.

Срок службы нормальных ламп равен 1000 часов горения. Через 1000 часов горения световой поток лампы понижается на 20% против того, какой излучался лампой в начале ее эксплоатации. Иногда нужно, чтобы яркость нити была больше, чем у нормальных ламп, следовательно, нужно повысить световую отдачу. Для этого изготавливают специальные лампы, у которых нить уже заранее поставлена такая (тоньше, чем обычно), для которых нормальное напряжение в городских сетях является повышенным. У таких ламп световая отдача выше, чем у нормальных ламп, но зато срок службы, тесно связанный со световой отдачей, значительно ниже: 100—200 часов горения.

Нормальные лампы имеют шарообразную колбу, нить накала установлена в центре колбы в виде незамкнутого кольца. Изготавляемые в Советском Союзе нормальные лампы на напряжение 110, 120 и 127 в (изготавливаются также лампы на 220 в и отличаются пониженной световой отдачей) и их основные характеристики приведены в таблице 7.

Кривая светораспределения нормальных ламп приведена на рис. 3б: сплошной линией для ламп 500 вт и менее, пунктиром для ламп выше 500 вт. Обе кривые соответствуют излучению лампой светового потока 1000 лм (см. Пересчет сил света и освещенности при переходе от ламп одной мощности к лампам другой мощности).

Бисpirальные лампы отличаются от нормальных ламп повышенной световой отдачей при том же сроке службы. Это достигается применением в лампе иной нити: вольфрамовая проволока не один раз, как у нормальных ламп (рис. 57а), а дважды (рис. 57б) свертывается спиралью. Рас-

положена нить в центре колбы в виде отрезка прямой.

Таблица 7

Напряжение	Мощность	Световой поток	Световая отдача	Срок службы
В	Вт	лм	лм/вт	часы
100—120—127	15	124	8,25	1000
	25	225	9,00	
	40	380	9,50	
	60	645	10,75	
	100	1275	12,75	
	150	2175	14,50	
	200	3050	15,25	
	300	4875	16,25	
	400	6760	16,90	
	500	8725	17,45	
	750	13690	18,25	
	1000	19000	19,00	

Проекторные и кинопроекционные лампы (рис. 59) отличаются от нормальных ламп значительно повышенной световой отдачей при пониженном сроке службы (см. Световая отдача и Срок службы). Нить лампы расположена в одной (вертикальной) плоскости. Колба лампы имеет цилиндрическую или близкую к цилиндрической форму. Лампа

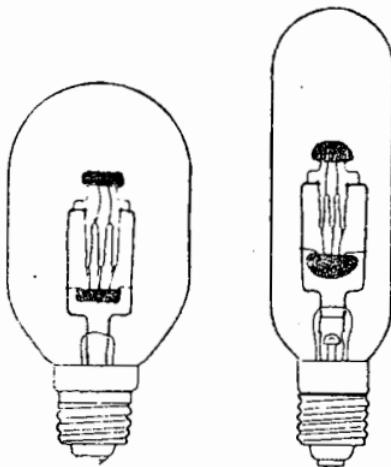


Рис. 59

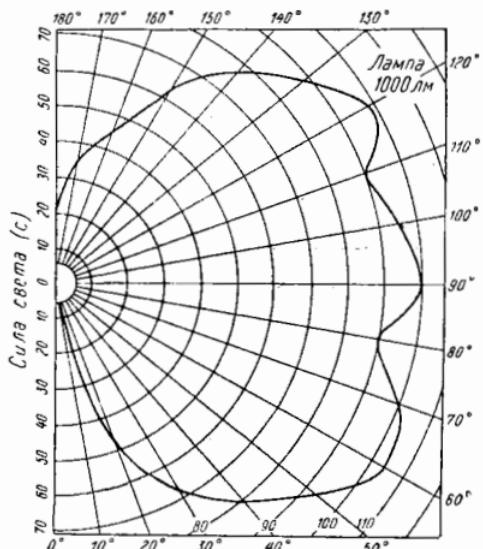


Рис. 60

Кривая светораспределения проекционных ламп (световой поток 1000 лм) приведена на рис. 60.

Таблица 8

Напряжение	Мощность	Световой поток	Световая отдача	Срок службы
v	вт	лм	лм/вт	часы
110	300 <sup>1</sup>	6450	21,5	50
	500	10500	21,0	100
	750 <sup>1</sup>	17350	23,0	30
	1000	22200	22,2	100
	1500	34500	23,0	100
	2000	47400	23,7	100
	3000	72300	24,1	100

<sup>1</sup> Кинопроекционная лампа.

Лампы специальные предназначаются для различных специальных целей: например, автомобильные, железнодорожные, котельные и пр. В частности, среди специальных ламп имеются лампы на малое напряжение: 36, 24, 12, 6, 4 в и другие, которые могут быть в иных случаях использованы и на сцене. Лампы на малое напряжение питаются

от городской сети через соответствующие трансформаторы или от аккумуляторов.

Изменение напряжения на лампе сказывается и на величине потребляемой лампой мощности и на величине излучаемого ею светового потока. Изменение напряжения на лампе изменяет силу тока в цепи лампы, температуру нити, что в свою очередь изменяет сопротивление нити лампы. С увеличением напряжения увеличиваются: сила тока и сопротивление нити, следовательно, мощность лампы и световая отдача, вместе с тем уменьшается срок службы лампы. На рис. 61 представлен график изменения указанных величин при изменении напряжения на лампе.

Одновременно происходит изменение цветности

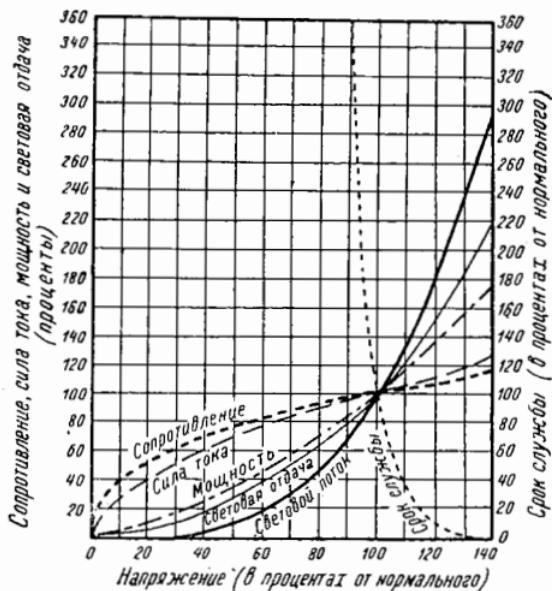


Рис. 61

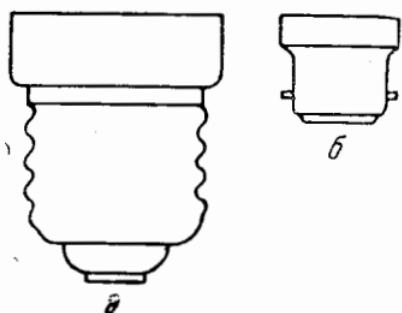


Рис. 62

излучаемого лампой света. Чем выше напряжение, тем больше накаливается нить, тем ближе цветность излучаемого света к тому, который мы считаем за белый: к дневному свету. Но даже при значительном перекале нити лампы излучаемый свет остается значительно желтее „белого“ света, так как температура нити остается все же на несколько тысяч

градусов менее температуры источника „белого“ света — солнца. При понижении напряжения накал нити уменьшается, и цвет излучаемого света приобретает все более желтый оттенок, переходящий в красный. Таким образом, применяемая в сценической практике регулировка освещенности на сцене изменением напряжения на лампах реостатами или автотрансформаторами обладает тем недостатком, что вместе с уменьшением освещенности свет на сцене, а также и освещенные предметы приобретают желтовато-красноватый оттенок.

Цоколь лампы накаливания служит для включения лампы в электрическую сеть, для чего он ввинчивается (или вставляется) в патрон. Цоколи и патроны изготавливаются двух типов: эдисоновские — с нарезкой (рис. 62а) и свановские — со штифтами (рис. 62б). Последние бывают одно- и двухконтактные.

У эдисоновских цоколов и у одноконтактных свановских один полюс присоединяется к цилиндрической металлической оболочке, а второй — к отделенному от нее изолятором нижнему контакту. У двухконтактных

свановских цоколей оба полюса подводятся к двум нижним контактам, отделенным друг от друга изолятором. По размерам цоколи и патроны бывают: миньон (наименьший), нормальные и голиаф (наибольший). Для некоторых типов ламп цоколи и патроны изготавливаются специальных размеров и типов.

### Дуговые лампы

Дуговые лампы все еще находят применение на сцене, хотя в отношении удобства эксплуатации и пожаробезопасности они значительно уступают лампам накаливания. Дуговая лампа состоит из двух вделанных в оправу углей (электроды), которые можно сдвигать и раздвигать. К углям подается электрическое напряжение по схеме рис. 63. При раздвигании концов двух углей, последовательно включенных в электрическую цепь, между их концами образуется электрическая дуга (рис. 64), которая при дальнейшем удалении концов углей друг от друга исчезает. Свет электрической дуги используется для осветительных целей. Дуговые лампы могут работать как на постоянном, так и на переменном токе.

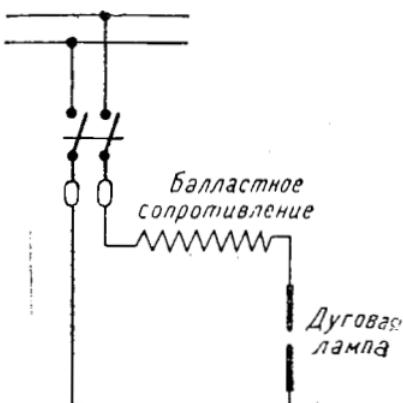


Рис. 63



Рис. 64

Дуговая лампа постоянного тока имеет один уголь, присоединенный к положительному полюсу (плюсу), почти вдвое более толстый, чем второй уголь, присоединенный к отрицательному полюсу (минусу), так как первый расходуется почти в два раза быстрее второго. В центре положительного угла образуется углубление — кратер, поверхность которого накаляется добела и имеет наибольшую яркость по сравнению с другими участками углей и самой дугой и излучает большую часть светового потока (85% от всего светового потока, излучаемого дуговой лампой).

Дуговая лампа переменного тока имеет угли одинаковой толщины и формы: заостренные у рабочих концов. Заостренные концы углей накаляются добела и излучают каждая по 47,5%, то есть вместе 95% от полного светового потока, излучаемого дуговой лампой.

Угли дуговых ламп обычно изготавливаются с фитилем: середина заполнена особым составом и окружена углем, или в виде эффективных углей, пропитанных солями некоторых металлов.

Расположение углей может быть различным. На рис. 65а, б, в представлены три наиболее часто применяемых положения углей дуги постоянного тока, а на рис. 65г — одно из возможных положений углей дуги переменного тока.

Кривые светораспределения дуговых ламп приблизительно представлены на тех же рис. 65а—г. Сравнение кривых светораспределения дуг постоянного и переменного токов говорит в пользу первых, особенно при положении углей, показанном на рис. 65б и в. В этом случае свет распределяется более концентрированно, а не разбросанно, как у дуг переменного тока.

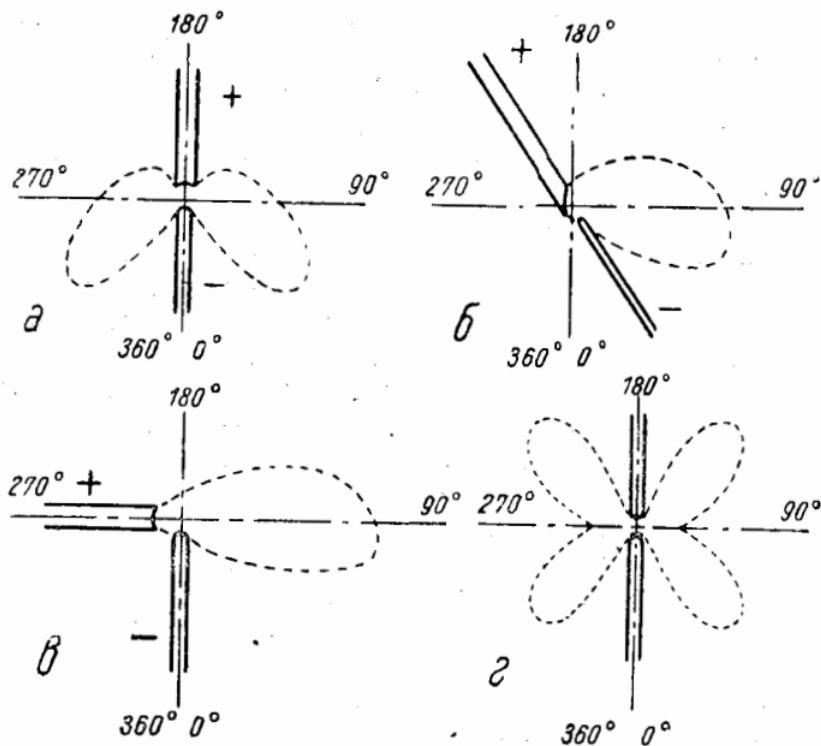


Рис. 65

Регулировка положения углей может осуществляться или вручную специальными рукоятками, которыми снабжается дуговая лампа, или автоматически. В сценической практике применяется исключительно первый способ регулировки.

Электрический режим работы дуговой лампы является решающим для успешного ее применения. Основное отличие дуговой лампы от лампы накаливания заключается в том, что если у последней понижение напряжения вызывает также понижение силы тока, то у дуговых ламп при сни-

жении напряжения сила тока возрастает. Дуговая лампа имеет „падающую характеристику“.

Для того, чтобы между электродами (углями) возникла дуга, необходимо, в зависимости от материала, из которого изготовлены электроды, приложить к ним то или иное напряжение. Примерно необходимое для образования дуги напряжение для угольных электродов равняется 35 в. Однако при этом напряжении горение дуги будет неспокойным: дуга будет „перебрасываться“ с одного участка концов углей на другой и издавать характерный звук (шипение). Напряжение во время работы должно быть несколько повышенено, примерно до 40—45 в. Дальнейшее повышение вызывает снижение силы тока, что влечет за собой уменьшение размеров кратера, а, следовательно, уменьшение излучаемого светового потока.

Балластное сопротивление включается в цепь дуговой лампы по схеме рис. 63 для того, чтобы понизить напряжение с 127 в (или 120 или 110 в), которое имеется в городской сети, до 40—45 в. Балластное сопротивление необходимо рассчитать и включить в цепь дуговой лампы в соответствии с расчетом. Частые неполадки в театре с дуговыми лампами происходят не только от качества углей, но и от неправильно подобранных балластных сопротивлений. Рассчитать балластное сопротивление можно, пользуясь законом Ома и проверив расчетное сечение проволоки на допустимую силу тока, помня, что в цепи дуговой лампы сила тока значительна. Необходимо также помнить, что сила тока в цепи должна соответствовать той, на которую данные угли рассчитаны.

#### **Ртутные лампы**

Ртутными лампами называются источники света, основанные на свечении паров ртути при про-

хождении через них электрического тока. Ртутные лампы представляют собой цилиндрическую трубку, из которой выкачен воздух и куда налито некоторое количество ртути. В трубку впаяны два основных электрода и один вспомогательный. Трубка окружена стеклянной рубашкой той или иной формы, оканчивающейся обычным цоколем.

При включении лампы в электрическую сеть между одним из основных электродов и вспомогательным возникает электрический разряд. Вследствие происходящего при этом нагревания ртуть испаряется, и разряд в парах ртути перебрасывается с дополнительного на второй основной электрод. Однако проходит несколько минут, пока разряд окончательно установится (стабилизируется), когда и достигается наибольшая яркость светящихся паров ртути. При выключении лампы ее можно вновь зажечь лишь через некоторое время, дав трубке несколько остить.

В зависимости от давления паров ртути внутри трубы, ртутные лампы делятся на лампы низкого, высокого и сверхвысокого давления. Для осветительных целей могут быть применены лишь последние два типа. Внешне они отличаются размерами трубы, в которой происходит разряд. Если у ламп высокого давления длина трубы достигает 1—2 десятков см, то у ламп сверхвысокого давления длина трубы равна 1—2 см. Яркость светящегося столба ртути у ламп сверхвысокого давления значительно больше. Цвет свечения ртутных паров у ламп высокого давления — сине-зеленый, тогда как у ламп сверхвысокого давления приближается к белому. Световая отдача ламп высокого давления достигает 30—40 лм/вт против 10—12 лм/вт у ламп накаливания. Световая отдача у ламп

сверхвысокого давления еще более: 90 лм/вт и выше.

Лампы сверхвысокого давления с успехом могут быть применены в прожекторах и проекционных приборах, но пока они в массовых количествах не изготавляются.

В Советском Союзе изготавливаются лампы высокого давления под названием ламп Игар. Они рассчитаны на напряжение сети 220 в и могут быть включены в сеть переменного тока. В цепи этих ламп устанавливается балластное сопротивление, роль которого выполняют дроссели.

Лампы Игар изготавливаются мощностью 250, 400 и 500 вт со световыми потоками 7000, 14000 и 16000 лм.

В сценической практике лампы Игар могут быть применены в горизонтных фонарях, создавая на горизонте через синие светофильтры очень чистые синие цвета. Кроме того, они могут быть использованы для создания на сцене эффектов с самосветящимися составами. Однако для этой цели лучше применять ртутно-кварцевые лампы высокого давления для переменного и постоянного тока типа АРК-5. Они предназначены для включения в сеть напряжением 220 в и изготавливаются мощностью 250 вт.

## **Глава 10**

# **ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ И ПРОЕКЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ**

### **Осветительные приборы**

Осветительные приборы разделяются на светильники и прожекторы.

Светильником называется осветительный прибор, предназначенный для освещения предметов, находящихся на близком от него расстоянии.

Прожектором называется осветительный прибор, предназначенный для освещения предметов, находящихся на значительном от него расстоянии. Прожектор при помощи оптической системы концентрирует световой поток в пределах небольшого телесного угла. Прожекторы разделяются на: 1) прожекторы ближнего действия, служащие для освещения сравнительно мало удаленных предметов; 2) прожекторы дальнего действия, служащие для освещения весьма удаленных предметов.

Сценические прожекторы и светильники. Сценические прожекторы относятся к прожекторам ближнего действия. Практика такова, что расстояние, с которого предметы освещаются светильниками и прожекторами, не является достаточной отличительной характеристикой обоих классов осветительных приборов.

Прожектором можно освещать предметы, находящиеся от него на более далеком расстоянии, чем от светильника. Однако расстояние от сценического прожектора до освещаемого предмета часто

не превышает расстояния от сценического светильника до освещаемого предмета, а иногда даже бывает менее последнего.

Достаточной отличительной характеристикой сценического прожектора является концентрация света в пределах небольшого телесного угла, тогда как сценические светильники излучают свет в пределах значительно большего телесного угла (см.).

Следствием различного светораспределения прожекторов и светильников является: 1) прожекторы создают большую освещенность, нежели светильники на одном и том же расстоянии и с одним и тем же источником света; 2) прожекторы освещают меньшую по размерам площадь, нежели светильники с того же расстояния.

### *Светильники*

Составными частями сценического светильника являются: источник света (см.), осветительная арматура и светофильтр (см.).

Осветительная арматура состоит из: 1) корпуса, служащего для скрепления всех составных частей и прикрывающего внутренние части арматуры; 2) отражателя, отражающего часть светового потока лампы в нужном направлении. Часто осветительная арматура имеет еще одну составную часть: стекло, прикрывающее выходное отверстие осветительного прибора (отверстие, через которое осветительный прибор излучает свет). Это стекло бывает молочным, матовым (рассеиватели), призматическим (рефрактор), а иногда просто прозрачным. В последнем случае стекло предназначено для предохранения внутренних частей светильника от запыления, механических повреждений и пр. Сценические светильники обычно не снабжены молочными, матовыми или призматическими стеклами. Часто

выходное отверстие сценических светильников не закрыто и прозрачным стеклом, что является их недостатком. Однако выходное отверстие сценических светильников может быть прикрыто светофильтром, изменяющим цвет излучаемого света.

Светотехническое назначение осветительной арматуры состоит: 1) в перераспределении светового потока источника света в соответствующем назначению светильника направлении, то есть в создании требуемого светораспределения (см.) светильника; 2) в предохранении глаз от ярких частей источника света. В сценических светильниках последнее назначение осветительной арматуры выполняется в отношении зрителей и даже в большей степени, чем это указано выше: глаза зрителей предохраняются не только от ярких частей источника света, но и от всех прочих ярких частей светильника; в частности, зритель не должен видеть и отражателей. В отношении же актеров второе назначение осветительной арматуры большей частью не выполняется.

Отражатели светильников изготавливаются с поверхностями смешанного и зеркального отражения (см. Распределение отраженного света). Отражатели с поверхностью смешанного отражения изготавливаются обычно из листового железа, покрытого белой эмалью. Зеркальные отражатели изготавливаются либо стеклянными (см. Стеклянные зеркала), либо металлическими (см. Металлические зеркала), большей частью из железа, реже из алюминия. Применение зеркальных отражателей имеет большой смысл, так как при этом может быть создано почти любое распределение света. Это позволяет в ряде случаев значительно более рационально, нежели при рассеивающих отражателях, использовать излучаемый свет, что выгодно и с

экономической стороны. Осветительные приборы с рассеивающими свет отражателями имеют примерно одинакового характера распределение света. Однако нужно иметь в виду, что применение зеркальных отражателей целесообразно лишь тогда, когда отражателю придана совершенно точная, расчетом определенная форма, а источник света установлен точно в необходимом по отношению к отражателю месте. При несоблюдении этих условий применение зеркальных отражателей совершенно теряет смысл, а потому, например, при кустарном изготовлении осветительных приборов следует применять исключительно рассеивающие свет отражатели.

#### *Типы сценических светильников*

Софиты предназначаются для общего освещения сцены. Софиты изготавливаются в виде секций, состоящих из нескольких камер, объединенных общим корпусом. Каждая камера, собственно, представляет собой отдельный светильник со всеми составными частями, присущими светильнику. Камеры отделены друг от друга непрозрачными перегородками, и каждая из них имеет свой светофильтр. Обычно соседние камеры имеют светофильтры разных цветов. В каждой секции объединяются от 3 до 5 камер. Иногда изготавляются секции с 2 рядами камер.

Отражатели в софитах чаще бывают эмалированными, однако в последнее время постепенно начинают переходить к зеркальным отражателям.

Источниками света в софитах служат лампы накаливания различных мощностей. Чаще всего софиты изготавливаются для ламп мощностью до 200 вт, реже до 300 вт. Мощность же ламп, устанавливаемых в софитах, различна и зависит от размеров

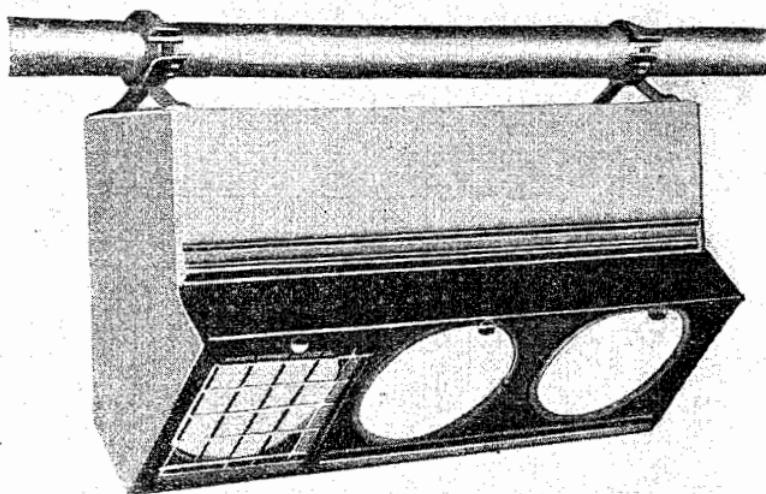


Рис. 66

сцены и от того значения, которое придается в данном театре софитному освещению.

В отличие от софитов с отдельными камерами—камерных софитов—имеются еще так называемые открытые софиты: устарелый образец, кое-где применяемый еще и сейчас. В этих софитах в секции устанавливается несколько ламп, не отделенных друг от друга непрозрачными перегородками. Отражатель обычно общий. Против каждой лампы устанавливается свой светофильтр или самые лампы окрашиваются цветным лаком в разные цвета. Если включены лампы одного цвета, то неизбежно свет от ламп проходит не только через свои светофильтры, но и через соседние или через окрашенные колбы соседних ламп. В результате свет, излучаемый софитом, оказывается „загрязненным“. Это

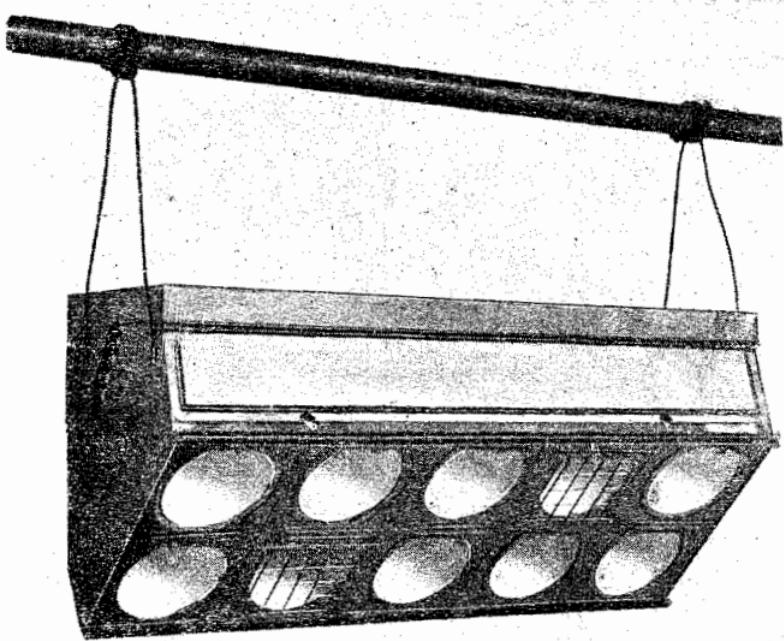


Рис. 67

обстоятельство делает невозможным применение открытых софитов.

На рис. 66 представлен камерный софит КС-3 завода Гостеасвет, а на рис. 67—двуярядный софит КС-10 того же завода. Отражатели у этих софитов эмалированные, наибольшая мощность лампы—200вт. Коэффициент полезного действия<sup>1</sup>  $\eta = 0,52$ .

<sup>1</sup> Коэффициентом полезного действия светильника  $\eta$  называется отношение светового потока  $F_{cb}$ , излучаемого светильником, к световому потоку  $F_A$ , излучаемому лампой:

$$\eta = \frac{F_{cb}}{F_A}. \quad [34]$$

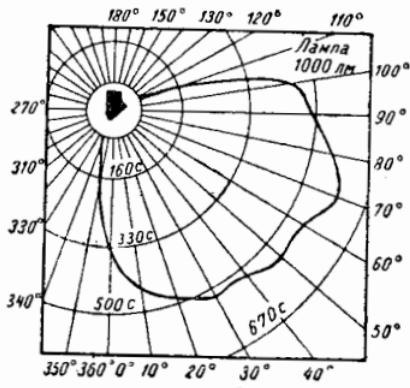


Рис. 68а

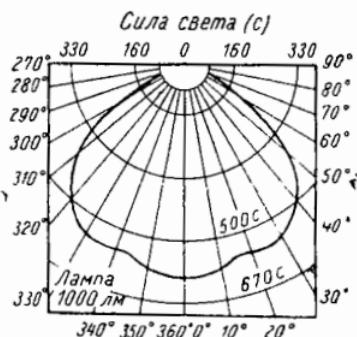


Рис. 68б

На рис. 68а показана кривая распределения сил света софита КС-3 от 3 камер, отделенных друг от друга 2 камерами, в продольной плоскости, а на рис. 68б—в поперечной плоскости, расположенной под углом  $45^\circ$  к оси лампы. На рис. 69 и 70 представлены кривые изолюкс соответственно на горизонтальной плоскости на расстоянии 6 м от софита и в вертикальной плоскости на расстоянии 2 м от софита.

Софиты подвешиваются на каждом плане, однако часто за исключением последних 2–3 планов. Первый софит обычно укрепляется с внут-

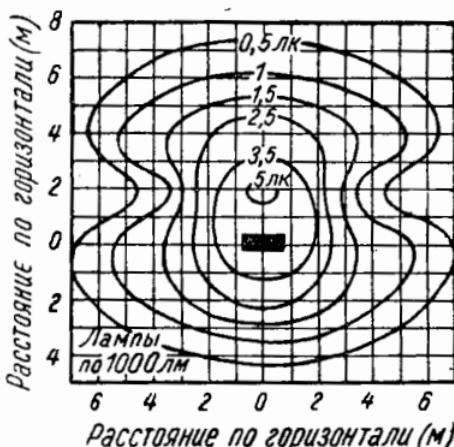


Рис. 69

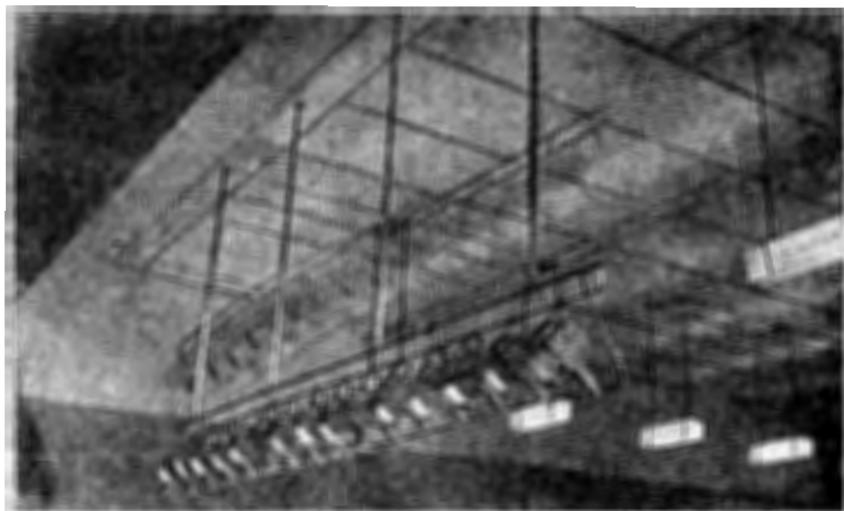
тренней стороны порталной арки или на порталном мостике. Этот первый, или порталный софит имеет длину, несколько меньшую ширины сцены (при мерно  $\frac{4}{5}$ ) в расчете на установку павильона, который может быть освещаем только этим софитом.

Остальные софиты подвешиваются на подъемных штангетах или фермах и имеют длину во всю ширину сцены.

На больших сценах софиты первых 2—3 планов, а на небольших сценах — порталный софит электрически разделяются на две независимые части: правую и левую. Делается это для того, чтобы можно было освещать лишь одну половину сцены или создавать разноцветное освещение в правой и левой частях сцены независимо друг от друга.

Помимо софитов, устанавливаемых в сценической коробке, применяется еще выносной софит, освещающий авансцену и улучшающий освещение первых планов. Выносной софит подвешивается в зрительном зале. В некоторых случаях выносной софит составляется не из камерных софитов, а из группы линзовых прожекторов (см.), как это показано на рис. 70а и б на примере театра им. Вахтангова. Это является весьма целесообразным, так как позволяет направить свет в нужном направлении и не освещать портала сцены. По этой же причине желательно и порталный софит составлять из линзовых прожекторов. Выносной софит, как и порталный, обычно разделяется электрически на две части.

Софиты устанавливаются на значительной высоте над сценой. Как видно из кривых изолюкс (рис. 10), наибольшую освещенность софиты с эмалированными отражателями создают в вертикальных плоскостях вблизи себя. Поэтому верхние части декораций и арлекины нередко имеют значительно большую освещенность, чем декорации у планшета, актеры, бута-



Р и с. 70а



Р и с. 70б

2015 Digitized by ASA

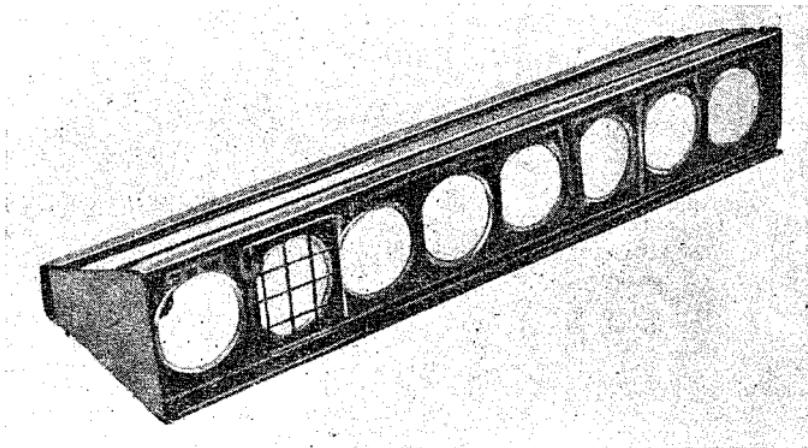


Рис. 71

фория на планшете и т. д. Для того, чтобы избежать этого явления, желательно выходное отверстие софитов направить по возможности вниз. С этой же целью выгоднее применять софиты с зеркальными отражателями.

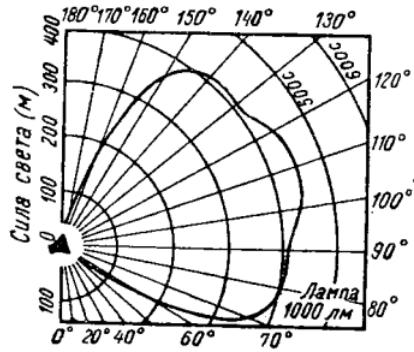


Рис. 72а

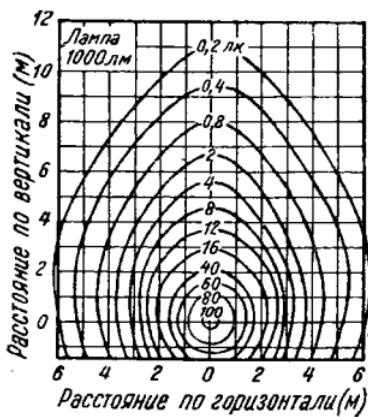


Рис. 72б



Рис. 73

Рампа имеет устройство, аналогичное софитам. На рис. 71 представлена рампа Р-8 завода Гостесвет, на рис. 72а — кривая распределения сил света от трех камер (без фильтров), разделенных между собой двумя цветными камерами, и на рис. 72б — кривые изолюкс в вертикальной плоскости на расстоянии 2 м от рампы. Рампа Р-8 имеет эмалированные отражатели. Наибольшая мощность лампы — 100 вт. Коэффициент полезного действия приблизительно  $\eta = 0,5$ .

Рампа в большинстве случаев устанавливается по барьеру авансцены (рис. 73 и 70б, театр им. Вахтангова), иногда ее размещают по барьеру оркестра.

Назначение рампы состоит в том, чтобы освещать актера снизу и тем самым уменьшать тени, образующиеся на лице актера при софитном освещении, а также для увеличения освещенности на нижних частях декораций и бутафории на передних планах сцены. Значение рампы для освещения передних планов сцены хорошо видно из кривых распределения освещенности по сцене, показанных на рис. 13а. Как видно из рис. 13а, при освещении сцены софитами освещенность передних планов очень мала. При включении одновременно софитов и рампы, распределение освещенности по сцене становится более равномерным.

Рампа, по тем же соображениям, что и портальный и выносной софиты, разделяется на две или три электрически независимые части.

Снопосветы являются светильниками с одной лампой. Отражатели снопосветов—зеркальные (стеклянные или металлические). Часто отражатели имеют волнистую поверхность для того, чтобы на сцене не получались бы блики. Если отражатели имеют гладкую поверхность, то выходное отверстие для той же цели перекрывается слегка матированным стеклом. Большое значение в снопосветах, как в зеркальных светильниках, имеет точная установка лампы. Для этой цели снопосветы имеют специальное приспособление для регулировки положения лампы. Подвешиваются снопосветы к штангетам и рейкам при помощи специальных вилок.

Снопосветы предназначены для ламп больших мощностей: 500, 1000 и 1500 вт.

На рис. 74 представлен снопосвет СН завода Гостеасвет. Отражатель изготавливается из полированного алюминия и имеет волнистую поверхность. Снопосвет СН рассчитан на максимальную мощность лампы 1000 вт. Коэффициент полезного действия  $\eta = 0,58$ .

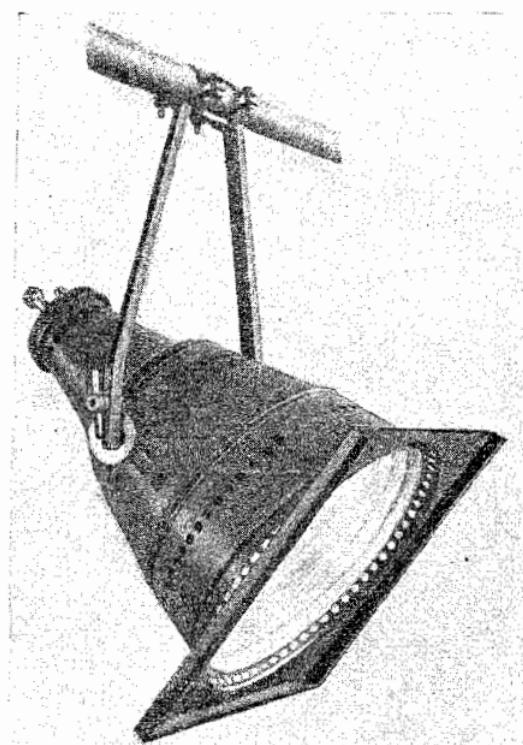


Рис. 74

На рис. 75 показана кривая распределения сил света сполоскета СН, а на рис. 8—люксберги горизонтальной освещенности на горизонтальной поверхности при высоте подвеса 8 и 10 м.

Назначение сполоскетов состоит в освещении горизонтальных и наклонных поверхностей на сцене. Как видно из рис. 75 и 8, на планшете сполоскет освещает довольно равномерно круг того или иного диаметра (обычно, сравнительно небольшого—4—6 м), за пределами которого освещенность резко

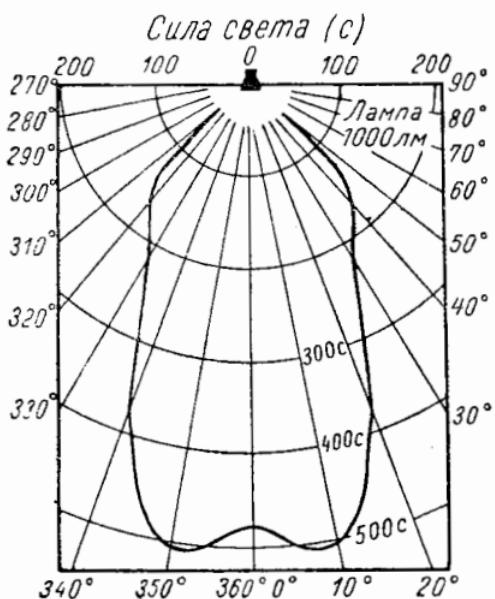


Рис. 75

по одному снопосвету каждого цвета на всю сцену.

Горизонтные фонари предназначаются для освещения горизонта или задников больших размеров. Вследствие этого от них требуется свето-распределение по возможности в большом пространственном углу. Обычно угол распределения света по поперечной плоскости доходит до  $170^\circ - 180^\circ$ , а в продольной плоскости — до  $90^\circ - 120^\circ$ .

Источниками света в горизонтных фонарях являются лампы накаливания, иногда ртутные лампы, при которых создаются синие и фиолетовые цвета большой чистоты. Лампы накаливания применяются мощностью от 500 до 3000 вт. Иногда горизонтные фонари изготавливаются для двух ламп.

снижается. Распределение снопосветов по сцене должно обеспечить создание равномерной освещенности на планшете при работе снопосветов одного цвета. Для этого нет необходимости подвешивать снопосветы одного цвета на каждом плане, достаточно их установить через один-два плана, как это видно на рис. 76 (театр им. Вахтангова). Для небольших сценических площадок оказывается достаточной установка

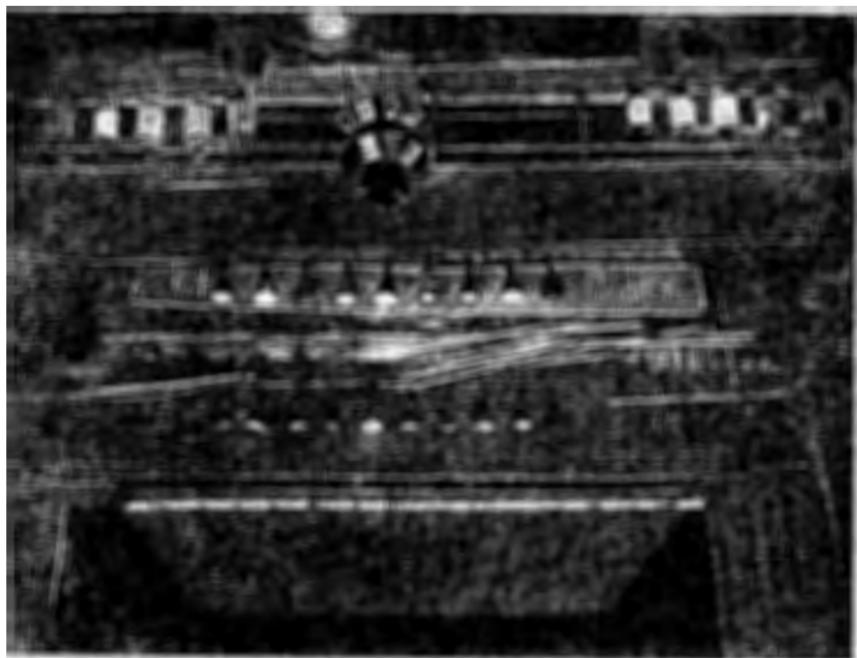


Рис. 76

Отражатели горизонтных фонарей обычно имеют полурассеивающую поверхность.

На рис. 77 показан горизонтный фонарь ГФ-3 завода Гостеасвет. Отражатель — эмалированный. Наибольшая мощность лампы — 1000 вт. Коэффициент полезного действия  $\eta = 0,68$ .

На рис. 78а представлены кривые распределения сил света горизонтного фонаря ГФ-3 в продольной (сплошной линией) и поперечной (пунктиром) плоскостях.

На рис. 78б представлены кривые изолюкс на вертикальной плоскости на расстоянии 4 м от светильника

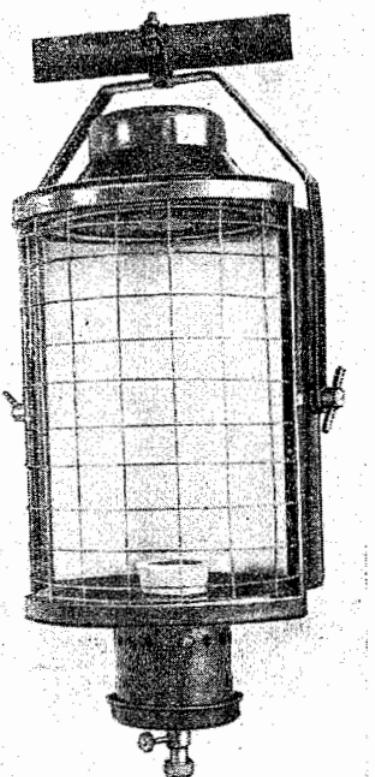


Рис. 77

Для освещения горизонта собираются батареи из горизонтных фонарей, включающие несколько десятков светильников. Батарея подвешивается на специальной раме (рис. 79 и 80) примерно посередине сцены (рис. 76) так, чтобы свет от нее падал на всю поверхность горизонта. Иногда горизонтные фонари разделяются на две батареи (рис. 80).

При освещении горизонта батареей горизонтных фонарей освещенность в нижней части горизонта обычно оказывается недостаточной. Для увеличения освещенности горизонт дополнительно освещают снизу либо подсветами („каретные фонари“, „бережки“), либо — значительно реже — специальной горизонтной рампой, вделанной в планшет и не

выступающей над его плоскостью. В последнее время, однако, за границей изготавливают горизонтные фонари с зеркальными отражателями (рис. 81 и 79), которые освещают равномерно весь горизонт и, следовательно, надобность в дополнительном освещении нижней его части отпадает.

Подсветами („щитки“, „каретные фонари“, — „бережки“ и т. д.) называются переносные светиль-

ники самого разнообразного вида, имеющие целью осветить отдельные участки сцены, создать дополнительную освещенность в том или ином месте, сгладить неравномерность освещения и пр. Они изготавливаются на одну или несколько ламп. Отражатели изготавливаются с поверхностью смешанного отражения, причем иногда с большой зеркальной составляющей (см. Распределение отраженного света).

Мощность устанавливаемых

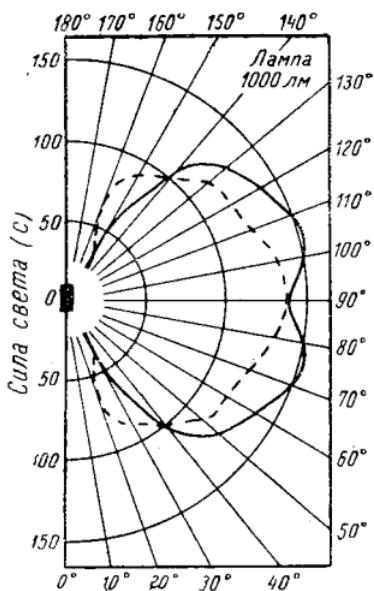


Рис. 78а

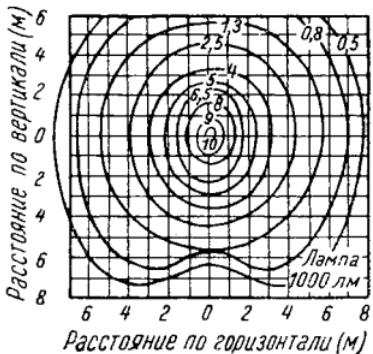


Рис. 78б

в подсветах ламп бывает самой разнообразной, от самых небольших мощностей в 15—25 вт до 500—1000 вт. Подсветы устанавливаются на штативах, подвешиваются на кронштейнах, передвигаются на специальных каретах и т. д.

На рис. 82а и б—представлены два подсвета НП-1 и АП-1 завода Гостеасвет. Отражатели у подсветов—эмалированные. Максимальная мощность ламп в подсветах—1000 вт.



Рис. 79

Светораспределение обоих подсветов приблизительно одинаковое. На рис. 83а и б для примера представлена кривая распределения сил света подсвета АП-1 (сплошной линией— в поперечной плоскости, пунктиром— в продольной плоскости) и кривые изолюкс на вертикальной плоскости, находящейся на расстоянии 4 м от светильника.

#### *Прожекторы*

Составными частями сцени-

ческого прожектора являются: источник света, оптическая система, корпус и светофильтр.

Оптическая система прожектора имеет назначение перераспределить световой поток источника света, то есть создать требуемое светораспределение прожектора.

Оптическая система прожектора может быть трех типов: диоптрическая, катоптрическая и катодиоптрическая.

В прожекторах с диоптрической (преломляющей) оптической системой световой пучок прожектора образуется в результате преломления светового потока источника света линзами.

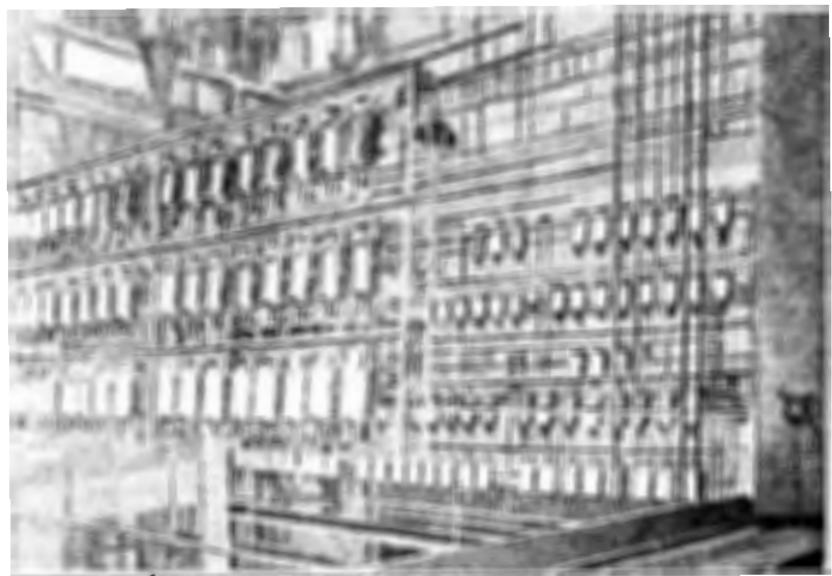


Рис. 80

В прожекторах с катоптрической (отражательной) оптической системой световой пучок прожектора образуется в результате отражения светового потока источника света от зеркального отражателя.

В прожекторах с катодиоптрической (смешанной) оптической системой световой пучок прожектора образуется в результате преломления светового потока источника света линзами, причем часть светового потока преломляется линзами после его отражения от зеркального отражателя.

В сценической практике прожектора с диоптрической и катодиоптрической оптическими системами объединяются в группу линзовых прожекторов.

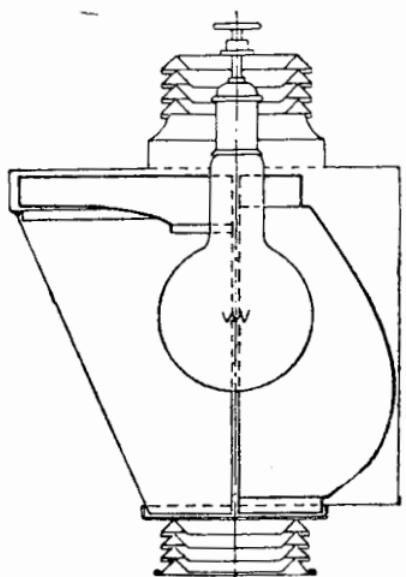


Рис. 81

Современные линзовые прожекторы являются исключительно прожекторами с катодиоптрической оптической системой. Линзовые прожекторы без зеркальных отражателей, то есть прожекторы с диоптрической оптической системой, являются устаревшими осветительными приборами вследствие чрезмерно низкого коэффициента полезного действия. Применение линзовых прожекторов без зеркальных отражателей не может быть рекомендовано.

Линзы, составляющие оптическую систему сце-

нического прожектора, являются плоско-выпуклыми стандартных размеров и со стандартным фокусным расстоянием. Они изготавливаются обычно из зеркального стекла (см. Примеры оптических систем. Линзовый прожектор). Это большей частью—конденсорные линзы (см. Конденсоры).

Зеркальные отражатели в линзовых прожекторах большей частью сферические, однако известны прожекторы и с эллиптическими отражателями (см. Сферическое зеркало и Эллиптическое зеркало).

Зеркальные отражатели в прожекторах с катодиоптрической оптической системой обычно параболические (см. Параболическое зеркало).

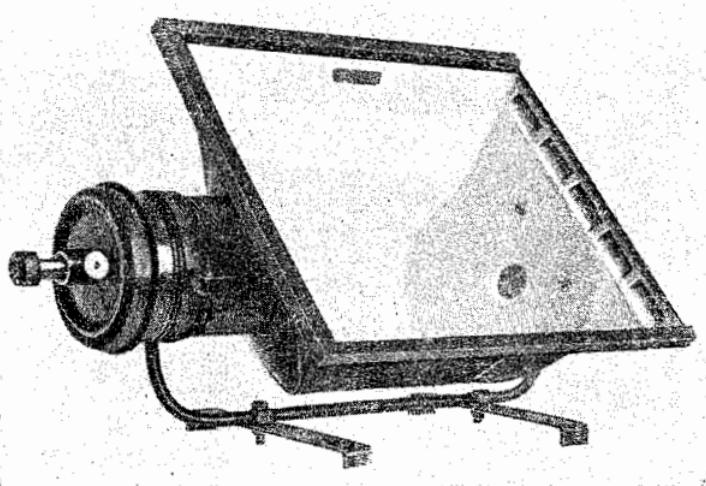


Рис. 82а

Зеркальные отражатели изготавливаются стеклянными или металлическими (см. Стеклянное зеркало и Металлическое зеркало).

Источники света сценических прожекторов. В качестве источников света в сценических прожекторах большей частью применяют проекционные лампы. Однако до сих пор еще встречаются прожекторы с электрическими дугами как переменного, так и постоянного тока. Применение электрической дуги, однако, рекомендовано быть не может прежде всего из-за опасности в пожарном отношении, а также потому, что часто дуга горит крайне неспокойно, что вызывает неприятное для зрителя колебание освещенности на сцене.

Корпус сценических прожекторов служит для скрепления всех составных частей прожектора и для предохранения глаз от ярких

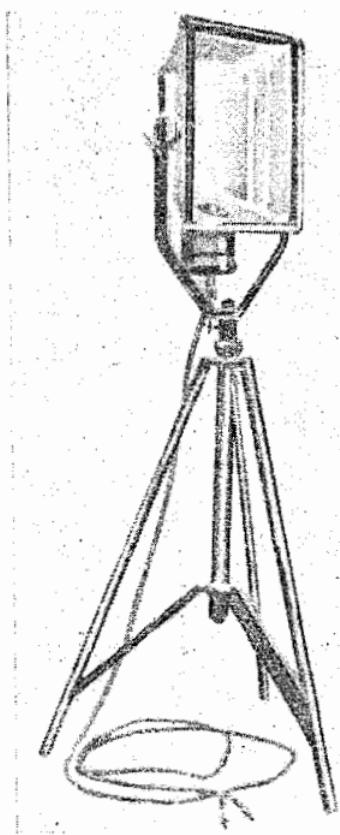


Рис. 826

в центральной ложе, в потолке зрительного зала, на портальной стене, на галереях и мостиках, между кулисами и т. д. Прожекторы являются по существу переносными приборами и могут быть установлены в любом участке сцены. Таким образом, освещение сцены прожекторами может производиться как с весьма далеких расстояний (например,

частей источника света, линзы и отражателя. Так же, как у светильников, защищенными оказываются только глаза зрителя, тогда как глаза актера — никак не защищены.

Применение сценических прожекторов. Прожекторы играют большую роль в современной сценической осветительной установке. Прожекторами „заливают“ всю сцену, создавая общее освещение; прожекторами создают дополнительное освещение на отдельных участках сцены; освещают ограниченный участок сцены; освещают актера, и пучок света прожектора „следует“ за передвижением актера по сцене; создают разнообразные световые эффекты, и т. д.

Прожекторы размещаются в самых различных местах сцены и зрительного зала: в боковых ложах,

из центральной ложи), так и с очень близких — с расстояния 2—3 м.

## *Типы сценических прожекторов*

Проекторы с зеркальными отражателями применяются в настоящее время очень редко. Схема такого проектора показана на рис. 24. Источниками света могут быть как лампы накаливания, так и электрические дуги.

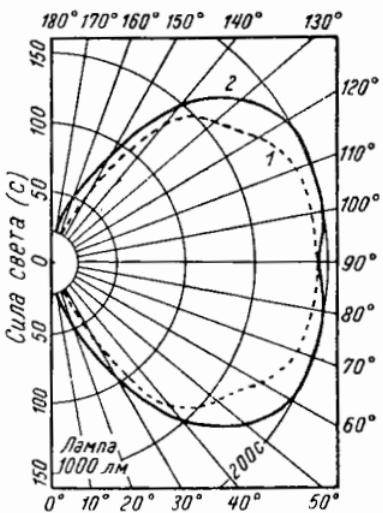


Рис. 83а

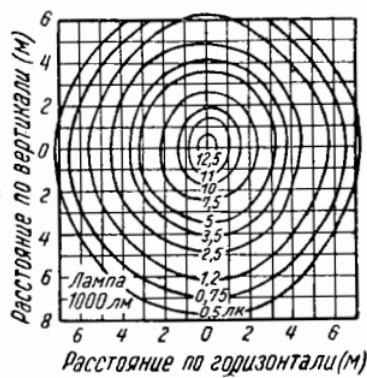


Рис. 83б

тике сценического освещения, обычно имеют приспособление для изменения расстояния между линзой и источником света. Это позволяет изменять диаметр выходящего из прожектора пучка света, а, следовательно, получать на сцене световое пятно большего или меньшего размера. Изменение расстояния между линзой и источником света про-

изводится большей частью путем передвижения источника света и значительно реже передвижением линзы.

В линзовых прожекторах применяют как обычные конденсорные линзы с гладкой сферической поверхностью, так и так называемые линзы Френеля. У последних гладкая сферическая поверхность заменена рядом стеклянных призматических колец, расположенных в определенном порядке. Прожекторы с линзами Френеля имеют значительно больший коэффициент полезного действия, нежели прожекторы с обычными гладкими линзами.

Отражатель в линзовых прожекторах может быть жестко соединен с источником света и, таким образом, перемещается вместе с последним.

Прежде чем жестко соединить отражатель с источником света, его следует установить в правильное положение относительно источника света. Правильность установки отражателя может быть проверена, если посмотреть на зеркало вдоль его продольной оси. Если источником света является дуга, то изображение дуги будет казаться совпадающим с самой дугой. Если же источником света является проекционная лампа, то наблюдатель должен увидеть картину, представленную на рис. 84: изображение нитей лампы должно быть в промежутках между самыми нитями лампы.

Источник света вместе с отражателем помимо продольного перемещения (вдоль продольной оси прожектора) имеет также перемещение по вертикальной оси и поперек прожектора. Эти перемещения необходимы для установки источника света на оптической оси линзы (см. Прочие искажения оптическими системами).

Источниками света в линзовых прожекторах большей частью являются проекционные лампы мощностью от 500 до 3000 вт. Реже в линзовых про-

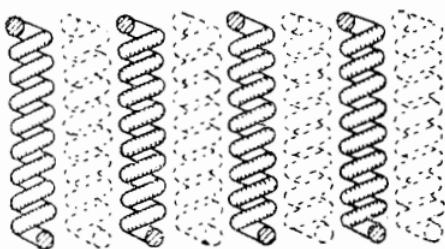


Рис. 84

прожекторах применяются электрические дуги.

Линзовые прожекторы устанавливаются на штативах или подвешиваются при помощи вилки на кронштейнах.

На рис. 85 представлен прожектор ПРФ завода Гостеасвет.

Прожектор ПРФ снабжен линзой Френеля диаметром  $d = 212$  мм. Отражатель — железный хромированный. Прожектор рассчитан на лампу максимальной мощности 1000 вт. Коэффициент полезного действия равен  $\eta = 12\text{--}17\%$ , в зависимости от удаления лампы от линзы. (Коэффициент полезного действия прожектора ПР-1 завода Гостеасвет с гладкой линзой равен  $\eta = 5\text{--}8\%$ .)

На рис. 6 представлены кривые распределения сил света прожектора ПРФ для двух расстояний между линзой и источником света: кривая 1 — для расстояния 110 мм, кривая 2 — при наи-

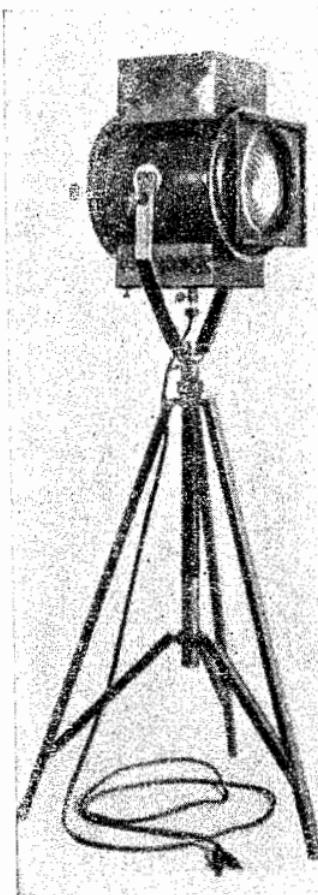


Рис. 85

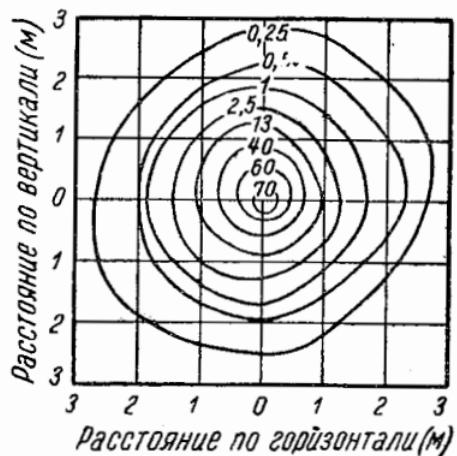


Рис. 86

большем приближении лампы к линзе. На рис. 86 представлены кривые изолюкс (лампа—1000 лм) на вертикальной поверхности, находящейся на расстоянии 10 м от прожектора (при среднем положении лампы относительно линзы).

Линзовые прожекторы обычно применяются для освещения сцены с более или менее далеких расстоя-

ний. Линзовые прожекторы, установленные группами, например, в боковой ложе, в проемах потолка зрительного зала, иногда электрически соединяются между собой (конечно, по цветам). Группа линзовых прожекторов в боковых ложах показана на рис. 87 (театр им. Вахтангова).

Тубусами называются линзовые прожекторы с корпусом в виде вертикального цилиндра. Лампа вдоль продольной оси тубуса не передвигается. Впрочем, иногда линза имеет некоторое продольное перемещение.

Источниками света являются исключительно проекционные лампы накаливания 500—1000 вт.

Отражатели, большей частью металлические, укрепляются на корпусе тубуса.

Линзы обычно конденсорные, хотя могут быть с успехом применены линзы Френеля.

Тубусы подвешиваются при помощи вилок на кронштейнах; они могут быть установлены также на штативах.

На рис. 88 представлен тубус Театральной лаборатории для проекционных ламп максимальной мощности 500 вт.

Тубусы применяются для освещения сцены с более близких расстояний, чем линзовые прожекторы. Они уста-

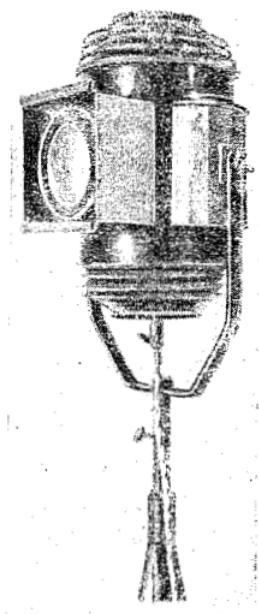


Рис. 88

2015 Digitized by ASA



Рис. 87

навливаются на различных участках сцены, чаще всего на внутренних сторонах порталальной арки, а иногда выносятся и в зрительный зал.

Выносными прожекторами называют линзовые прожекторы, предназначенные для освещения просcenium и первого плана сцены со стороны зрительного зала. Из них составляются выносные софиты, что для больших сцен несравненно

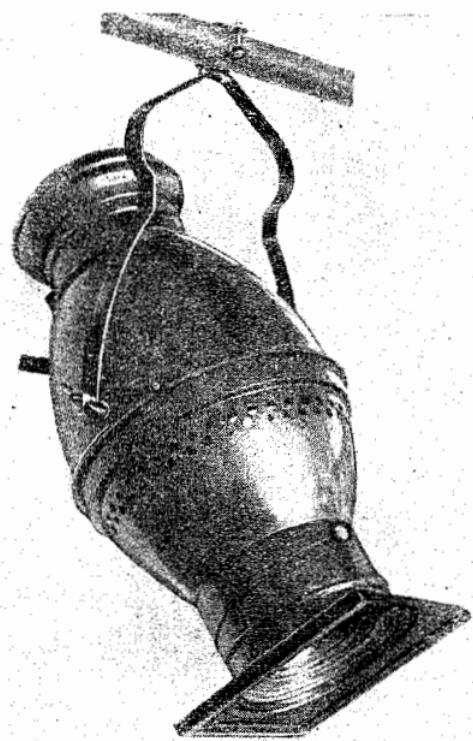


Рис. 89

ционные лампы. На рис. 89 представлен вертикальный прожектор заграничного производства.

Вертикальные прожекторы предназначаются для освещения на сцене участков небольших размеров, меньших, чем это можно сделать сполосветодиодами (см.).

Вертикальные прожекторы подвешиваются на штангетках или на рейках между софитами. Кроме того они устанавливаются на верхних галереях, мостиках.

лучше, чем применение для этой цели камерных софитов. Иногда выносные прожекторы устанавливаются и в боковых ложах (рис. 87).

Вертикальными прожекторами называются линзовые прожекторы, предназначенные, как и сполосветодиоды, для освещения горизонтальных поверхностей на сцене. Вертикальные прожекторы отличаются от сполосветодиодов более узким пучком света, а от прочих линзовых прожекторов — тем, что источниками света в них являются нормальные, не проек-

„Пистолетами“ называются ручные переносные линзовые прожекторы. Пистолеты обычно имеют приспособление для изменения расстояния между источником света и линзой и, следовательно, имеется возможность изменять диаметр светового пучка. Иногда движение придается источнику света, удобнее же иметь возможность передвигать линзу.

Источниками света являются лампы накаливания малого напряжения (12 или 24 в). Применение ламп нормального напряжения 127 в категорически недопустимо, так как может привести к поражению током человека, держащего в руках прибор; в тяжелых случаях это может окончиться смертью.

Оптическая система „пистолета“ состоит из линзовой оптики и отражателя, большей частью металлического. Линзовая оптика составляется из линз небольшого диаметра. Иногда применяется сложная оптическая система, чтобы избежать хроматических aberrаций.

На рис. 90 представлен „пистолет“ со сложной оптической системой заграничного производства.

„Пистолеты“ предназначены для освещения актеров. Осветитель, стоя между кулисами, держит в руках „пистолет“, наводит пучок света на лицо актера и неотступно „следит“ за ним.

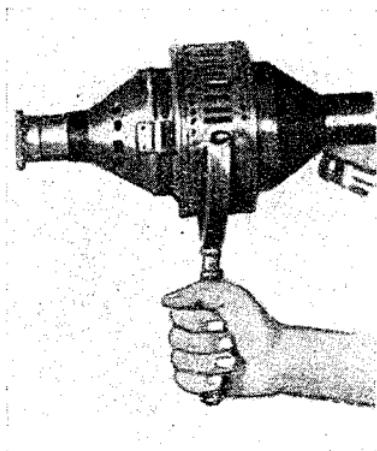


Рис. 90

### **Проекционные приборы**

Проекционным прибором называется устройство, предназначенное для образования в увеличенном виде изображения того или другого предмета. Проекционные приборы разделяются на приборы с оптической системой и без оптической системы. Приборы с оптической системой в свою очередь разделяются на диапроекционные и эпипроекционные.

Диапроекционными приборами называются такие приборы, в которых предмет, изображение которого должно быть получено на экране, является прозрачным (диапозитив) и освещается напросвет.

Эпипроекционными приборами называются такие приборы, в которых предмет, изображение которого должно быть получено на экране, является непрозрачным. Эпипроекционные приборы на сцене почти никогда не применяются.

#### *Диапроекционные приборы*

Составными частями диапроекционных приборов являются: источник света, оптическая система, диапозитив и корпус.

Оптическая система диапроекционных приборов имеет назначение: 1) осветить диапозитив, 2) создать увеличенное изображение диапозитива на экране. Оптическая система состоит из: объектива, конденсора (осветителя) (см.) и отражателя (см. Проектор). Отражатели — металлические или стеклянные — имеют обычно сферическую поверхность.

Источники света диапроекционных приборов (см. Источники света прожекторов и Линзовые прожекторы).

Корпус диапроекционных приборов (см. Корпус прожектора).

П р и н ц и п  
действия диа-  
проекционных  
приборов (см.  
Проектор).

#### Типы диапроекторов

На рис. 91 представлен проектод заграничного производства, а на рис. 92 проектор Театральной лаборатории. Последний сконструирован так, что объектив, рамка для диапозитива и одна конденсорная линза являются отъемными и, следовательно, проектор может быть превращен в обычный линзовый прожектор.

При работе диапроектора происходит сильное нагревание его частей до такой температуры, при которой могут лопаться конденсорные линзы. Чтобы избежать столь сильного нагрева конденсорных линз (температура наружной поверхности конденсорной линзы достигает иногда  $160-170^{\circ}\text{C}$ ), на пути между источником света и конденсором устанавливаются кюветы с плоскопараллельными стеклянными стенками. В кюветы наливается вода и достаточно часто сменяется. Лучше, если устраивать кюветы с проточной водой. В некоторых случаях линзы и диапозитив охлаждаются неболь-

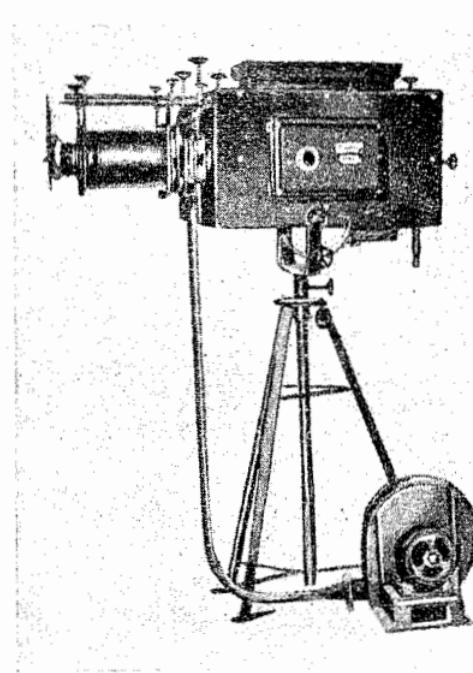


Рис. 91

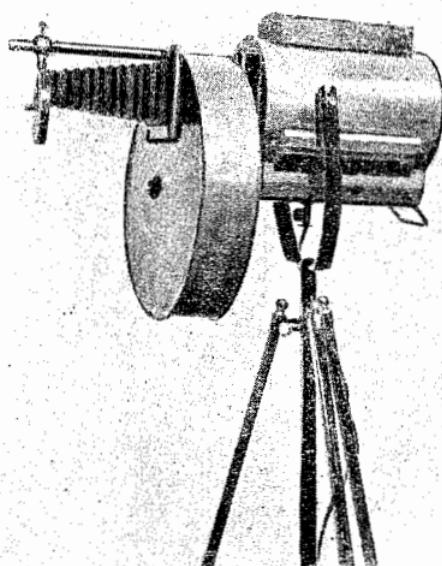


Рис. 92

взаиморасположены так, что плоскость экрана не перпендикулярна оптической оси проектора. В этом случае изображение на экране получается искаженным (см. Прочие искажения оптическими системами). Для исправления проекции применяются различные способы. Один из них состоит в том, что диапозитив устанавливается всегда параллельно плоскости экрана, оптическая же ось объектива образует с перпендикуляром к плоскости диапозитива некоторый угол, причем может быть найдено такое положение объектива, при котором изображение на экране окажется неискаженным. На рис. 94 показана схема такого способа исправления изображения.

шим вентилятором (рис. 91).

Проекторы могут быть установлены в различных местах сцены и зрительного зала: на планшете, на галереях, в центральной ложе и т. д. (на рис. 93 показан проектор на галерее — театр им. Вахтангова). Экраны, на которых проекторы создают изображения, точно также могут устанавливаться на различных участках сценической площадки. Нередко оказывается, что проектор и экран

Иногда увеличение проектора оказывается недостаточным: изображение на экране получается меньшего размера, чем это нужно. Тогда картину, которую нужно изобразить на экране, разделяют по частям на несколько диапозитивов и получают на экране изображение от нескольких проекторов. На рис. 95 показана схема образования изображения одновременно несколькими проекторами. Проектор может быть расположен как перед, так и позади экрана. В первом случае изображение воспринимается зрителем в результате отражения света от экрана; во втором случае — в результате прохождения света через полупрозрачный экран. Размещение проекторов за экраном должно быть таким, чтобы прямые лучи света проекторов не попадали в глаза зрителя. На рис. 95 внизу показано правильное расположение проекторов, а сверху — неправильное. При образовании на экране картины, путем соединения нескольких изображений, необходимо так расположить проекторы, чтобы соседние изображения заходили несколько своими



Рис. 93

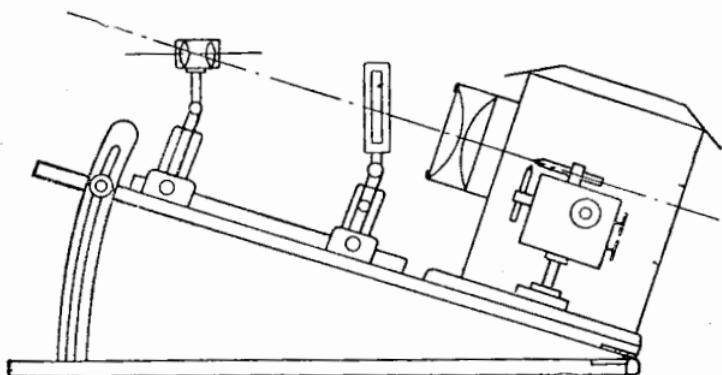


Рис. 94

краями друг на друга. При этом диапозитивы должны быть так обработаны, чтобы соответствующие края были несколько расплывчатыми.

#### *Приспособления к проектору для световых эффектов*

**Эффектный круг.** При помощи эффектного круга можно создать ряд световых эффектов, как то:

движение облаков, падение дождя, снега, движение поезда и пр.

Эффектный круг представляет собой плоскую цилиндрическую коробку из листового железа диаметром не менее 0,5 м с эксцентрически расположенным отверстием (рис. 92). Диаметр отверстия

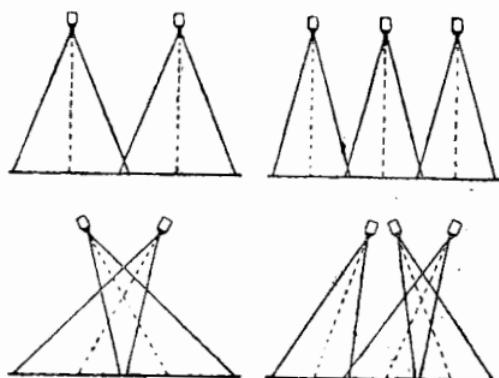


Рис. 95

соответствует диаметру конденсора проектора, к которому предназначается все приспособление.

Внутрь коробки вводится диск из прозрачного материала, укрепляемый на оси, проходящей через центр коробки.

Этот диск, являясь диапозитивом и изготовленный из стекла или пластмассы, с нарисованными на нем изображениями, приводится во вращение вручную рукояткой, часовым механизмом или электрическим мотором.

Изображение, нарисованное красками, лаками или матировкой на диске—диапозитиве, с той или иной скоростью проходит мимо отверстия в коробке и пересекает пучок света, падающий из конденсора на объектив.

На экране получается движущееся изображение диапозитива.

Эффектный круг устанавливается непосредственно за конденсором, между конденсором и объективом.

Возможно совмещение двух диапозитивных дисков, посаженных на одной оси, но вращаемых с различной скоростью или в разных направлениях. Применяется также совмещение неподвижного обычного диапозитива с вращаемым диском и т. д. К недостаткам эффектного круга можно отнести движение изображения обязательно по кривой. Радиус этой кривой, конечно, зависит от диаметра круга.

На рис. 92 представлен проектор Театральной лаборатории с установленным кругом.

Подвижная диапозитивная рамка. На рис. 96 показан проектор с подвижной диапозитивной рамкой, в которую вставляется ряд диапозитивов. Передвигая эту рамку либо рукой, либо при помощи мотора, получаем на экране дви-

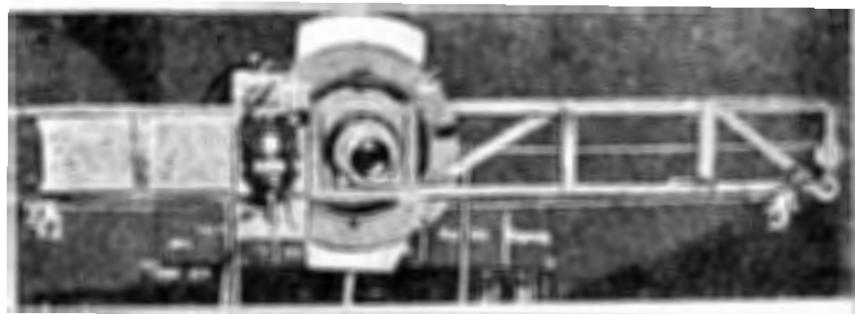


Рис. 96

жущееся изображение туч, каких-либо предметов и т. п.

Касеты для эффекта зыби воды. Такие касеты представляют собой продолговатую железную коробку длиной  $30 \times 20$  см (при конденсоре диаметром в 15 см) и шириной 5—6 см. Внутри этой коробки в пазах свободно двигаются вверх и вниз три рамки, в которые вставляются диапозитивы, изображающие водяную зыбь. В верхней части коробки делаются круглые сквозные отверстия, по размеру равные диаметру конденсора. Наверху коробки укрепляется электромотор или пружинный завод. На оси мотора эксцентрически укрепляются три небольших диска, от которых идут проволоки, поднимающие и опускающие рамки с диапозитивами. Благодаря такому креплению рамки двигаются разновременно вверх и вниз, и переливающаяся проекция рисунка зыби создает впечатление движения воды. Самый рисунок состоит из мелких и частых зигзагов (с утолщением в середине), расположенных параллельными рядами на пластинке диапозитива. Укрепляется коробка на том же месте, где и эффектный круг.

Ленточный диапозитив представляет собой длинную металлическую коробку (до одного метра длиной) при ширине, равной диаметру конденсора. Внутри этой коробки движется длинная стеклянная полоса (равная половине длины коробки), на которую нанесен рисунок панорамы, изображение парохода, поезда и т. д. Движение осуществляется при помощи электромотора. Укрепляется ленточный диапозитив на том же месте, где и эффектный круг. Преимущество ленточного диапозитива перед эффектным кругом заключается в том, что он дает прямое горизонтальное движение проекции, в то время как круг всегда сохраняет круговое движение.

Цилиндрический диапозитив, как говорит само его название, представляет собой стеклянный или слюдяной цилиндр, помещенный в железную коробку, тоже цилиндрической формы (размер коробки: диаметр — 27—30 см, а высота на 2—3 см больше диаметра конденсора). Верхний обрез диапозитива укрепляется на деревянном кругу, центр которого соединен с осью мотора, расположенного на верхней крышке коробки. Укрепляется коробка между конденсором и объективом. Применяется цилиндрический диапозитив для облачных и панорамных проекций.

Панорамный диапозитив представляет собой прямоугольную коробку с круглым отверстием (равным диаметру конденсора). Внутри коробки справа и слева укреплены вертикальные валики. Укрепленная на этих валиках прозрачная лента из ацетиллцеллюлозы или желатины с нанесенным на нее рисунком перематывается при помощи моторчика с одного вала на другой. Коробка с панорамным диапозитивом помещается в проекторе на обычном месте для диапозитива. Ни в коем случае нельзя

пользоваться для панорамных проекций обычной легко воспламеняющейся кинопленкой из нитроцеллюлозы, так как употребление ее может привести к вспышке пленки.

Водяные кюветы употребляются в проекторах главным образом для охлаждения диапозитива и помещаются поэтому между конденсором и диапозитивом. В то же время наличие водяной кюветы создает возможность использовать ее и для ряда световых эффектов (см. таблицу).

Водяные кюветы имеют вид металлических плоских коробок (ширина и высота равна диаметру конденсора, а глубина — 4—5 см), причем большие вертикальные стороны делаются стеклянными и поэтому свободно пропускают свет по направлению к объективу. В верхней крышке кюветы делают несколько отверстий.

Хромотропом, в сущности, можно назвать всякий движущийся диапозитив. Но в театральной практике для большей определенности хромотропом называют прибор, состоящий из рамки, внутри которой, совпадая центрами, двигаются в разные стороны два одинаковых по размерам диска. В некоторых случаях один из этих дисков может быть и неподвижным. Диски могут быть как прозрачными (стеклянными), так и металлическими. В первом случае на диски наносят цветные рисунки, при проекции которых на сцене получаются нарядные декоративные орнаменты; во втором случае (не-прозрачные диски) рисунок вырезается или просверливается, и тогда хромотроп уже служит для определенного сценического эффекта (например „зайчики“).

Маской (см. Диафрагмы) называется контурный вырез в непрозрачной пластинке (железной). Такая пластина устанавливается перед конденсором и слу-

жит ограничителем площади проекции (например, если нужно строго ограничить, чтобы облака шли только по небу и не закрывали бы собою крыши домов). С этой целью в проектор вставляют диапозитив-маску, которая представляет собою вырезанные контуры верхней части домов. Второй пример — „зыбь“ воды иногда надо дать не по всей поверхности воды, а только в пределах лунного столба; с этой целью перед конденсором проектора устанавливают диапозитив-маску, вырез которой представляет собой равнобедренный треугольник.

Взамен вырезывания или выпиливания маски из металла можно применять маски из обычного стекла. При этом затемненные части надо либо матировать, либо закрашивать белилами (но не черной краской или лаком).

Зеркало для перемещения проекции. В некоторых случаях проекционному изображению на экране надо придать движение. Для этой цели, наряду с динамическими диапозитивами, служит также и зеркальный отражатель. Он представляет собой плоско-параллельное зеркало поверхностного серебрения. (Обычное зеркало мало пригодно, так как оно дает на экране двойное изображение.) Такой отражатель устанавливается на шарнирной головке перед объективом.

**Молниевый затвор.** Для того чтобы придать проекции молнии выбирирующий оттенок, перед объективом проектора устанавливается молниевый затвор, который бывает двух видов. В первом случае затвор представляет собой рамку, внутри которой ходит в горизонтальном направлении металлическая пластинка. В пластинке сделаны 3—4 вертикальных выреза шириной в 1 см (расстояния между вырезами = 1—1,5 см). Быстрым движением пластиинки с одной стороны на другую получают

мелькающий зигзаг молнии. Второй вид молниевого затвора представляет собой непрозрачный диск (молниевый обтюратор), помещенный перед объективом так, чтобы центр диска находился сбоку от объектива. В диске, как и в предыдущем случае, делаются вырезы, которые идут от центра к окружности. Поворотом диска достигается мелькание изображения молнии.

Обтюраторы, кроме уже приведенного выше случая, применяются в театральной практике, например, в следующих случаях: 1) вихрь (мелькание теней): перед прожектором устанавливается двух- или трехлопастный обтюратор, который при быстром движении создает мелькание теней; 2) пламя (освещение пара): обтюратор делается по принципу цветного „серпантин“а, в котором красный фильтр чередуется с красно-оранжевым.

Поворотная рамка представляет собой приспособление, с помощью которого рамка с диапозитивами может вращаться вокруг своей оси. По большей части такое приспособление представляет собой кольцевые пазы, внутри которых вращается второе кольцо с пазами для рамки диапозитивов.

Тучевой аппарат (волькенаппарат) представлен на рис. 97а, а его схематический разрез — на рис. 97б. В металлическом корпусе установлена мощная лампа, обычно 2000—3000 вт. В боковых стенках корпуса вставлены конденсоры, расположенные, следовательно, вокруг лампы. Свет от лампы проходит через конденсоры и освещает диапозитивы, представляющие собой фотографическое изображение облаков. Освещенный диапозитив отражается в зеркалах, меняющих направление лучей на 90°. Объективы расположены вертикально и для направления света в сторону экрана над каждым объективом установлено зеркало, отражающее свет

в нужном направлении.

Изображения соседних диапозитивов соприкасаются. Получается как бы панорамное изображение облаков, охватывающее весь горизонт сцены. Электрический мотор в верхней части аппарата медленно вращает оптику прибора вокруг оси, на которой расположена лампа. Изображение облаков на экране медленно передвигается.

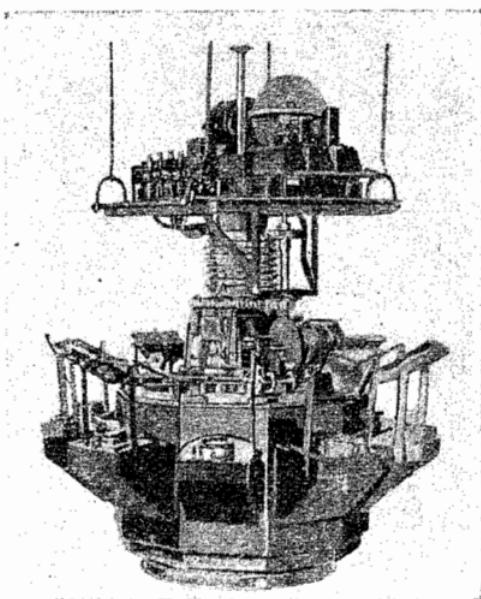


Рис. 97а

#### Проекция без оптики

Теневая (транспарантная) проекция заключается в том, что с обратной или прямой от зрителя стороны экрана помещается источник света, а вблизи источника света (между ним и экраном) устанавливается та или иная фигура, имеющая характерный профиль, сделанная из непропускающего свет материала. От непрозрачной фигуры падает на экран тень, более или менее точно передающая контуры фигуры (чем ближе источник света к точечному, тем более четкие контуры получаются на экране).

При приближении источника света к непрозрачной фигуре, ее изображение на экране, как это ясно из рис. 98, увеличивается. Постепенно перемещая

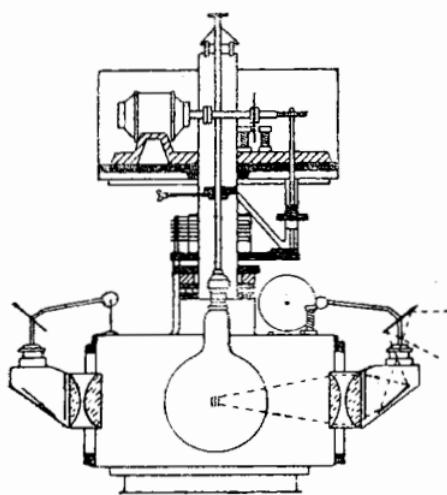


Рис. 976

источник света, можно от небольшого теневого рисунка притти к громадному, захватывающему весь экран. Отодвигая источник света в сторону, получим перемещение тени от одного конца экрана к другому.

Если источник света перекрывается цветным светофильтром, тень получается черная на цвет-

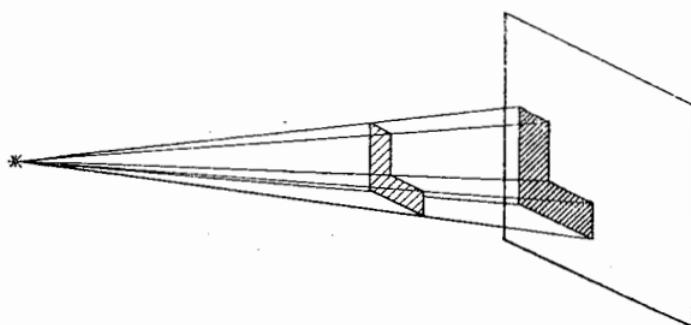
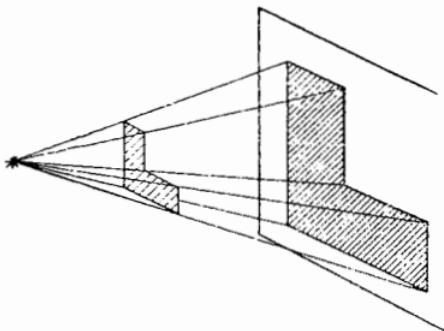


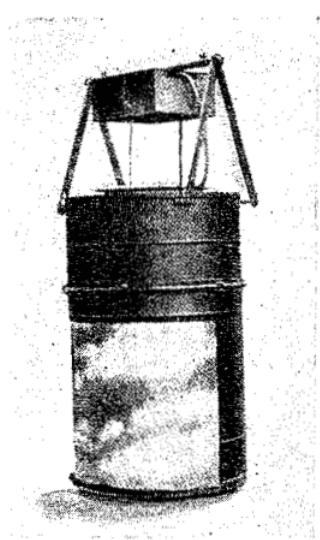
Рис. 98

ном экране; если проектируемая фигура изготовлена из прозрачного и притом окрашенного светофильтра, то на белом экране получается цветной абрис (силуэт).

Фонарь Линнебаха. На принципе теневой проекции основан так называемый фонарь Линнебаха, усовершенствованный в Театральной лаборатории.



Рис. 99

Рис. 100  
2015 Digitized by ASA

рии. Он представляет собою корпус, внутри которого установлена дуговая лампа. В выходном отверстии прибора помещается диапозитив — рисунок на стекле или желатиновой пленке, написанный цветными лаками. Фонарь устанавливается за кулисами, причем диапозитив располагается параллельно экрану. Тогда на экране получается неискаженное изображение диапозитива в увеличенном масштабе, вполне имитирующее холст, покрытый масляными красками.

На рис. 99 показан внешний вид фонаря Линнебаха (изготовления Театральной лаборатории).

Ландшафтный аппарат представлен на рис. 100. Это металлический полый цилиндр, часть боковой поверхности которого вырезана. Внутри цилиндра устанавливается лампа накаливания достаточно большой мощности: 500—1000 вт. Внутрь металлического цилиндра вставлено цилиндрическое стекло с нарисованными на нем облаками. Стеклянный цилиндр медленно вращается и постепенно проходит перед вырезом в цилиндрическом корпусе прибора. На экране получается расплывчатое движущееся изображение облаков.

## *Глава 11*

### **СИСТЕМА СЦЕНИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

#### **Системы освещения**

Система освещения сцены зависит от светораспределения применяемых осветительных приборов и от способа их размещения и использования.

Сценические осветительные приборы по своему светораспределению относятся к классу приборов прямого света. Отличаются они друг от друга по степени концентрации светового потока. Линзовые прожекторы всех типов и спотосветы являются приборами прямого света с концентрированным светораспределением, так как свет излучается ими в пределах сравнительно небольшого телесного угла (см.). Остальные осветительные приборы, которые излучают свет в пределах значительно большего телесного угла, являются приборами прямого света со средним и широким светораспределением.

Несмотря на то, что все сценические осветительные приборы относятся к одному классу — к классу приборов прямого света, — системы освещения сцены могут быть различными, в зависимости от способа размещения и использования осветительных приборов.

Линзовые прожекторы (за исключением применяемых в виде софитов) размещены обычно группами и освещают сцену по двум-трем направлениям. Остальные осветительные приборы рассеяны

по всей сцене и, следовательно, освещают сцену одновременно по многим направлениям. В соответствии с применяемым размещением и использованием прожекторов, освещение сцены прожекторами может быть классифицировано как система прямого света, а освещение прочими приборами, — как система рассеянного света. Впрочем, освещение системой прямого света выполняется не только линзовыми прожекторами. Действительно, если осветить сцену только сполосвтами, то получим освещение системой прямого света, так как направление света будет одинаковым от всех приборов — сверху вниз, а самые сполосвты являются приборами прямого света. Точно так же однадве подсветки, освещающие сцену с одной стороны при неработающих других осветительных приборах, создадут освещение прямым светом.

В практике сценического освещения зачастую трудно бывает разграничить применяемые системы распределения света на сцене. Очень часто линзовые прожекторы имеют подсобное значение, создавая общее освещение сцены одновременно со всеми другими осветительными приборами. В этом случае их роль как приборов прямого света несколько снижается, а иногда и полностью исчезает. Это зависит от соотношения освещенностей, создаваемых прожекторами и остальными осветительными приборами. Если создаваемые прожекторами освещенности значительно превышают освещенности от других приборов, то и значение приборов прямого света сохраняется за ними.

Системы прямого и рассеянного распределения света на сцене в их чистом виде резко отличаются друг от друга в смысле создания художественного впечатления. Поэтому их применение строго зависит от художественного замысла авторов спектакля.

Освещение плоскостных и объемных декораций требует применения различных систем освещения.

На плоскостных декорациях характерные объемные признаки — перспектива, освещенные и затененные стороны предметов — созданы красками. Остается лишь равномерно их осветить. Для этой цели должна быть применена система рассеянного света (см. Система освещения сцены).

Объемные декорации обычно целесообразно освещать системой прямого света или, во всяком случае, сочетанием рассеянного и прямого света (см. Система освещения сцены). Несмотря на то, что самая трехмерность объемных декораций является основой для восприятия их объема, оказывается, обычно, что соотношение в освещенностях, в затененных и незатененных их частях, также немало способствует (или, наоборот, ухудшает) впечатлению об их объемности.

Мешающие тени образуются обычно на сцене за объемными предметами при освещении сцены системой прямого света. Можно мириться с тенями, когда они короткие и лежат на планшете так, что зрителю они мало заметны. Однако длинные тени, получающиеся на кулисах, задниках, на горизонте, изображающем небо, тени от актеров, перемещающиеся во время движения актеров, — создают зачастую у зрителя неприятное, неправдоподобное впечатление, мешающее восприятию спектакля.

Схема образования теней показана на рис. 101а.

С тенями можно бороться различными способами, сводящимися в основном к одному и тому же: к дополнительному освещению затененного участка, чтобы выровнять разницу в освещенностях в затененном и незатененном участках.

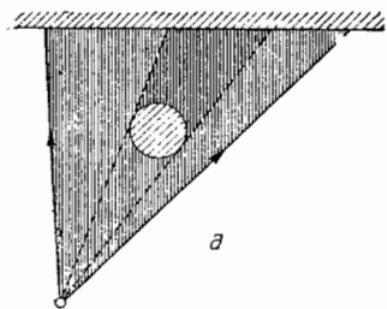


Рис. 101а

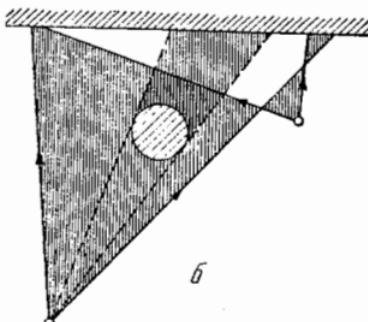


Рис. 101б

Это достигается, например, освещением затененного участка какой-либо подсветкой, как показано на схеме рис. 101б.

Очень важно сделать тени возможно более короткими. Это может быть достигнуто при установке прожекторов возможно выше над уровнем планшета.

На темных декорациях (с малым коэффициентом отражения) тени менее заметны, чем на светлых, так как яркостный контраст (см.) между теневым участком и окружающим фоном в первом случае будет меньше, чем во втором случае.

Особенно неприятны цветные тени, получающиеся при освещении с двух-трех сторон прожекторами разных цветов. Образование таких теней показано на схеме рис. 102. Для того чтобы избежать образования цветных теней и в то же

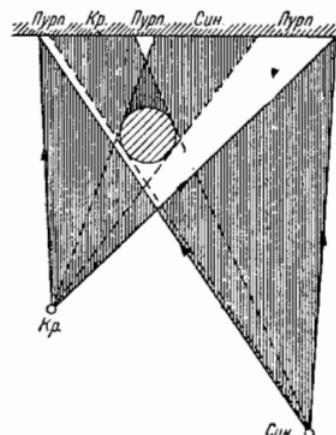


Рис. 102

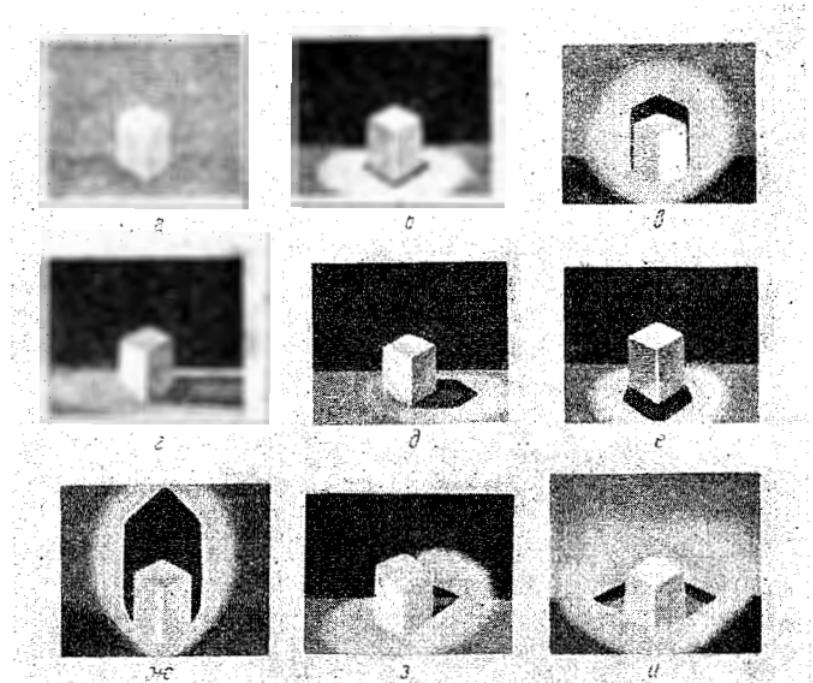


Рис. 103

время создать „новый“ цвет на сцене, можно пользоваться методом „вычитания“ цветов одинаково во всех группах прожекторов. Можно добиться хороших результатов также тем, что в каждой группе прожекторов будут прожекторы нескольких, но одних и тех же в каждой группе, цветов. Впрочем, образование цветных теней иногда может быть использовано в качестве своеобразного светового эффекта.

Помимо теней, образующихся от отдельных объемных предметов и от актеров, следует указать на тени, появляющиеся на лице актера при неудач-

ном способе освещения. Эти тени нередко искают лицо актера. Тени на лице актера образуются, например, при освещении прожекторами, расположенными с одной стороны относительно актера. Тени на лице актера образуются также и в том случае, если сцена освещается только сверху, например, софитами или сполосветами.

Примеры освещения объемного предмета. На рис. 103а — и представлен куб, освещенный рассеянным и прямым светом, а также сочетанием этих систем освещения.

На рис. 103а куб освещен системой рассеянного света (софиты, рампа, подсветы), что приводит к потере впечатления объемности и формы.

На рис. 103б — и куб освещен системой прямого света.

На рис. 103б куб освещен вертикальным прожектором или сполосветом, находящимся над кубом. Большая освещенность верхней плоскости и одинаково затененные боковые грани не дают возможности ощутить объем и форму.

Совершенно теряется впечатление об объемности и форме при лобовом освещении прожектором (например, из центральной ложи), что видно на рис. 103в. При таком освещении сзади образуется тень.

Боковое одностороннее освещение (рис. 103г), например, из-за кулис, подчеркивает объемность куба, но оставляет затененной одну грань и обраzuет тень.

Лучшее впечатление получается при боковом освещении, но под углом 45° (сверху вниз), как показано на рис. 103д. Здесь тень укоротилась по сравнению с рис. 103г.

На рис. 103е куб освещен прожектором сзади сверху.

Освещение куба снизу, например, линзовым прожектором, установленным в рампе, светильником будке или в оркестре, показано на рис. 103ж. Такое освещение имеет специальную цель: получение большой тени на заднике.

Освещение сверху и по диагонали сцены (рис. 103з), например, прожекторами из боковой ложи, создает хорошее соотношение в освещенности обеих вертикальных граней. Тень получается короткой.

Двухстороннее освещение прожекторами сверху и по диагонали (рис. 103и) приводит к равномерной освещенности всех граней, как при рассеянном освещении, но отличается образованием теней.

Примеры освещения лица актера показаны на рис. 104а—е, причем на рис. 104а — рассеянным светом, а на рис. 104б—д — прямым светом.

На рис. 104а показано освещение лица рассеянным светом. Лицо получается „плоским“, без подчеркивания деталей „естественными“ тенями.

На рис. 104б лицо освещено светильниками приборами, расположенными в верхней части сцены, например, софитами. Глубокие тени в глазных впадинах, от носа и губ подчеркивают неудачный способ освещения.

Точно так же образуются тени, но в противоположном предыдущему случаю направлении, при освещении актера только снизу, например, рампой (рис. 104в).

При освещении сбоку (рис. 104г) одна сторона лица оказывается освещенной, тогда как другая совершенно пропадает, находясь в тени.

При освещении сзади (рис. 104д) все лицо будет затенено.

На рис. 104<sup>е</sup> показано освещение лица сочетанием рассеянного и прямого света.



а



б





д Рис. 1·4 е

### Цветное освещение

Цветное освещение актеров и декораций. Метод цветного освещения актеров и декораций зависит от художественного замысла авторов спектакля. Если цель цветного освещения заключается в образовании того или иного сочетания цветов, то в этом случае сцена может быть освещена светом каких угодно цветовых характеристик, лишь бы была достигнута поставленная цель.

Иначе обстоит дело, если целью цветного освещения является создание более или менее реальных условий. При цветном освещении цвет освещаемых предметов, поверхностей и пр. изменяется. Изменяется также и цвет лиц актеров (см. Цвет тела). Если изменение цвета костюмов и декораций не является причиной потери впечатления

о реальных условиях, то приобретение лицом актера красного, зеленого или какого-нибудь другого цвета не может быть воспринято зрителем иначе, как отступление от естественных условий. Поэтому освещение тех участков сцены, где может находиться актер, должно быть осуществлено светом, цветовые характеристики которого имеют малую чистоту (см.). Так в известных пределах можно сохранить естественный цвет лица актера.

Может быть применен еще другой метод, если необходимо все же осветить сцену цветом большой чистоты. В этом случае естественный цвет лица актера можно сохранить, если дополнительно осветить его прожектором или какой-либо подсветкой белого света или цвета, дополнительного к тому, каким освещена вся сцена.

Освещение горизонта не связано с освещением актеров и декораций. Обычно на горизонте создают цвета большой чистоты.

#### *Методы цветного освещения*

Первый метод основан на смешении цветов (см.). Осветительные приборы разделяются на ряд цветных групп: три, четыре, пять. Применяемые светофильтры должны иметь возможно большую чистоту цвета. Большой частью работают одновременно две-три и больше групп, имея возможность путем смешения создать на сцене разнообразное цветное освещение. Значительно реже используется каждая цветная группа в отдельности.

Второй метод заключается в том, что приборы снабжены большим числом разнообразных светофильтров, которые могут быть сменены либо вручную, либо с расстояния при помощи каких-либо дистанционных приспособлений. В этом случае осветительные приборы большей частью могут быть

снабжены светофильтрами необходимого для данного случая цвета, а потому к одновременной работе приборов разных цветов можно прибегать значительно реже. Светофильтры при этом методе освещения могут быть меньшей чистоты (конечно, в наборе должны быть и светофильтры большой чистоты).

С экономической точки зрения значительно более выгоден второй метод освещения, так как для создания того или иного цвета нет необходимости включать одновременно несколько групп осветительных приборов. Кроме того, светофильтры меньшей чистоты цвета обладают большим коэффициентом пропускания, — следовательно, можно получить на сцене большие освещенности, а если в этом нет необходимости — снизить установленную мощность осветительных приборов.

Первый метод применяется при освещении софитами, рампой, сполоскетами. Нередко, впрочем, он распространяется и на прожекторы, что является нецелесообразным, ибо смена фильтров на прожекторах, обслуживаемых постоянно во время спектакля, не представляет какого-либо труда.

Сочетание обоих методов освещения применяется для горизонтных батарей. Здесь, однако, фильтры обычно не сменные, а постоянные, но зато число цветных групп вдвое, втрое и более превышает число групп на софитах, рампе и т. д.

Существует еще один метод, иногда применяемый на прожекторах ввиду того, что освещение разноцветными прожекторами может вызвать образование цветных теней (см. Мешающие тени). Этот метод носит название „вычитания“ цветов (см. Цвет тела). Экономически этот метод является чрезвычайно невыгодным, особенно, если применяются светофильтры малого коэффициента пропускания.

*Цветные группы осветительных приборов*

Софиты, рампа, сполоскеты обычно объединяются в цветные группы с равным числом осветительных приборов. Такое разделение приборов по группам вряд ли можно считать вполне обоснованным, принимая во внимание различные коэффициенты пропускания светофильтров разных цветов, различные значения яркостей наибольшей насыщенности и разную значимость для оформления спектакля освещения отдельными цветами.

С точки зрения всего перечисленного более правильно было бы иметь цветные группы с разным числом осветительных приборов или с разными мощностями установленных в них ламп. Следующее приблизительное соотношение между числом осветительных приборов было бы более правильным (в таблице 9 указано число осветительных приборов разных цветов, приходящееся на один прибор красного цвета).

Таблица 9

Цвет осветительных приборов	Число осветительных приборов
Красный . . . . .	1
Желтый . . . . .	1,5—2
Зеленый . . . . .	1,5—2
Синий . . . . .	2,5—3
Белый . . . . .	3

Горизонтные батареи имеют обычно значительно большее число цветных групп, чем софиты, рампа и т. д., и группы всегда содержат неравное коли-

чество горизонтных фонарей. В таблице 10 приводим два примера разбивки осветительных приборов (в таблице указано число осветительных приборов, приходящихся на один прибор красного цвета).

Таблица 10

1-й пример		2-й пример	
Цвет горизонт- ных фонарей	Число горизонтных фонарей	Цвет горизонт- ных фонарей	Число горизонтных фонарей
Красный . . . .	1	Красный . . . .	1
Желтый . . . .	1—2	Оранжево-желтый	2,3
Зеленый . . . .	2—3,3	Желто-зеленый .	2,3
Темносиний . .	1,5—3,3	Зеленый . . .	1,8
Светлосиний . .	1,5—3,3	Небесно-голубой	5
Небесно-голубой	5—6,7	Светлосиний . .	1
		Темносиний . .	1
		Фиолетовый . .	2,3

### Распределение яркостей и цветов на сцене

Распределение яркостей и цветов на сцене зависит от художественного замысла авторов спектакля. Однако не следует забывать явлений яркостного и цветового контрастов (см.), а также условий различения отдельных деталей (см. Угловые размеры).

Примеры распределения яркостей на сцене показаны на рис. 105—109.

На рис. 105 приведен пример освещения сцены рассеянным светом (софиты, рампа). Станок, фигура и лица актеров получаются в достаточной



Рис. 105

мере „плоскими“. Благодаря черному фону вся группа представляется большой яркости.

Этого нельзя сказать о рис. 106, где также применена система рассеянного света, но фон имеет большую яркость. Актеры, декорации, бутафория не отделяются так от фона, как на рис. 105, и кажутся меньшей яркости и однотонными.

Наконец, крайний случай, когда освещен лишь горизонт, а актеры не освещены. Они кажутся силуэтами на ярком фоне (рис. 107).

На рис. 108 показан пример высвечивания одного участка сцены прожектором. Группа на фоне темноты представляется весьма выпуклой. Внимание

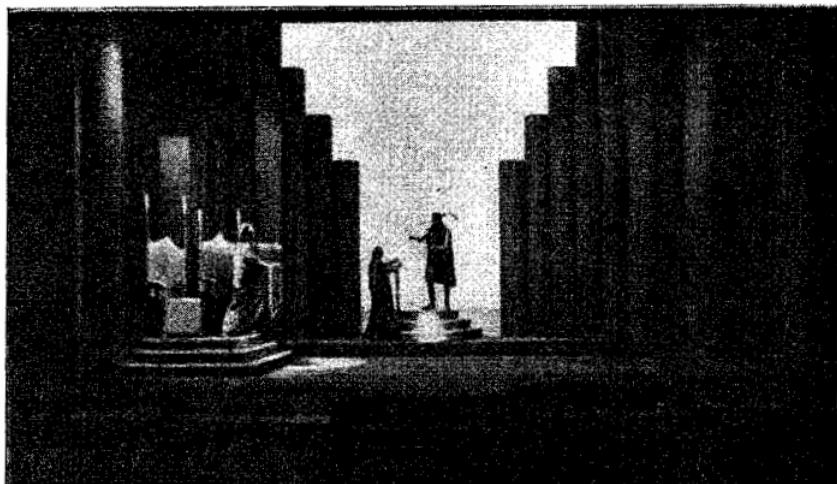
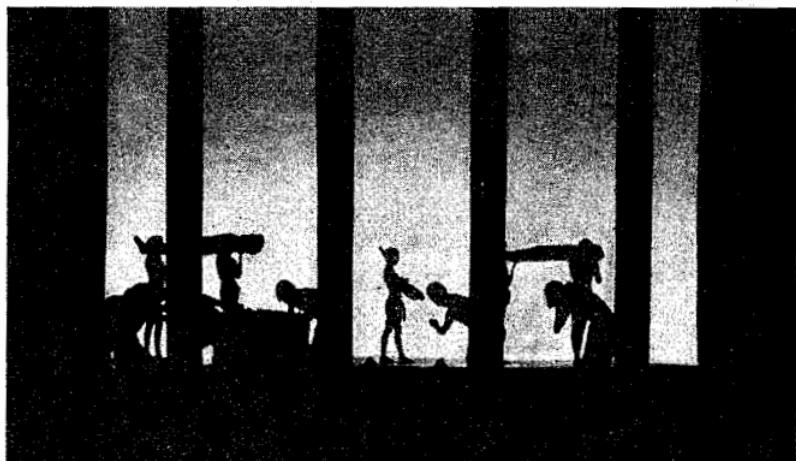


Рис. 106





Р и с. 108

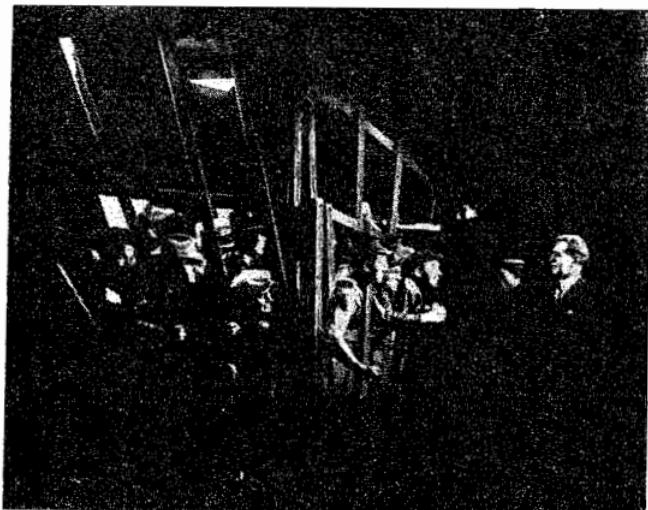


Рис. 109

ние зрителя сосредоточено в данный момент только на этой группе.

На рис. 109 представлена группа, освещенная прожектором сбоку справа. Выпуклость лиц актеров подчеркивается особенно резко.

#### **Освещенности и яркости на сцене**

Вопрос о необходимых освещенностях и яркостях на сцене, несмотря на все его значения, до сих пор является неразрешенным.

Приводим обобщенные сведения об освещенностях и яркостях, составленные на основе обследования, проведенного Театральной лабораторией в 10 основных театрах Москвы и Ленинграда.

Можно разделить все установленные значения на три группы независимо от того, имитирует ли данная постановка естественные условия или нет:

сцены с высокой, средней и низкой освещенностью. В первую группу входят так называемые дневные сцены, во вторую — комнатные сцены, в третью —очные. Конечно, указанные по группам освещенности в отдельных случаях могут взаимно перекрываться.

Сцены с высокой освещенностью, в зависимости от светотехнического оборудования театра, могут находиться в пределах 150—500 лк в вертикальной плоскости.

Сцены со средними освещеностями имеют пределы от 10 до 150 лк в вертикальной плоскости, также в зависимости от мощности осветительной установки. Для театров, у которых группа высоких освещеностей находится около 500 лк, средними освещеностями являются 100—150 лк. Для театров же, у которых уже 150—200 лк считаются высокими освещеностями, средние освещенности лежат в пределах 10—50 лк.

Группа низких освещеностей лежит ниже 10 лк, доходя иногда до 1 лк, а в отдельных случаях и до десятых долей люкса.

Если говорить о яркостях, то указанные три группы характеризуются следующими цифрами: первая группа 3—13 мсб, вторая группа 0,2—3 мсб, третья группа 0,01—0,2 мсб.

Освещение горизонта можно разбить на две группы, которые также можно характеризовать имитацией естественных условий: день и ночь. В первой группе освещенности находятся в пределах от 20 до 300 лк, во второй группе — от 1 до 20 лк; яркости — соответственно: от 0,2 до 4 мсб и от 0,01 до 0,2 мсб.

Эти данные относятся к тем случаям, когда освещается весь горизонт. При освещении небольшого участка горизонта освещенность иногда повышается, достигая 500—1000 лк (10—20 мсб).

Для сравнения укажем следующие значения освещенностей и яркостей для некоторых естественных условий: Освещенность земли на солнце достигает 100 000 лк. Освещенность на открытом месте может достигать 20000—30000 лк. Освещенность в ясный день в комнате—100—1000 лк. Освещенность в комнате при искусственном освещении—20—100 лк. Освещенность ночью при луне—0,2 лк. Яркость ясного неба днем—150 мсб. Наиболее яркие участки неба достигают яркости 1000 мсб. Дневное, покрытое облаками небо—менее 100 мсб. Ночное безлунное небо имеет яркость около 0,00008 мсб. Поверхность полной луны достигает яркости 250 мсб.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

*Составлено по книге Н. П. Извекова  
„Техника сцены“*

**Таблица световых имитаций**

Э ф ф е к т	Проекционный прием	Транспарант	Другие приемы
1. Автомобиль	1) Эффектный круг, ленточный, цилиндрический или панорамный диапозитив 2) Движение зеркалом		
2. Аэроплан	То же. Для виражей аэроплана применяется движение с помощью зеркала. (В некоторых случаях одновременно с поворотной рамкой, например, для пикирующего полета)		
3. Буря (ураган)		Смещение теней от предметов путем переменного включения одних приборов и выключения других	
4. Ветер		То же. Например, теневой рисунок качающихся ветвей деревьев (движение ветки перед аппаратом)	
5. Взрыв <sup>1</sup>	Водяная кювета (вдувание из резинового баллона воздуха или сильной струи воды, окрашенной радиомином)		Резкое включение отдельных приборов (подсветок, бережков)
6. Видения (см. Наплыv)			

<sup>1</sup> Одновременно можно применить мгновенное затемнение сцены.

Э ф ф е к т	Проекционный прием
7. Вода („зыбь“) <sup>1</sup>	1) Касета для эффекта зыби воды; 2) эффектный круг с двумя стеклянными или слюдяными кругами, вращающимися в разные стороны, и одним неподвижным диапозитивом
8. Водопад	Применяются одновременно два проектора. Первый с неподвижным диапозитивом, изображающий общий вид водопада, второй с эффектным кругом (уменьшенного размера), на котором нанесен рисунок, имитирующий непрерывно льющуюся воду. Проекция второго прибора подается в маске
9. Вулкан	Аналогично водопаду. Водяная кювета, в которую в нужный момент бросают негрозин

Транспарант	Другие приемы
	1) Транспарантные вырезы в заднике и движущиеся за ним световые блики; лента из холста с зигзагообразными вырезами, склеенная в кольцо и двигающаяся между верхним и нижним валами, укрепленными в особом станке (источник света помещается за лентой); 2) лучи прожекторов, отброшенные на задник от колеблющихся листов белой жести или поверхности воды; 3) в заднике, на месте, изображающем льющийся поток водопада, делаются транспарантные вырезы, которые освещаются сзади мелькающими бликами света
	Аналогично водопаду

<sup>1</sup> В большинстве случаев проекционную „зыбь“ воды лучше столбов применять маску в виде вытянутого равнобедренного

подсвечивать синим или сине-зеленым светом. Для „лунных“ треугольника.

Э ф ф е к т	Проекционный прием
10. Декоративные приемы	1) Хромотропы. 2) Гофрированные (фасонные) стекла,двигающиеся в разных направлениях
11. Дождь	Эффективный круг
12. Дым	Эффектные круги на 2—3 проекторах или один эффективный круг с 3 неодновременно двигающимися кругами — диапозитивами. Рисунок дыма подается в маске
13. „Зайчики“	Хромотроп с 2 дисками, врачающимися в разные стороны. В дисках делаются очень небольшие отверстия
14. Звезды	Проекция через небольшие отверстия, сделанные в непрозрачной пластинке. Применение специальных звездных проекторов (группа короткофокусных проекторов)
15. Камин	

Транспарант	Другие приемы
Цветные тени	
	Мелькающие световые блики, направленные на спущенные со штанкет нити блеск
Аналогично водопаду	Подсвечивание пара
	Зеркальный шар
Небольшие отверстия в заднике, за которым установлены источники света	Навеска небольших лампочек (от карманного фонаря) на фоне задника, окрашенных голубоватым спиртовым лаком. Желательно давать лампам различный накал нитей
	1) Небольшой бережок с „белым“ светом, положенный в углубление камина; перед бережком помещен цветной обтюратор с красным и оранжевым фильтром 2) Тот же прием бережка, но свет от него направлен на внутреннюю стенку камина (фанера), окрашенную красной эмалевой краской

Э ф ф е к т	Проекционный прием
<i>16. Костер</i>	
<i>17. Ледоход</i>	Эффектный круг; ленточный, панорамный, или цилиндрический диапозитив
<i>18. Лодка (яхта, пароход и т. п.)</i>	1) Аналогично предыдущему 2) Движение зеркалом
<i>19. Луна</i>	1) Проекция диапозитива с вырезанным диском по форме луны; движение (по горизонту) осуществляется при помощи зеркала 2) Возможно применение также эффектного круга

Транспарант	Другие приемы
	<p>3) Тот же прием бережка в сочетании с кусками битой конденсорной линзы,ложенными на решетку камина(угли); отдельные стороны кусков линзы закрашены асфальтовым лаком</p> <p>4) Тот же прием бережка в сочетании с бутафорскими обгорелыми поленьями,ложенными на решетку камина. Между поленьями укреплены отдельные шелковые язычки пламени, колеблющиеся вентилятором, укрепленным под решеткой камина</p>
	Аналогично камину
Транспарантный вырез в заднике, освещенный подсветкой	<p>1) Деревянный ящик, внутри которого помещен источник света; в передней (лицевой) крышке сделан вырез по форме диска луны, заклеенный окрашенной калькой или матовым фильтром</p> <p>2) Стеклянный шаровой колпак молочного стекла</p> <p>3) Специальные абажуры для спектакльной луны (молочное стекло)</p>

Э ф е к т	Проекционный прием
20. Льющийся металл	
21. Молния	Диапозитив с изображением зигзага молнии; перед объективом проектора помещается молниевый затвор или обтюратор
22. Наплыв и видения	Применение двух или больше проекторов; смена проекций производится путем выключения на реостате одного проектора и включения другого

Транспарант	Другие приемы
	Водопроводная труба большого размера, внутри которой помещается герметически защищенная от воды лампочка. Раствор направлен к зрителю. Вода, подведенная к этой трубе и вытекающая из ее отверстия, образует при помощи светящейся лампы полное внутреннее отражение и тем самым имитирует льющийся металл
	<p>1) Перед задником навешивается замаскированный ящик, внутри которого помещается источник света; в лицевой стороне делается транспарантный вырез, заклеенный калькой или матированным фильмом.</p> <p>2) В заднике делается один или несколько транспарантных вырезов, заклеенных прозрачной тканью (ткань поверху покрывается в тон задника анилиновыми красителями); против каждого выреза сзади экрана вплотную устанавливается камерная подсветка; подсветки включаются попаременно</p> <p>Транспарантные вырезы на заднике. При включении источников света за занавеской можно получить нужный ажурный рисунок</p> <p>За занавеской заранее устанавливаются декорации следующей картины (тюль также может быть расписан); световые приборы распределяются так, чтобы в одном</p>

Э ф ф е к т	Проекционный прием
23. Обвалы <sup>1</sup>	Эффектный круг
24. Облака <sup>2</sup>	1) Волькенаппарат. 2) Эффектный круг. 3) Цилиндрический диапозитив. 4) Ленточный диапозитив. 5) Панорамный диапозитив

Транспарант	Другие приемы
	<p>случае они освещали сцену только до тюлевой завесы, а в другом — только за тюлевой завесой. Переключение с одной картины на другую можно делать как вырубкой, так и медленным переходом на реостате</p> <p>За просвечивающимся экраном (задником) сбрасывают с верхней сцены различных размеров мешки, набитые соломой, детали декораций (мягкой поделки и т. д.)</p> <p>1) Тучевые лампы      2) Транспарантные облака. За кальковым экраном на необходимой высоте подвешивается несколько ламп, помещенных в стеклянные колпаки, которые закрашиваются непрозрачными красителями и процарапываются различными пятнами и линиями; в некоторых случаях процарапанные части покрываются цветным прозрачным лаком. Вместо стеклянных колпаков можно применять любые камерные фонари со светофильтрами, обработанными аналогичным способом, как и стеклянные колпаки</p>

<sup>1</sup> В некоторых случаях желательно дополнительное цветное окрашивание в цвет подсвечивающих приборов.

<sup>2</sup> Общее освещение горизонта синее. Проекцию облаков луч

Э ф ф е к т	Проекционный прием
25. Огонь (См. Взрывы, Камин, Костры и Пламя)	
26. Парашюты	1) Эффектный круг. 2) Ленточный диапозитив. 3) Панорамный диапозитив. 4) Неподвижный диапозитив (движение при помощи зеркала)
27. Панорама двигающаяся <sup>1</sup>	1) Ленточный диапозитив. 2) Панорамный диапозитив. 3) Цилиндрический диапозитив

Транспарант	Другие приемы
	<p>Движение живописной панорамы с транспарантными вырезами (огни города, костры и т. д.), освещенными напротив</p> <p>1) Транспарантные вырезы в виде языков пламени, покрытые анилиновыми красками в общий тон завесы. За задником помещаются станки, аналогичные транспарантной имитации воды, но с вырезами на бесконечной ленте, сделанными в виде языков пламени. В нужный момент включаются лампы одновременно в 2–3 станках.</p> <p>2) На транспарантные вырезы давать напротив проекцию пламени</p>

<sup>1</sup> Для эффекта „подводного царства“, движения поезда и т. п. на первом плане. Сцена освещается так, чтобы не засвечивать

можно применить соответствующую проекцию на тюль, спущенную.

Э ф ф е к т	Проекционный прием	Транспарант	Другие приемы
29. Поезд	Аналогично „автомобилю“; см. также примечание к „панораме“		Огни „надвигающегося“ на зрителя паровоза изображаются при помощи трех небольших прожекторов и вертикальной деревянной рамы, сделанной в виде равнобедренного треугольника. Два из этих прожекторов укрепляются на основании треугольника и должны двигаться на встречу друг другу от углов к середине основания, а третий прожектор движется от противолежащего (верхнего) угла также к середине основания. Прожектора включаются в электрическую сеть через затемнитель (реостат, автотрансформатор) и, кроме того, каждый из прожекторов снабжен диафрагмой ирис. Для получения эффекта „надвигающегося“ поезда раму с прожекторами начинают двигать из глубины сцены на зрителя и, одновременно, разводя прожекторы, усиливают накал ламп в прожекторах, а при помощи диафрагмы увеличивают световое раскрытие приборов
30. Пожар (см. Взрыв и Пламя)			

Э ф ф е к т	Проекционный прием
31. Полет фигур, изображающих персонажей, птиц и т. п.	1) Эффектный круг. 2) Цилиндрический диапозитив. 3) Ленточный диапозитив. 4) Панорамный диапозитив. 5) Движение зеркалом (для изменения положения фигуры во время движения одновременно с зеркалом применять поворотную рамку)
32. Радуга	1) Неподвижный диапозитив с изображением радуги (проекцию несколько сместить с фокуса) 2) Проекция спектра при помощи двух призм и соответствующей маски
33. Ракета <sup>1</sup>	1) Эффектный круг. 2) Ленточный диапозитив.
34. Северное сияние	1) Неподвижный диапозитив (вibrationю давать зеркалом). 2) Несколько проекторов с неподвижными диапозитивами (плавно переключать при помощи реостата). 3) Касета для эффекта зыби воды

Транспарант	Другие приемы
От „летящего“ изображения отбрасывается тень (на-прямую или на-просвет)	
Транспарантный вырез в заднике в виде радуги. Вырез делать только на светлоголубом фоне, в противном случае краски от радуги получаются грязными. Рисунок радуги делать анилиновыми красками на спущенной за задником кальке	
Транспарантный вырез в виде узкой полосы, за которым быстро поднимается горящая лампа	На фоне задника быстрый подъем светящейся (белой или цветной) лампочки
Транспарантные вырезы	Отражение лучей двух или трех приборов (можно цветных) от ленты шириной в 50—80 см, на которой укреплены зеркальные полоски шириной 6—8 см. Вместо ленты зеркальные полоски (8×80 или 6×50) уложить в наклонном положении в ящике. Ленте или ящику давать легкую вибрацию

<sup>1</sup> Как при транспаранте, так и при подъеме лампочки перед колцо, которое должно вести лампу по туго натянутой направляю

Э ф ф е к т	Проекционный прием
35. Снегопад	Эффектные круги (при условии одновременного действия нескольких мощных проекторов). Можно отбрасывать проекцию снежинок и через зеркальный шар
36. Солнце <sup>1</sup>	Аналогично имитации луны
37. Трактор (см. Автомобиль)	
38. Трамвай (см. Автомобиль)	
39. Туман <sup>2</sup>	1) Эффектный круг. 2) Ленточный диапозитив. 3) Панорамный диапозитив. 4) Цилиндрический диапозитив
40.. Тучи (см. Облака)	
41. Угли (см. Камин)	
42. Факелы	

<sup>1</sup> Имитация солнечного диска должна применяться крайне редко.  
<sup>2</sup> Рисунок лучше всего делать путем матирования прозрачной пленкой.

<sup>2</sup> Рисунок лучше всего делать путем матирования прозрачно

Э ф ф е к т	Проекционный прием
43. Фейерверк	Эффектный круг. На вращающемся непрозрачном диске прорезается узкая полоска. На втором неподвижном диапозитиве (тоже непрозрачном) прокалывается несколько полосок, расходящихся вверх из одной точки. Каждый из расходящихся вырезов на неподвижном диапозитиве заклеивается цветным фильтром. Эффектный круг устанавливается сбоку проектора (аналогично „дождю“ и „снегу“)

Транспарант	Другие приемы
	<p>лампы от батарей, вмонтированных в ручку факела Пламя факела делается при помощи миниатюрного вентилятора с пружинным заводом и шелковых язычков</p> <p>1) Движение лампочки по расходящимся направляющим проволокам (аналогично „Ракете“) 2) Каркас от зонтика, на концах спиц которого укреплены маленькие лампочки, которые зажигаются при опускании зонта вниз (каркас одновременно распускается)</p>

***Глава 1*****СЕТИ*****Неподвижная сеть***

Осветительная сеть в пределах сцены должна быть надежно защищена от механических повреждений и воды. Не следует устраивать временных (летучих) соединений, перекидок и т. п., так как они могут стать причиной пожара.

Провода для постоянной осветительной сети следует брать марки ПРТО или ПР-500 и прокладывать их в стальных (газовых) трубах; муфты ставить на резьбе, на сурике. Коробки должны быть сварные с крышками на винтах и прокладками из резины или азбеста.

Выбор диаметра труб по сечению и количеству проводов можно производить по таблицам I и II.

Жесткую прокладку линий (желательно в газовых трубах) следует делать на всех осветительных конструкциях (мостиках, фермах для горизонтных батарей, штанкетах для софитов и т. д.). Допускается прокладка и в каучуковых трубках, но в специальных стальных коробах.

***Подвижная часть сети***

Для подключения гибких кабелей как на подвижной конструкции, так и на неподвижной сети (на галереях, колосниках) применять винтовые клеммы. В СССР обычно такие клеммы укрепляются на мраморных досках (рис. 1), устанавливаемых в желез-

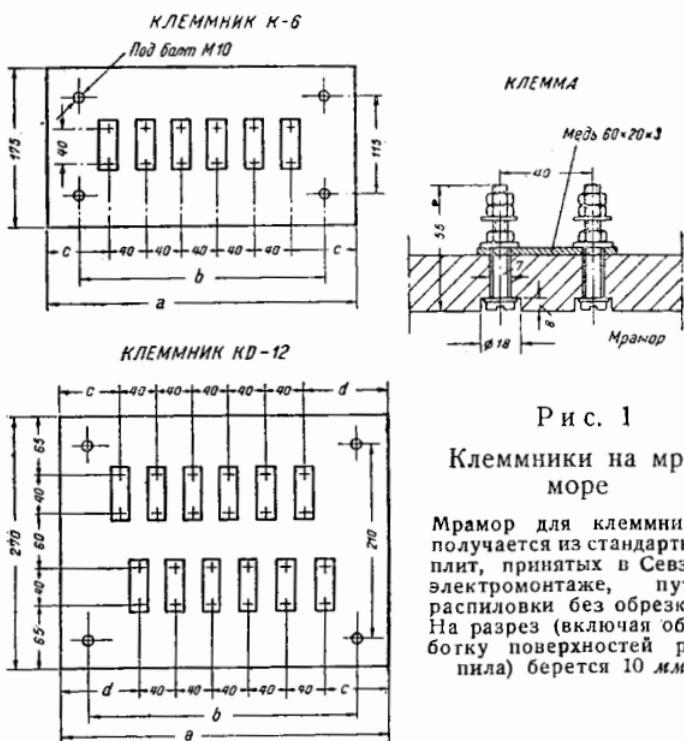


Рис. 1

Клеммники на мраморе

Мрамор для клеммников получается из стандартных плит, принятых в Севзапэлектромонтаже, путем распиловки без обрезков. На разрез (включая обработку поверхностей распила) берется 10 мм

Тип клеммника	Количество клемм	Количество пластин	Количество винтов Ø M-6	Размер в мм			
				a	b	c	d
Однорядные							
K-5	5	5	10	270	210	55	—
K-6	6	6	12	360	300	80	—
K-10	10	10	20	460	400	50	—
Двухрядные							
KД-12	12	12	24	360	300	70	90
KД-18	18	18	36	460	400	60	80
KД-22	22	22	44	550	490	65	85
KД-32	32	32	64	750	690	65	85

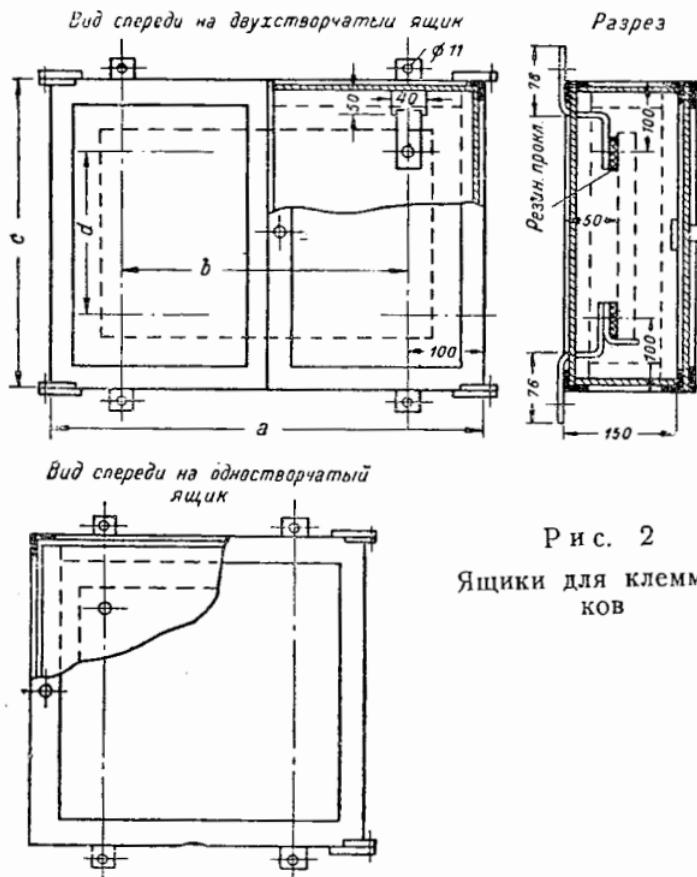


Рис. 2  
Ящики для клеммников

Тип клеммника	Размеры мрамора	Размеры кожуха				Дверцы
		a	b	c	d	
К-5	270 × 175	410	210	315	115	Одноств.
К-6	360 × 175	500	300	315	115	Одноств.
К-10	460 × 175	600	400	315	115	Двухств.
КД-12	360 × 270	500	300	410	210	Одноств.
КД-18	460 × 270	600	400	410	210	Двухств.
КД-22	550 × 270	690	490	410	210	Двухств.
КД-32	750 × 270	890	690	410	210	Двухств.

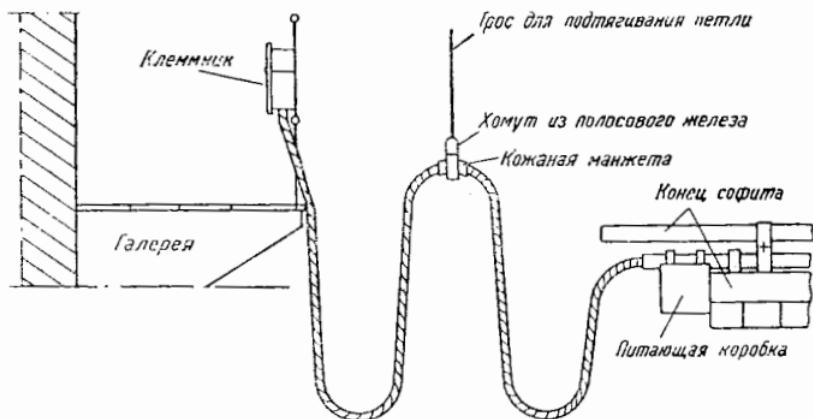


Рис. 3  
Питание софита петлей с галереи

ных ящиках (рис. 2). Для подключения отдельных осветительных приборов, подвешиваемых на данной конструкции или штанкете, например, сполосков, линзовых прожекторов, элементов камерных софитов, следует также применять аналогичные коробки с установленными в них винтовыми или штепсельными соединениями.

Гибкие кабели для подключения подвижных приборов верхней сцены можно предохранять от механических повреждений следующими способами:

1) При подаче питания с галереи, находящейся на половине высоты сцены, следует применять провод ШРПС или, при его отсутствии, провод ПРГ,

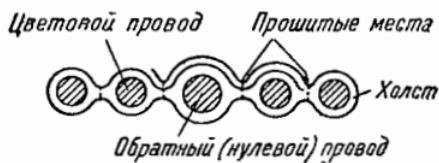


Рис. 4  
Схематический разрез плоского кабеля к четырехцветному софиту

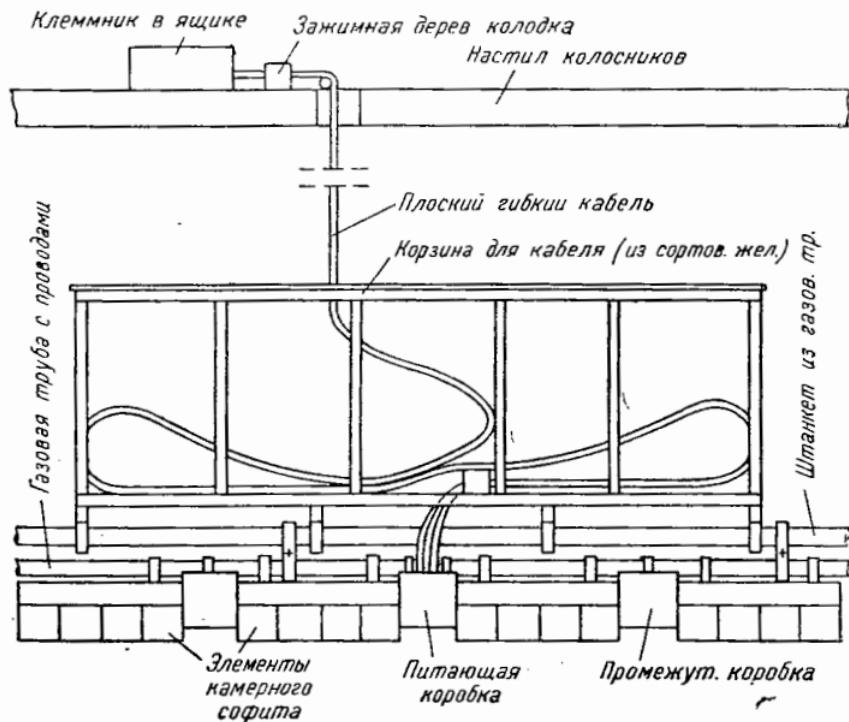


Рис. 5  
Софит с корзиной для плоского кабеля

помещенный в резиновый шланг, или обшитый двумя слоями холста. Провод этот подвешивается в виде петли (рис. 3).

2) При подаче питания с колосников желательно применять ленточные кабели из проводов ПРГ. Для приготовления такого кабеля концы провода ПРГ отрезают, проглаживают, выпрямляют и раскладывают плоской лентой на полосе плотного холста или парусины. Между проводами должны оставаться небольшие просветы (0,5—1,0 см). Продоль-

ные края парусины загибаются на провода так, чтобы один край перекрыл другой на 3—5 см. Загнув края парусины, прошивают вручную между каждыми двумя проводами. Схематический разрез такого кабеля см. на рис. 4. Для такого кабеля на ферме или штанкете укрепляется железная корзина; ширина корзины берется немного более ширины ленты кабеля. При подъеме софита кабель ложится в корзины правильными петлями (рис. 5). Длина кабеля должна позволять спустить софит до высоты 1 м от пола. При этом в корзине должно оставаться  $\frac{1}{2}$  петли.

На колосниках кабель укрепляется деревянными, проваренными в масле зажимными колодками.

### **Защита сценической сети предохранителями**

Все предохранители:

1) должны находиться в особом помещении, изолированном от сценической коробки.

Устанавливать предохранители на самой сцене (безразлично, отдельные или на щитках, пробочные или других конструкций) не разрешается. Все имеющиеся такие предохранители (на софитах, ответвлениях к отдельным штепсельным розеткам или колодкам для переносных приборов и т. д.) следует снять, установить защиту каждой линии общим предохранителем, выбранным по сечению наименьшего ответвления;

2) предохранители, защищающие отдельные группы ламп, должны не превышать 35 а каждый, и только в крайнем случае, при напряжении 120 в, можно допускать предохранители на 60 а;

3) не следует перегружать, особенно при длительной нагрузке, которая не должна превышать

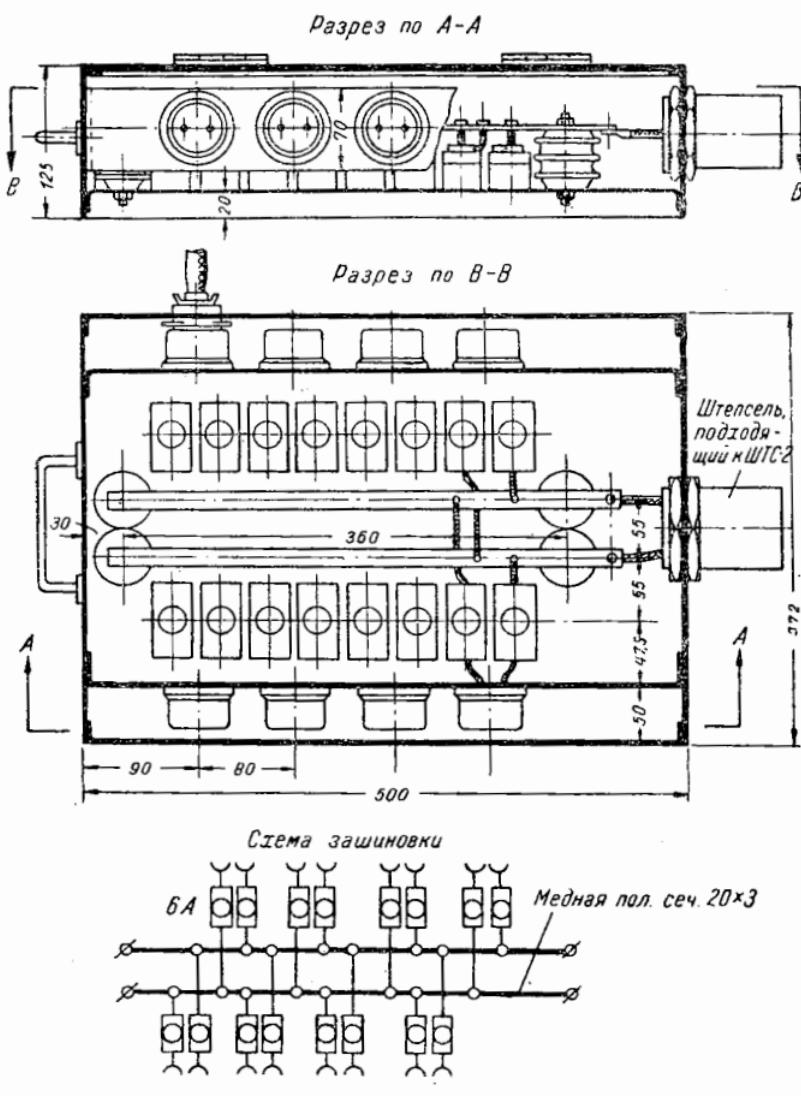
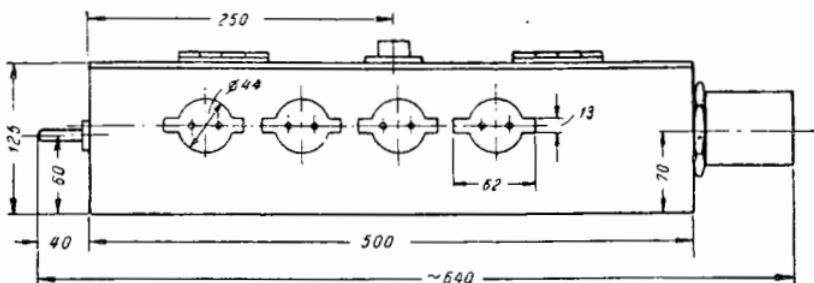
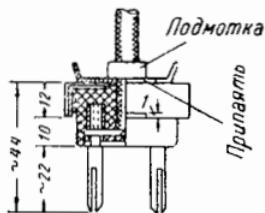


Рис. 6



Разрез по А-А



План

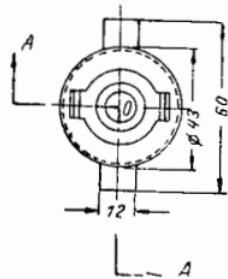


Рис. 6а

Переносная колодка с предохранителями

Переносная колодка железная, сварная, с пробочными предохранителями Е-14 и двухполюсными штепельными розетками ба. Штепселя ба круглые, с металлическим колпачком, с отростками для предохранения от выдергивания. Колпачок предохраняется от потери подмоткой из шпагата или изоляционной ленты на обшивке шнура. Соединение со стационарной сетью гибким проводом, снабженным штепельным соединением ШТС-2. Медные полосы изолируются лентой

номинальной (обозначенной на плавкой вставке); в противном случае предохранитель перегревается и даже при кратковременной перегрузке может перегореть;

4) нельзя устанавливать на большую силу тока, чем допускает сечение проводов в данных условиях их прокладки (таблица III). Небольшая перегрузка провода хотя и не представляет непосредственной пожарной опасности, но чрезвычайно вредно отражается на резиновой изоляции провода, которая преждевременно

приходит в негодность, что уже влечет за собой и пожарную опасность.

### **Месторасположение предохранителей**

Все предохранители, относящиеся к постановочному освещению сцены, рекомендуется сосредоточить в том же помещении, где стоят реостаты или автотрансформаторы, контакторы и вообще все аппараты, предназначенные для разрыва токов значительной силы. Это помещение, так называемая „аппаратная“, должно быть в противопожарном отношении хорошо изолировано от прочих помещений театра.

Все предохранители, относящиеся к рабочему освещению сцены (освещение галерей, трюмов, колосников, освещение планшета во время антрактов), следует вынести в пожарную комнату, а для небольших сцен — в смежный со сценой коридор. Устанавливать эти предохранители в аппаратной не следует, так как последняя должна быть заперта во время отсутствия работников освещения сцены.

### **Предохранители для переносных приборов**

Все гибкие провода к переносным приборам должны по сечению соответствовать плавким вставкам, защищающим штепсельные группы. Если на штепсельных группах установлены разные плавкие вставки, гибкие провода должны соответствовать наибольшей. Для мелких переносных приборов (настольных ламп и т. п.) можно рекомендовать переносные стальные сварные ящики, внутри которых устанавливаются пробочные предохранители на 6—10 а. Эти ящики (или „разветвительные колодки“) соединяются кабелями крупного сечения с неподвижной сетью и имеют мелкие штепсельные розетки (рис. 6).

## Глава 2

### РАСЧЕТ СЦЕНИЧЕСКОЙ СЕТИ

#### Расчет на потерю напряжения

Допустимую потерю напряжения определяют по таблице IV. В таблице даны полные значения потери напряжения, от трансформатора до ламп. Из значения потери напряжения, взятого по таблице, надо вычесть фактическую потерю на участке от подстанции до того щитка, от которого прокладывается новая линия. Эту потерю можно определить по разности показания вольтметров на подстанции и у щитка (лучше воспользоваться одним переносным вольтметром). Разность показаний в вольтах надо превратить в проценты, по формуле:

$$\epsilon_1 = \frac{(U_1 - U_2) \cdot 100}{U_2},$$

где:  $U_1$  — показание вольтметра на подстанции,  $U_2$  — на щитке. Оба раза измеряются либо линейные, либо фазные напряжения. Измерения надо производить при обычной нагрузке сети. Нагрузку новой линии в киловаттах надо умножить на длину этой линии в метрах, получим „момент“ в киловатт-метрах. Отыскав этот (или ближайший к нему) момент в таблицах V—VIII (смотря по тому, трехфазная или однофазная линия, и какое в ней напряжение), в строчке, слева от которой стоит допустимая в наших условиях потеря напряжения (т. е.  $\epsilon_2 = \epsilon - \epsilon_1$ , где  $\epsilon$  взято из таблицы IV), прочтем

вверху столбца нужное нам сечение. В случае трехфазных линий это будет сечение фазного провода. Сечение нулевого берется от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  фазного.

При расчете многоцветных линий с общим обратным проводом, например, к софитам, момент надо брать по нагрузке одного цвета, и выбирать сечение, как для однофазной линии, по таблицам 7—8. Общий обратный провод надо взять сечения в 2—3 раза большего, чем определенное расчетом сечение „цветового“ провода.

### **Проверка на нагревание**

По таблице IX определяем силу тока в амперах по известной мощности и напряжению. По силе тока выбираем плавкую вставку предохранителя (см. „Защита сценической сети предохранителями“). После расчета на потерю напряжения, по таблице III проверяем соответствие сечения провода плавкой вставке. Если полученное по расчету на потерю напряжения сечение меньше, чем соответствующее предохранителю, прокладывать следует последнее, уменьшив, таким образом, потерю напряжения.

Обратный провод многоцветной линии должен быть проверен на сумму сил тока всех цветов.

### **Линии к прожекторам**

Линии к прожекторам с лампами на 110 в, применяемым в установках с номинальным напряжением на лампах 120 или 127 в (обычные установки переменного тока), на потерю напряжения рассчитывать не надо. Эти линии рассчитываются только на нагрев.

## **Глава 3**

### **ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Сценические осветительные приборы должны быть прочны и надежны в электрическом отношении.

#### **Зарядка осветительных приборов**

Зарядка должна периодически проверяться, так как, вследствие высокой температуры внутри прибора, резина быстро изнашивается.

Во избежание появления на корпусе электрического напряжения лучше применять патроны с оболочками из изолирующего материала.

В тех приборах, где сама конструкция исключает возможность прикосновения к токоведущим частям, допустимо применение иллюминационных патронов, способствующих лучшему охлаждению цоколя.

#### **Присоединение переносных приборов**

Гибкие кабели, которые служат для присоединения переносных осветительных приборов к неподвижной сети, должны присоединяться к прибору при помощи винтовых зажимов, установленных в специальном ящике на приборе, или при помощи штепсельных соединений. Последние должны быть смонтированы так, чтобы на конце, отсоединенном от прибора, не было открытых токоведущих частей.

### **Ограждение световых раскрытий**

Световые раскрытия приборов во избежание выпадения ламп или осколков светофильтров должны быть закрыты проволочными сетками.

### **Провода для переносных приборов**

Для переносных приборов лучше всего употреблять гибкие провода марки ШРПС или КРПТ (резиношланговые). Вполне допустим ПРГ, обшиитый холстом или заключенный в резиновый шланг. Следует избегать чрезмерно длинных переносных кабелей. Желательная длина отдельного кабеля 5—10 м, в зависимости от размеров сцены.

### **Штепсельные соединения**

В качестве штепсельных соединений для гибких кабелей и осветительных приборов у нас в СССР

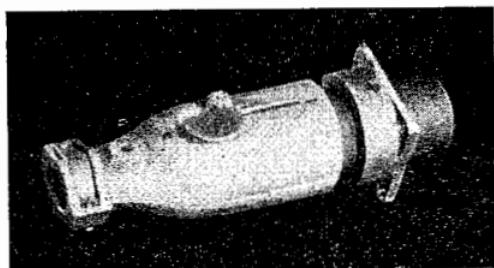


Рис. 7  
Штепсельное соединение ШТС-2

заводом Гостеасвет выпускаются ШТС-2 на 60 а (см. рис. 7). Соединения ШТС-1 на силу тока 25 а не удовлетворяют нормам.

Эти же штепсельные соединения устанавливаются в колодцах (см. ниже).

## *Глава 4*

### **РЕГУЛИРОВАНИЕ НАКАЛА ЛАМП**

#### **Способы регулирования при постоянном и переменном токе**

Большей частью регулирование освещенности на сцене производится изменением накала ламп. Пропуская через нить лампы ток различной силы, мы получаем разную температуру нити лампы и соответственно этому различный световой поток.

Как известно, сила тока  $I$  в цепи равна напряжению  $U$ , разделенному на сопротивление „ $R$ “ этой цепи:

$$I = \frac{U}{R} \text{ (закон Ома).}$$

Следовательно, чтобы изменить силу тока в нити лампы, можно или изменить напряжение в линии, питающей регулируемую лампу, или изменять сопротивление этой линии.

При переменном токе можно изменять напряжение, поэтому в театрах, освещение которых, как правило, питается от сетей переменного тока, применяют регулировочные автотрансформаторы. При постоянном токе напряжение менять нельзя, поэтому приходится изменять сопротивление линии при помощи реостата.

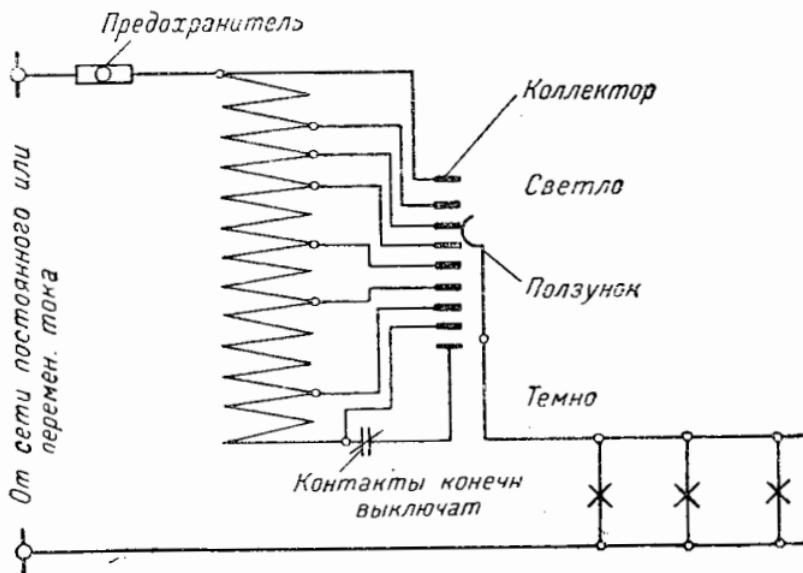


Рис. 8

Принципиальная схема регулирования накала ламп введением добавочного сопротивления сценическим реостатом

### Реостаты

Сценические регулировочные реостаты служат для изменения силы тока, протекающего через нити ламп, путем введения добавочного сопротивления последовательно с лампой (см. рис. 8).

С изменением накала изменяется сопротивление нити лампы (сопротивление холодной нити приблизительно в 10 раз меньше, чем сопротивление той же нити при полном накале). Кроме того, между накалом (температурой) нити и световым потоком существует определенная зависимость. Зависимость тока, протекающего через лампу, напряжения на лампе и силы света лампы от введенного последовательно

с ней сопротивления приведена на рис. 9. Значения сопротивления реостата, включенного последовательно с лампой, даны в процентах от „номинального“ сопротивления лампы, то есть от ее сопротивления при полном накале, которое может быть

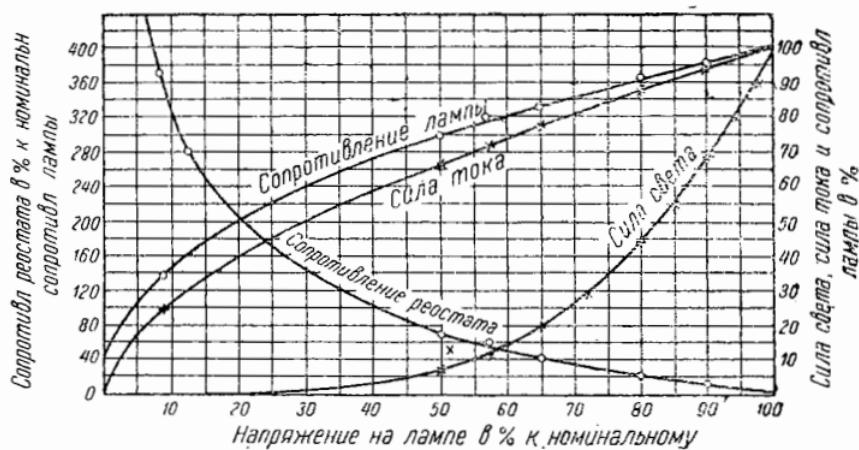


Рис. 9

вычислено на основании закона Ома, по следующей формуле:

$$R = \frac{U^2}{P},$$

где:  $U^2$  — квадрат номинального напряжения лампы, обозначенного на ее цоколе или колбе, а  $P$  — мощность лампы. По этой же формуле можно подсчитать сопротивление группы ламп, которую необходимо регулировать общим реостатом. Необходимо лишь подставить в знаменатель не мощность одной лампы, а сумму мощностей всех регулируемых ламп.

Как видно из кривой, для того чтобы получить полное погасание лампы, сопротивление реостата должно быть около 250% от сопротивления лампы.

Практически в реостатах, изготовленных в

СССР на заводах МЭМКАЗ, Гостеасвет и др., сопротивление составляет всего 130% от сопротивления ламп. Но уже и при этом световой поток равен только 20% номинального, что почти равноценно погасанию.

Сценические реостаты изготавляются из проволоки или ленты, из специальных сплавов, с большим и мало зависящим от температуры, удельным сопротивлением, например, из никелина, константана и др. В реостатах немецких и советских заводов проволока намотана на фарфоровые изоляторы разных форм. В реостатах американских и английских фирм проволока укладывается в углубление чугунных пластин и заливается особым стекловидным составом. В этой последней конструкции достигается значительная экономия цветного металла, так как проволока, защищенная от соприкосновения с воздухом, может быть значительно тоньше из-за уменьшенного окисления.

### **Расчет реостатов**

Расчет реостата распадается на два этапа:

1) определение числа ступеней, их сопротивления и нагрузки;

2) выбор материала и сечения проволоки, способа намотки и др. конструктивные вопросы.

Число ступеней берется обычно 100 для ламп 120 в и больше 100 для ламп 220 в.

Отметив на оси абсцисс<sup>1</sup> (напряжений) на выше-

<sup>1</sup> При практическом чтении кривых, построенных на сетке, подобно кривым на рис. 9, осью абсцисс называется нижняя горизонтальная прямая, на которой нанесены единицы изменения.

Осью ординат называется аналогичная вертикальная прямая, расположенная слева от чертежа.

Абсциссой называется отрезок любой горизонтальной пря-

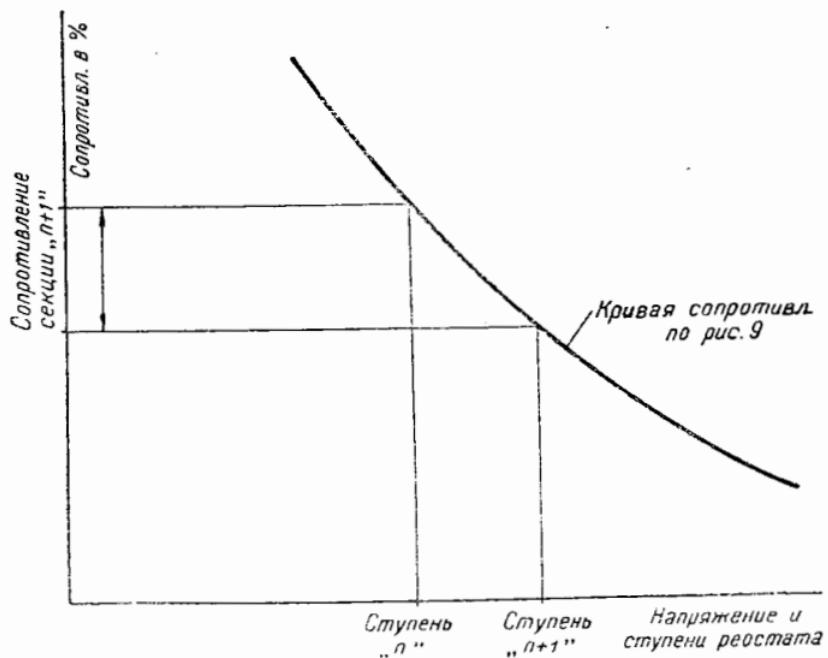


Рис. 10

К расчету реостата. Определение сопротивления секции

приведенной (см. рис. 9) кривой точки  $100\%$  и  $30\%$  напряжения, делим весь интервал напряжений на 100 (или от 120 до 150 при 220 в) равных частей. Ординаты, восстановленные из каждой точки, дадут нам сумму сопротивлений всех предыдущих секций, а разность двух смежных ординат — сопротивление данной секции, в процентах номинального сопротивления лампы (см. рис. 10).

мой от оси ординат до изображенной на чертеже кривой, изменивший в единицах, указанных на оси абсцисс, а ординатой — отрезок вертикальной прямой, измеренный в масштабе, указанном на оси ординат, относящемся к рассматриваемой кривой.

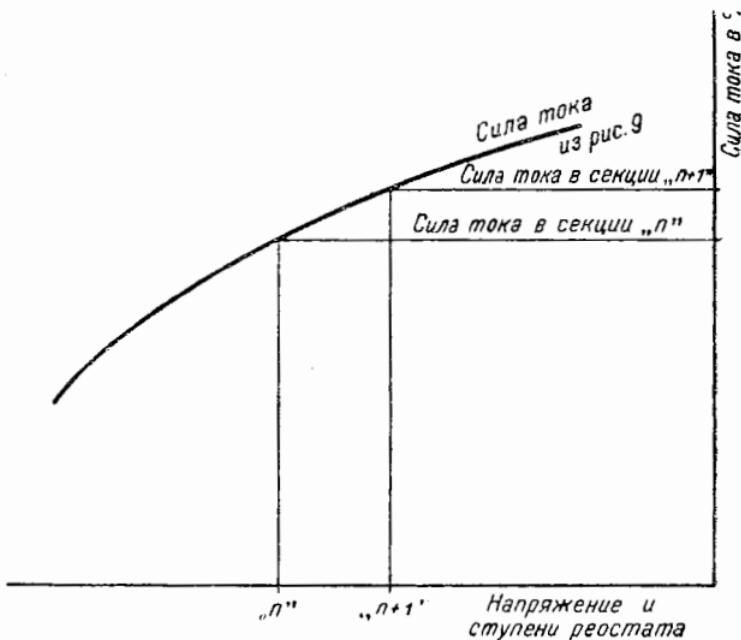


Рис. 11

К расчету реостата. Определение силы тока в секции

Превратив полученные для каждой секции процентные сопротивления в десятичную дробь и умножив ее на номинальное сопротивление регулируемой группы ламп, получим сопротивления секций в омах. Ординаты кривой токов в тех же точках дадут токи, протекающие через секции, также в процентах номинального<sup>1</sup> тока (см. рис. 11).

<sup>1</sup> Номинальным током ( $I_n$ ), аналогично номинальному сопротивлению (см. выше—Реостаты), мы здесь называем силу тока, потребляемого лампами при полном накале, вычисляемую по формуле:

$$I_n = \frac{P}{U}$$

Аналогично только что сказанному, превращаем процентные силы тока в амперы. При этом дробь надо умножать на численное значение силы тока регулируемой нагрузки при полном накале.

Изложенный способ дает изменение напряжения на лампе на определенное и постоянное число вольт, при перемещении ползунка на соседний контакт. Световой поток ламп при этом меняется по более сложному (приблизительно по так называемому „экспоненциальному“) закону, что чрезвычайно удобно, так как по подобному же закону изменяется ощущение глаза.

### **Автотрансформатор**

Действие автотрансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. Последнее в данном случае заключается в том, что в обмотке вокруг перемагничиваемого железного сердечника возбуждается переменная электродвижущая сила (переменное напряжение). В автотрансформаторе электродвижущая сила возникает в той же самой обмотке, по которой проходит переменный ток для перемагничивания сердечника.

### **Устройство автотрансформатора**

Для трехфазного тока наматываются на трехстержневом сердечнике 3 обмотки. Если мы располагаем, например, напряжением 120 в, и в нашем автотрансформаторе намотано по 240 витков на каждом сердечнике, на каждые 2 витка обмотки придется 1 в. Если мы возьмем отвод от 5 витков,

Здесь  $P$  — сумма мощностей регулируемой группы ламп, обозначенных на колбах.  $U$  — напряжение, обозначенное там же.

получим напряжение 2,5 в; от 60 витков получим 30 в и т. д. В сценическом регулировочном автотрансформаторе системы Андронова, изготовленном на заводе Гостеасвет, обмотка выполнена из голой

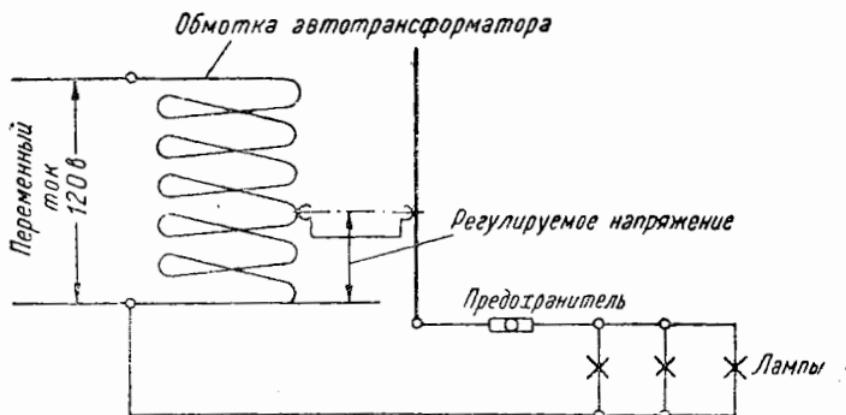


Рис. 12

Принципиальная схема регулирования накала ламп изменением напряжения при помощи автотрансформатора

**Примечание.** Железный сердечник не показан. Ползунок условно показан только один.

меди. Изоляция положена между витками и между обмоткой и железом. Наружная медная поверхность прострогана. По этой строганой поверхности и передвигаются щетки, служащие для снятия напряжения. Напряжение на лампах будет зависеть от того, на каком витке мы остановим щетку. Другой (обратный) провод от лампы мы присоединяем к одному из концов обмотки (см. рис. 12). Когда щетка касается того же конца обмотки, к которому присоединен обратный провод, напряжения на лампе нет, и она не горит. Когда щетка начнет двигаться

к противоположному концу обмотки, напряжение на лампе начнет возрастать соответственно количеству витков, заключающихся между щеткой и обратным проводом. Когда щетка достигнет последнего витка, на лампе будет полное сетевое напряжение, то есть она будет гореть полным накалом.

Если сделать щетку узкой, так, чтобы она касалась всегда в любом положении только 1 витка, будут моменты, когда она будет находиться в промежутке, на изоляционной прокладке между витками. В эти моменты лампа будет гаснуть. Чтобы лампа не гасла, щетка должна касаться одновременно хотя бы 2 витков. Но и 2 витка окажется недостаточно, потому что поверхность соприкосновения между щеткой и обмоткой (контактная поверхность) будет очень мала и не сможет пропустить большого тока нагрузки. Поэтому приходится делать щетку такой, чтобы она касалась 4—6 витков. Но на каждый виток обычно приходится около 1 в напряжения, всего же может набраться 4—6 в, которые и будут замкнуты щеткой накоротко (междудвиговое замыкание). Для избежания этого у крупных автотрансформаторов, позволяющих снимать токи до 40 а на 1 щетку, щетка состоит из отдельных, изолированных друг от друга медных пластинок. Каждая пластина касается одного витка обмотки. Пластины соединены небольшими спиральюми из реостатной проволоки с общей сборной шинкой (см. рис. 13).

При этом ток междудвигового замыкания должен пройти две спирали последовательно и не достигнет опасной величины.

Некоторые иностранные фирмы (например, AEG) вместо голой обмотки делают у автотрансформатора отдельный коллектор, как у сценического реостата. Пластины коллектора соединяются при этом с со-

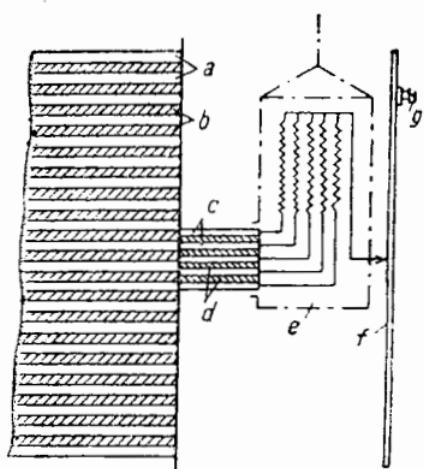


Рис. 13

Схема устройства щетки регулировочного автотрансформатора

*a* — медь обмотки; *b* — изоляция обмотки; *c* — медные пластинки щетки; *d* — изоляционные проложки щетки; *e* — ползунок с сопротивлениями; *f* — контактная шина; *g* — контакт для приключения ламп

как их размеры больше, чем металлических щеток.

#### Уход за автотрансформатором

Помимо поддержания общей чистоты и сухости изоляции, как и для любых трансформаторов, в сценическом автотрансформаторе существенно наблюдение за подвижными контактами.

Угольные щетки малых автотрансформаторов пришлифовывают к поверхности обмотки тем, что, положив на обмотку лист стеклянной шкурки, входят щеткой вверх и вниз, пока ее поверхность не

ответствующими точками обмотки при помощи отводов из реостатной проволоки. Щетка же делается сплошной. Разница в конструкции не создает никаких изменений в принципе работы.

В малых автотрансформаторах завода Гостеасвет вместо металлических применены угольные щетки. Между углем и медной обмоткой получается переходное сопротивление, большее, чем между щеткой и медной обмоткой больших автотрансформаторов. Это переходное сопротивление исполняет роль выводов из реостатной проволоки, описанных выше. Для больших автотрансформаторов угольные щетки неудобны, так

сделается вполне параллельной поверхности обмотки. При этом шкурка должна прилегать плотно к обмотке, края шкурки ни в коем случае не следует оттягивать. Пружины в щеткодержателе должны обеспечивать плотное и постоянное нажатие угольной щетки на обмотку. Однако слишком большого давления щетки давать не следует, иначе уголь будет слишком быстро изнашиваться и чрезмерно засорять обмотку. Контактную поверхность обмотки надо очищать от угольной пыли жесткой, например, металлической щеткой. Поверхность междупитковой изоляции должна всегда быть чистой, иначе угольная пыль создаст замыкание между отдельными витками и даже всей обмотки.

Металлические щетки больших автотрансформаторов следует проверять на плотность касания каждой отдельной пластинки к поверхности обмотки. Торцевые концы пластинок должны быть блестящими и плотно прилегать к обмотке. Каждая отдельная пластинка под действием своей пружины должна свободно двигаться, не увлекая соседних. Проволочные соединения (см. выше) должны быть плотно подключены как к пластинкам щетки, так и к сборному контакту. Должен быть обеспечен хороший контакт между всем ползунком и сборной неподвижной шиной, обычно играющей роль направляющей. Контактная поверхность обмотки должна, как и в малых автотрансформаторах, поддерживаться в чистоте. Здесь это легче, благодаря отсутствию угля. Все работы следует производить при обесточенном автотрансформаторе.

## **Глава 5**

### **СЦЕНИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ**

#### **Назначение регулятора**

Сценическим регулятором называется механизм, позволяющий при помощи привода передвигать и останавливать в нужном положении щетки у автотрансформаторов и реостатов.

Установленный обычно в первом трюме под авансценой (реже сбоку на сцене, за оркестром или в глубине зрительного зала) регулятор соединяется с автотрансформаторами и реостатами системой тросов, натяжение которых осуществляется с одной стороны тяжестью самих щеток, а с другой — противовесами на регуляторе. На небольших регуляторах (например, АР-АТ-24) тросы соединены в непрерывное кольцо и действуют без противовесов.

#### **Конструкция регуляторов**

Основной деталью регуляторов является ведущий шкив, представляющий собою комбинацию более мелких деталей и служащий для передвижения тросса от щетки трансформатора.

Ведущие шкивы собраны на валах. Обычно число валов равно числу смен цветного освещения. Для примера ниже описывается конструкция ведущего шкива нереверсивного регулятора (типа АР) завода Гостеасвет (описание дается согласно каталогу завода).

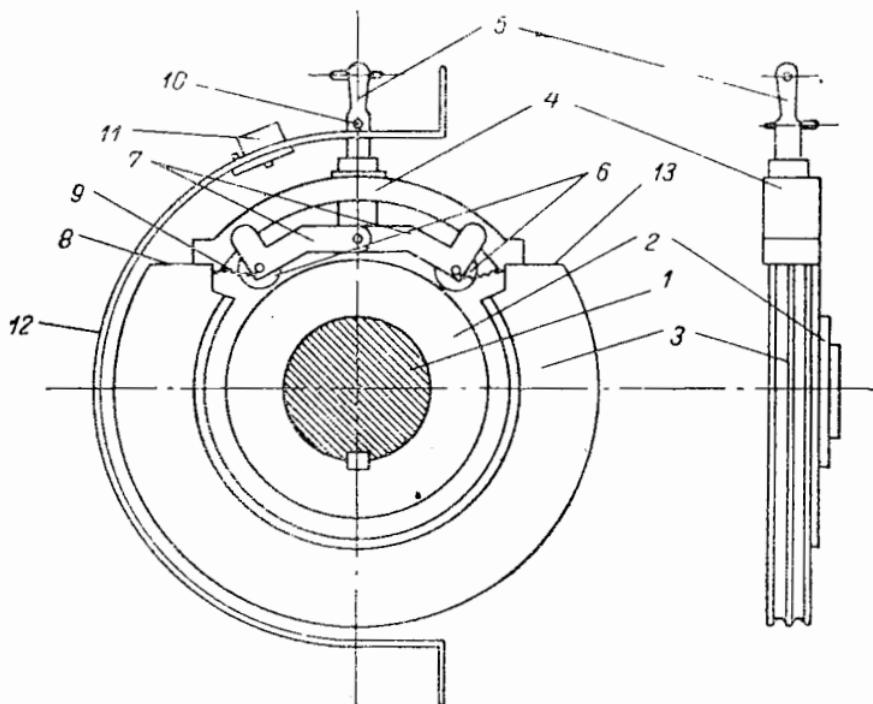


Рис. 14

Схематический чертеж ведущего шкива регулятора

1 — вал регулятора, 2 — малый шкив, 3 — большой шкив, 4 — тормозная скоба, 5 — ручка (рукоятка), 6 — ролики, 7 — планки для роликов, 8 — место крепления троса, 9 — пружина, 10 — шпилька, 11 — головка расцепления, 12 — шкала, 13 — место крепления троса

„Схематическое изображение такого шкива представлено на рисунке 14: (1) — вал регулятора, (2) — неподвижно укрепленный на нем малый шкив, (3) — вращающийся относительно малого шкива (2) большой наружный шкив с двумя канавками для троса, (4) — тормозная скоба, укрепленная на большом наружном шкиве. Между скобой и цилиндрической поверхностью малого шкива (2) помещены два ролика (6),  
*2015 Digitized by ASA*

способные заклиниваться под действием пружины (9), при освобождении стягивающих ролики планок (7). Заклинивание роликов между собой (4) и шкивом (2) достигает необходимых значений при вращении вала 1 и укрепленного на нем шкива (2), когда, благодаря качанию роликов, один из них, расположенный в сторону движения шкива, как бы закатывается между малым шкивом (2) и скобой (4). Заклиниваясь, ролик (6) сцепляет большой наружный шкив (3) с малым шкивом (2) и, следовательно, с валом регулятора. При повороте рукоятки (5) на 90° планки (7) освобождают ролики от заклиниенного положения, преодолевая сопротивление пружин (9), и возвращают их в исходное положение. Этим достигается расцепление большого шкива (3) от вала регулятора (1). Поворот рукоятки (5) может быть сделан рукой осветителя, а также автоматически, когда при движении вала (1) со сцепленным с ним шкивом (3) шпилька (10) на рукоятке (5) встретит на своем пути цилиндрическую головку расцепления (11). Эта головка расцепления (11) может быть установлена на любом месте окружающей большой шкив (3) шкалы (12), снабженной делениями для фиксации установленного положения рукоятки (5). Укрепленный в точке (8) трос щетки трансформатора проходит по одной из канавок большого наружного шкива (3) и при движении последнего влечет за собою щетку. Как было указано выше, натяжение этого троса уравновешивается обратным натяжением троса с противовесом, проходящим по другой канавке шкива и укрепленным в точке (13).

Примечание. Расположение мест крепления тросов может взаимно меняться.

Заводом Гостеасвет конструкция выполняется из оцинкованного чугуна, причем трущиеся части

снабжаются бронзовыми и латунными накладками.

Для планомерного замедленного движения ведущего шкива, а также для одновременного движения большого количества шкивов регуляторы снабжены редукторами—одноходовыми червяками и шестернями для ручного привода. Эти приспособления, а также штурвальные колеса на концах валов размещены с правой стороны каждого регулятора.

Во многих регуляторах, имеющих значительную высоту, положение ручного привода шестерен редуктора допускает регулировку в пределах угла 50°.

### **Регуляторы с реверсивным ходом**

В так называемых „реверсивных“ регуляторах (ВР завода Гостеасвет) каждому шкиву (3) соответствуют два шкива (2), со своими сцепляющими механизмами. Оба шкива (2) связаны между собой зубчатой передачей и при вращении вала вращаются в противоположные стороны. Шкив (3) можно, по желанию, сцеплять с любым шкивом (2). Таким образом при вращении вала в одну сторону можно получить движение части ползунков в эту же сторону, части же в противоположную.

## *Глава 6*

### **УПРАВЛЕНИЕ СЦЕНИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ**

#### **Место управления**

Управление освещением сцены и зрительного зала должно производиться из так называемого „поста управления“ (регуляторной будки).

#### **Индивидуальное и групповое управление**

Управление отдельными осветительными приборами или группами одноцветных ламп осуществляется при помощи индивидуальных реостатов или отдельных ползунков автотрансформатора, к которым эти приборы или группы присоединяются по схемам рис. 8 и 12. Ползунок каждого реостата или каждый ползунок автотрансформатора управляет отдельной ручкой регулятора.

Для группового управления чаще всего объединяются группы ламп одного цвета или снабженные одинаковыми светофильтрами. Объединение их достигается тем, что соответствующие рукоятки размещаются на одном валу регулятора и могут приводиться в движение совместно, общим маховичком, как это описано в разделе „Регуляторы“.

#### **Цветное освещение**

Для приборов многоцветного освещения (например, софиты, рампы и т. д.) на каждый отдельный цвет прокладывается специальный „цветовой“ про-

вод, а обратный делается общим. При реостатном регулировании приборы одинакового цвета (например, софиты) необходимо включать на разные фазы, так как вероятность одновременного употребления приборов одинакового цвета очень велика.

Отсюда вытекает, что разные цвета (например, того же софита) следует включать на одну фазу (см. рис. 15).

Для установок при напряжении 380/220 в трехфазного тока все цветовые провода, во избежание введения в осветительные приборы линейного напряжения, приключаются к одной фазе обязательно.

### „Выпуска“, „колодцы“, штепсельные линии

Линии, питающие штепсельные соединения („выпуска“), установленные в планшетных лючках („колодцах“) или в других местах, приключаются к фазам электрического тока, аналогично всей системе цветного освещения. См. также Штепсельные соединения.

### Освещение горизонта

При включении приборов горизонтного освещения исключение из общей системы многоцветного освещения делается только для особо мощных цветовых групп (например, небесно-синего цвета; включение таких групп целесообразнее производить отдельными четырехпроводными (трехфазными с нулем) группами.

В данном случае не приходится опасаться введения линейного напряжения, так как мощные лампы горизонтного освещения размещаются в отдельных светильниках (фонарях).

Маломощные цвета (желтый, красный, зеленый) лучше объединять в обычные многоцветные группы.

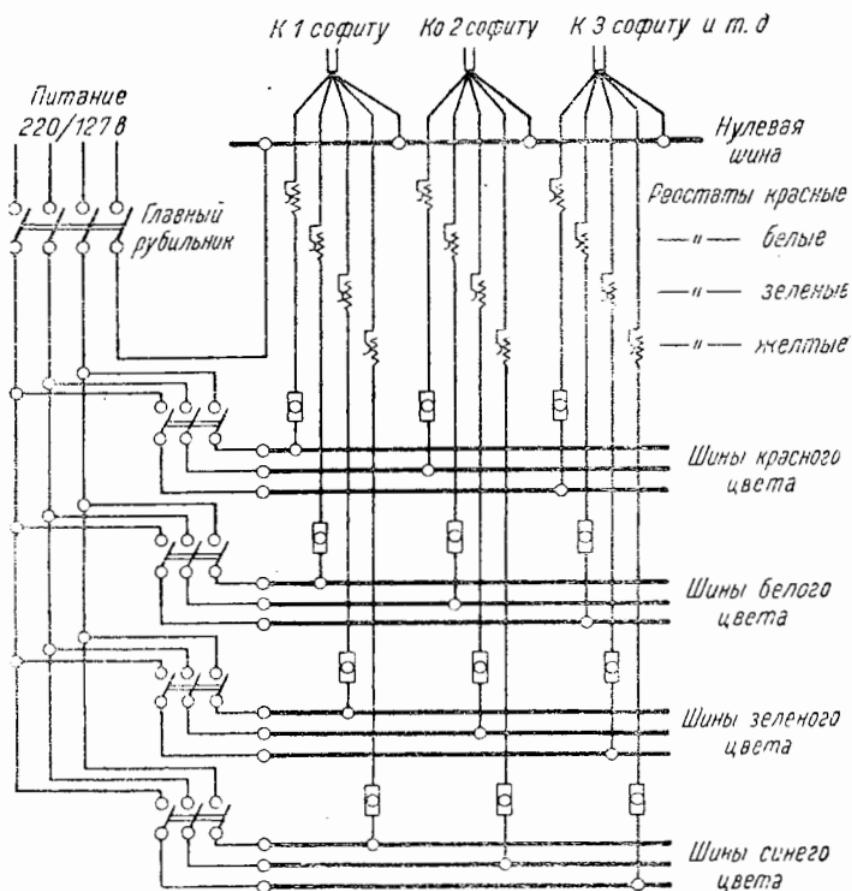


Рис. 15  
Схема реостатного регулирования

### „Вырубки“

Для внезапного же включения или выключения („вырубки“) ставится общий „цветовой“ рубильник или контактор. Для одновременного выключения всего освещения сцены устанавливается главный рубильник (см. рис. 15 и 16).

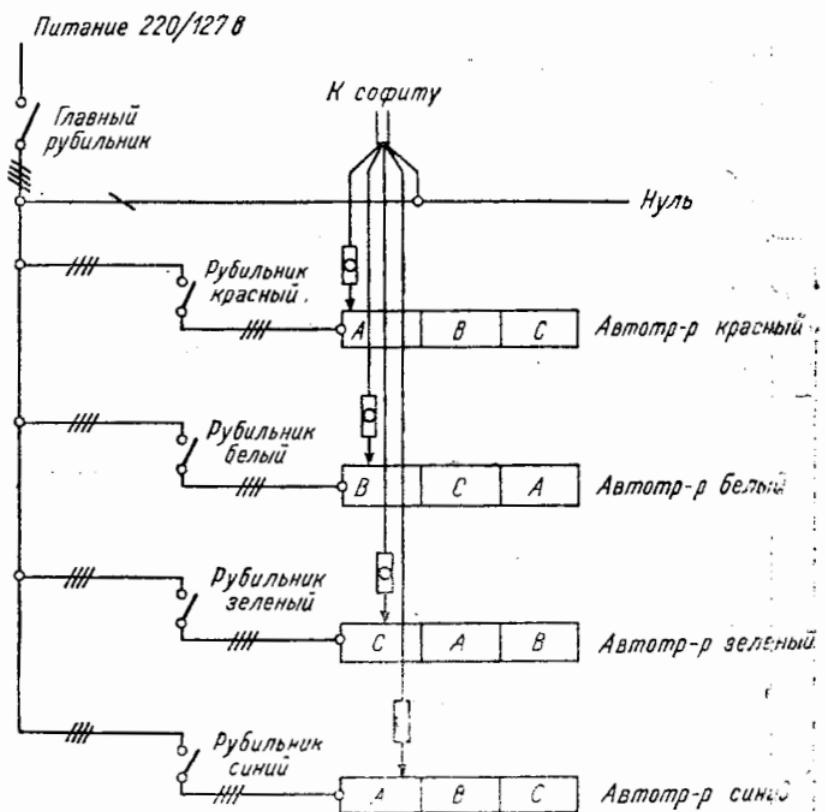


Рис. 16

Схема автотрансформаторной регулировки для нормальной сцены, с рубильниками

### Схемы с контакторами

При контакторном управлении нет надобности ставить главный контактор, достаточно предусмотреть общее обесточение катушек всех цветовых контакторов (см. рис. 17). На рис. 18 изображено небольшое усложнение. При помощи переключате-

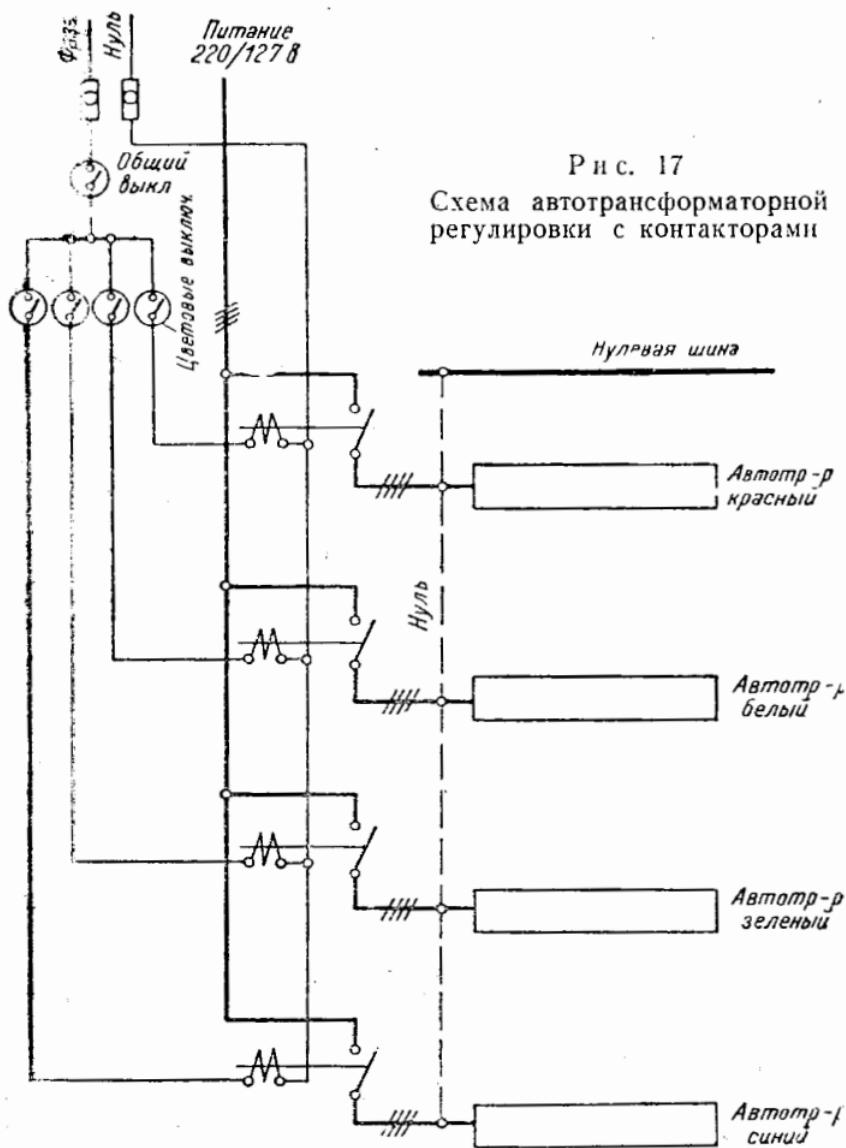


Рис. 17

Схема автотрансформаторной регулировки с контакторами

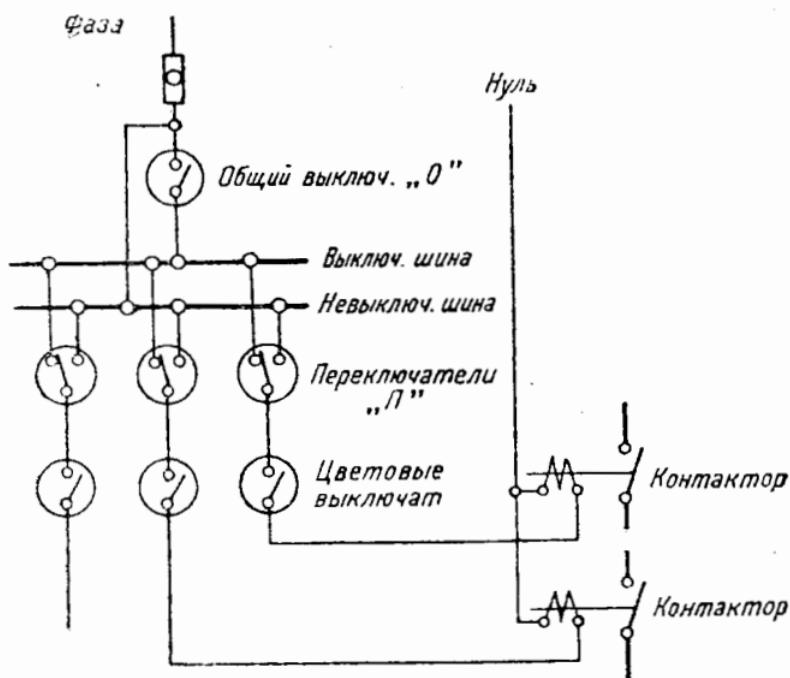


Рис. 18

Схема управления контакторами с переключателями

лей „П“ можно катушки любых контакторов отключать от шинки, питаемой через общий выключатель „О“, и делать их независимыми. Благодаря этому часть ламп может гореть и во время общей вырубки.

### Схемы с автотрансформаторами

Схемы на вышеупомянутых рис. 16 и 17 иллюстрируют переход к автотрансформаторной регулировке. Как видно, общие шины каждого цвета заменяются обмоткой автотрансформатора. В связи

с этим применение автотрансформаторов вызывает ограничение числа линий.

Необходимо, чтобы число линий каждого цвета было равно числу ползунков автотрансформатора (о применении нескольких автотрансформаторов на каждый цвет можно говорить только для особо крупных театров). В малых театрах, где по числу регулируемых цепей достаточно применение одного-двух автотрансформаторов типа АТ-А-30, возможность поцветной вырубки по вышеописанным схемам отпадает.

### **Особенность расфазовки при автотрансформаторах**

Как уже отмечалось выше и на рис. 15, первый и второй софиты включаются на разные фазы. Таким образом, при одновременном горении всех софитов нагрузка будет симметричной.

По конструктивным соображениям смежные ползунки автотрансформатора питаются от одной фазы (У АТ-А-30 по 10 ползунков). Располагая рукоятки софитов на валу подряд, мы неизбежно получаем включение ряда софитов (или их половин) на одну фазу. Это обстоятельство можно смягчить, включая разные цвета на разные фазы. Смягчение асимметричности нагрузки достигается также общей магнитной цепью автотрансформатора, а также включением других приемников на недогруженные фазы.

Во всяком случае не следует по этой причине отказываться от применения автотрансформаторов или размещать рукоятки софитов вразбивку.

### **Обычные схемы**

В большинстве наших театров применяются схемы, изображенные на рис. 16—18, или при применении реостатов, по рис. 15.

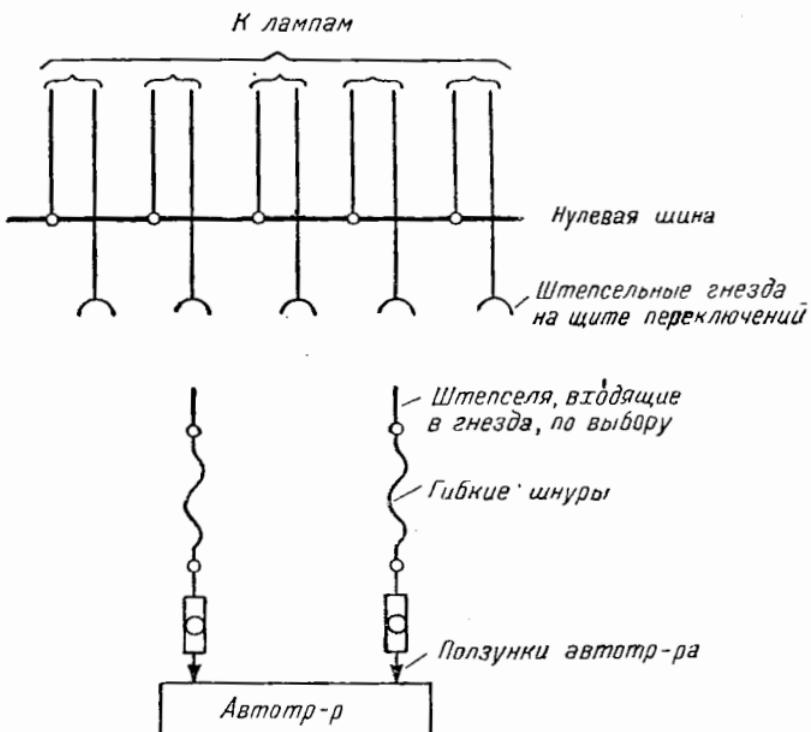


Рис. 19

**Принципиальная схема штексерных переключений**

Отходящие к лампам линии условно показаны двухпроводными. При многоцветных линиях на каждый цветовой провод ставится отдельное гнездо. Штекселя и гнезда изображены на рис. 20

**Переключения**

Приведенные схемы предполагают, что число ручек регулятора совпадает с числом регулируемых групп ламп, но во многих театрах число отдельных групп значительно превышает число рукояток регулятора.

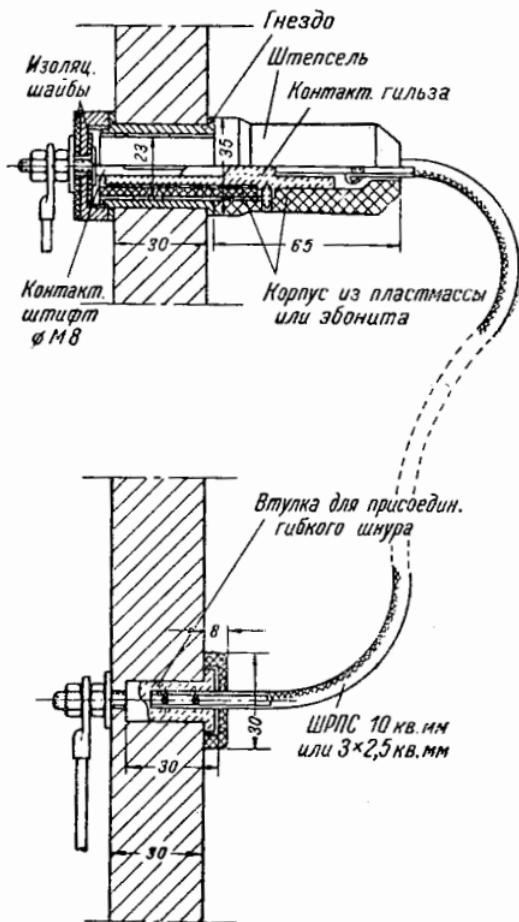


Рис. 20

Штепсельные переключатели до 60а для мраморных щитов переключения

Штепсель состоит из латунной неразрезной гильзы, заключенной в рукоятку из эбонита или пластмассы. Гнездо железное, токоведущий штифт Ø 8 мм разрезной, изолирован от гнезда прокладками из гетинакса. Втулка для присоединения гибкого шнура закрыта спереди эбонитовым колпачком

В таком случае приходится прибегать к устройству переключений. В большинстве случаев переключения целесообразно делать штепсельными, что дает возможность подключать каждую линию к любой свободной ручке регулятора. Как пример, можно привести переключение батареи горизонтных фонарей со свободными софитами или переключение линий выносных прожекторов со сценическими и т. д.

Штепсельное переключение полезно как при наличии автотрансформаторов, когда любая рукоятка легко обслуживает любую по мощности нагрузку, так и при реостатах, позволяя регулировать штепсельную линию наиболее подходящим к нагрузке этой линии реостатом. Пример схемы со штепсельным переключением приводится на рис. 19, конструкция штепселей — на рис. 20.

## Глава 7

### МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ

#### **Освещение безопасности в малых театрах**

Для малых театров достаточно питать светильники освещения безопасности отдельной внутренней сетью, питающейся от той же станции, что и рабочее освещение. Но в зрительном зале должны быть светильники, питаемые от аккумуляторной батареи, от которой должно питаться и „сигнальное освещение“, т. е. фонари с надписью „выход“, повешенные над дверями по пути эвакуации зрителей и служебного персонала. В таком случае целесообразно воспользоваться автомобильными стартерными батареями на напряжение 12 или 36 в (одна или три батареи). Батареи эти могут быть установлены в нескольких точках, вблизи светильников, в шкафах или нишах. Данные для выбора батарей и выпрямителей приведены в таблице X.

Для выбора батареи по таблице X необходимо вычислить силу тока, потребляемую освещением безопасности ( $I$ ) по формуле

$$I = \frac{P}{U}.$$

Здесь  $P$  — сумма мощности всех ламп освещения безопасности,  $U$  — их номинальное напряжение (обозначенное на колбе).

Определив необходимое для нашей установки время горения (1; 3; 10 или 20 часов), мы соответ-

ственно в столбцах 9; 7; 5 или 3 таблицы X ищем ближайшую большую силу тока и в той же строке, в столбце 1, находим тип батареи. Что касается до необходимого времени, то в большинстве случаев достаточно брать 3 часа. Если же освещение безопасности должно всегда питаться от батарей, не переключаясь на переменный ток (см. ниже), лучше принимать 10 часов для всего СССР и 20 для Заполярья.

Для экономии аккумуляторного тока около каждой батареи следует установить: 1) понижающий трансформатор (с напряжения, имеющегося в осветительной сети театра, до 12 в или 36 в) и 2) автоматический переключатель, позволяющий лампы, питаемые обычно через трансформатор, переключить на аккумуляторную батарею при исчезновении напряжения в сети. В качестве такого переключателя можно использовать реле типа ЭП-41. На каждый контакт это реле допускает нагрузку 25 а при напряжении 36 в. Реле может быть снабжено тремя парами контактов, и, следовательно, переключать до 75 а. Схема такой установки приведена на рис. 21.

### Освещение безопасности в больших театрах

В больших театрах автомобильные аккумуляторные батареи оказываются недостаточными, так как здесь нужно гарантировать горение всех светильников освещения безопасности при прекращении подачи тока извне. В этом случае требуется сооружение мощной аккумуляторной батареи из элементов типа СК, на полное напряжение осветительной сети.

Особняком стоят театры в тех городах, где частично сохранились старые городские станции, по

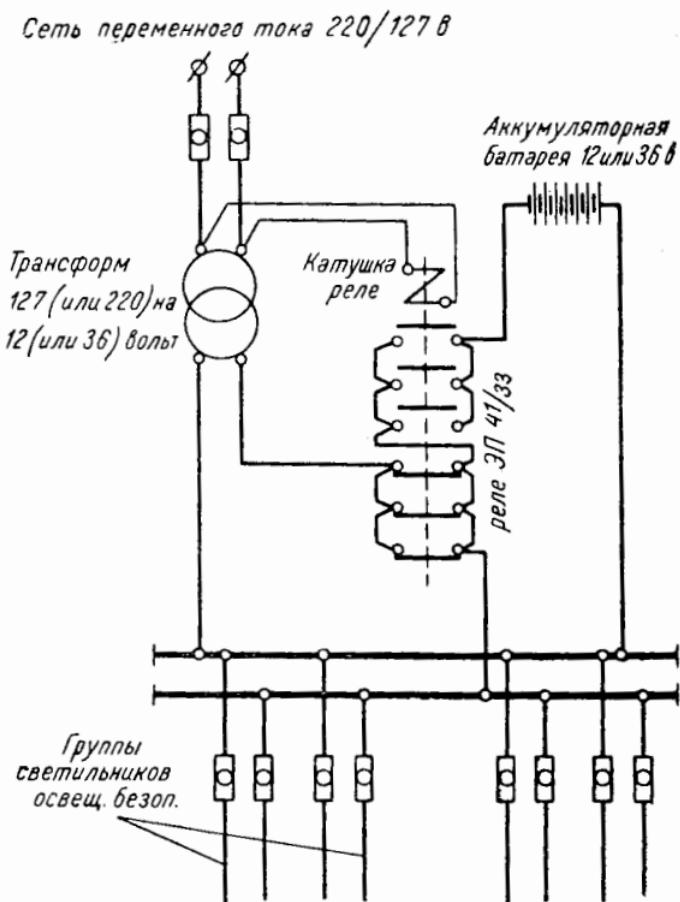


Рис. 21

Схема питания и переключения освещения безопасности на напряжение 12 или 36 вольт

большей части постоянного тока, в то время как большая часть города питается от районной станции трехфазного тока. В этом случае, переводя театр на питание от новой сети, следует сохранить

ввод старой сети и от него питать освещение безопасности. Аккумуляторной батареи в данном случае не требуется, так как одновременное выпадение двух станций очень мало вероятно.

### **Управление освещением безопасности помещений**

Выключатели сети освещения безопасности не должны быть разбросаны по зданию,—все это освещение должно включаться централизованно перед впуском зрителей и выключаться после ухода их. К началу впуска все аккумуляторные батареи должны быть полностью заряжены, а автоматические переключатели проверены кратковременным выключением переменного тока (лампы освещения безопасности при этом должны только мигнуть, а не погаснуть).

### **Управление освещением безопасности зала**

Отдельно управляет освещение безопасности зрительного зала. Сигнальные фонари с надписью „выход“ должны гореть на протяжении всего спектакля, поэтому их можно присоединить к сети освещения безопасности соседних помещений. Лампы же, освещдающие зрительный зал, следует включать только в случае необходимости, для чего нужно оборудовать выключение как ручным, так и автоматическим способом. Если лампы освещения безопасности входят в архитектурное оформление зала и должны гореть во всех антрактах, следует дать их ручное включение также из поста управления освещением сцены. Примерная схема включения приведена на рис. 22.

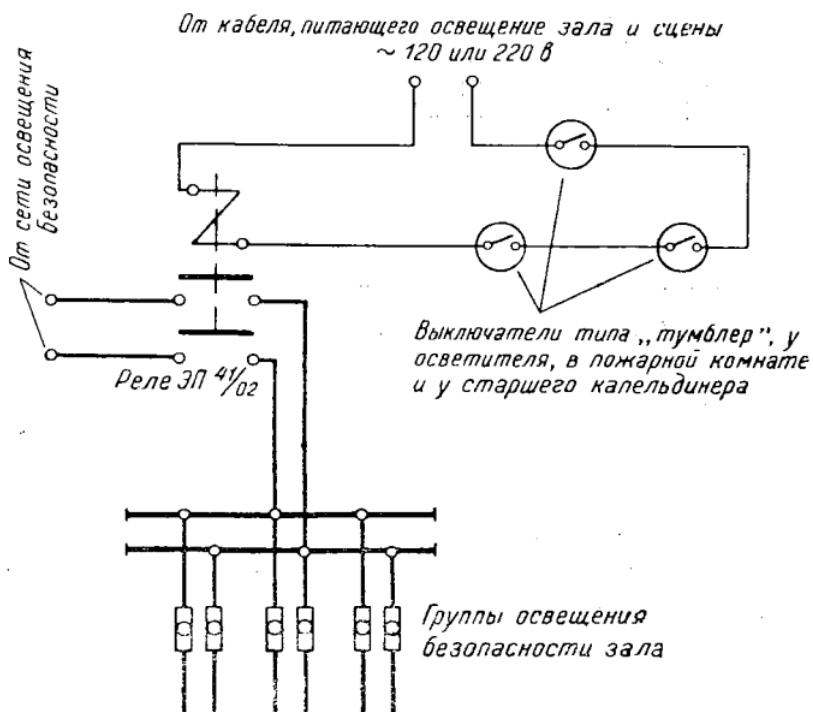


Рис. 22

Схема включения освещения безопасности зрительного зала

Примечание. Если нагрузка освещения безопасности зала больше 25 а, следует применить реле ЭП 4104 и соединить контакты параллельно

### Техника безопасности

Следует напомнить, что электрический ток представляет опасность для человеческой жизни. Вопреки распространенному мнению, эта опасность существует и в установках низкого напряжения. Смертельные случаи были зарегистрированы и при напряжениях ниже 120 в. Поэтому от современной электрической установки требуется полное закрытие

тие всех токоведущих частей, к которым может случайно прикоснуться человек, и принятие мер против попадания напряжения на металлические части кожухов.

Эти требования, а равно и другие, относящиеся к технике безопасности, отражены в „электротехнических правилах и нормах“ и стандартах на электротехнические изделия.

Практические указания по технике безопасности можно найти в целом ряде специальных пособий.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> А . С . Г р а м а т ч и к о в . „Техника безопасности в электротехнических установках“. ГОНТИ, М.—Л., 1938 г. (Три первые главы посвящены общим вопросам.)

Справочник электромонтера. ОНТИ, М.—Л., 1934, Отдел XVI, §§ 1; 2; 3; 10 и 11.

В. И. Корольков. „Электробезопасность промышленных предприятий“. НКОП СССР, Оборонгиз, 1940.

**Глава 8**  
**СПРАВОЧНАЯ СТРАНИЦА**

**Обозначения электрических единиц**

Измеряемая величина		Единица измерения			Примечание	
Название	Обозначение в формулах	Название	Обозначение			
			Международное	Русское		
Напряжение и электродвижущая сила	$U$	Вольт	V	в		
Сила тока	$I$	Ампер	A	а		
Сопротивление	$R$	Ом	$\Omega$	ом		
Мощность	$P$	Ватт Гектоватт Киловатт	W hW kW	вт гвт квт	1 квт = = 10 гвт = = 1000 вт	

Работа	$A$	Ватт-секунда Ватт-час Гектоватт-час Киловатт-час	Ws Wh hWh kWh	вт-сек вт-ч гвт-ч квт-ч	1 квт-ч = = 10 гвт-ч = = 1000 вт-ч = = 3 600 000 вт-сек
Удельное сопротивление	$\rho$	Ом на метр на кв. миллиметр			
Коэффициент мощности <sup>1</sup>	$\cos \varphi$	Доли единицы (десятичная дробь) или проценты			Для переменного тока
Кажущаяся мощность <sup>1</sup>	$P_i$	Вольтампер Киловольтампер	VA kVA	ва квт	
Количество тепла	$Q$	Малая калория (калория) Большая калория (килокалория)	cal Cal	кал ккал	

<sup>1</sup> „Кажущаяся мощность“ — мощность переменного тока, определенная перемножением показаний вольтметра и амперметра. Вообще говоря, эта величина больше истинной мощности, измеряемой ваттметром. В осветительных установках эти оба понятия совпадают, в силовых — различие учитывается „коэффициентом мощности“ ( $\cos \varphi$ ). См. также ниже мощность.

**Закон Ома**

$$\text{сила тока} = \frac{\text{напряжению}}{\text{сопротивление}}.$$

Буквенно:

$$I = \frac{U}{R}; \quad R = \frac{U}{I}; \quad U = IR.$$

**Закон Кирхгофа**

В каком-либо месте разветвления токов (например, на шинах щитка, в коробке) сумма сил подходящих токов равна сумме сил отходящих токов.

При переменном токе это суммирование, вообще говоря, должно производиться по правилам так называемого „геометрического“ сложения. Однако в осветительных сетях можно просто складывать показания амперметров так же, как и в установках постоянного тока. Так как в настоящей работе вопросы силового хозяйства не рассматриваются, то и на правилах геометрического сложения мы не останавливаемся.

**Закон Джоуля**

При протекании тока по проводнику выделяется тепло; количество тепла выражается формулой:

$$Q = 0,24 I^2 Rt \text{ калорий.}$$

Здесь  $t$  — время в секундах.

Температура провода в градусах не связана прямо с количеством тепла, она сильно зависит от поверхности охлаждения провода и от способа охлаждения. Для провода, свитого в цилиндрическую спираль, она, например, зависит от поверхности цилиндра, образуемого спиралью, а не от поверхности собственно провода.

**Мощность**

Постоянный ток, однофазный ток при осветительной нагрузке

$$P = UI \text{ ватт}$$

Однофазный ток вообще:

$$P = UI \cos \varphi \text{ ватт}$$

$$P_i = UI \text{ вольтампер}$$

Трехфазный ток при осветительной нагрузке:

$$P = 1,73 UI \text{ ватт}$$

Трехфазный ток вообще:

$$P = 1,73 UI \cos \varphi \text{ ватт}$$

$$P_i = 1,73 UI \text{ вольтампер}$$

**Соединение последовательное**

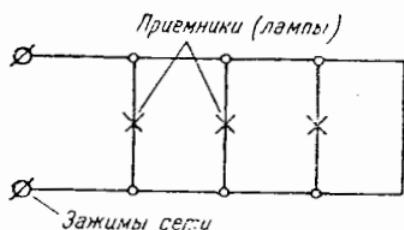
Здесь сила тока во всех приемниках одна и та же, напряжение сети распределяется между приемниками пропорционально сопротивлению каждого.

Или:

$$I = \text{const} \text{ (постоянно)}$$

$$U = IR_1 + IR_2 + \cdots + IR_n = I \sum_{k=1}^{k=n} R_k$$



**Соединение параллельное**

Здесь напряжение на всех приемниках одно и то же и равно напряжению сети.

Сила тока в каждом приемнике зависит от его сопротивления.

Или:

$$U = \text{const} \text{ (постоянно)}$$

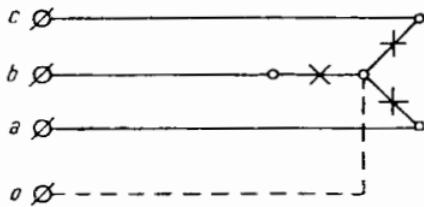
$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n} = U \sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{R_k}$$

**Соединение звездой**

(при трехфазном токе с нулевым проводом)

Здесь сила тока в каждом (однофазном) приемнике (фазовая) равна силе тока в фазовом проводе трехфазной системы (линейной силе тока).

Напряжение на каждом приемнике равно так называемому линейному напряжению трехфазной системы, разделенному на 1,73 (так называемое фазное напряжение).



$$I_\lambda = I_\phi; \quad U_\lambda = 1,73 U_\phi$$

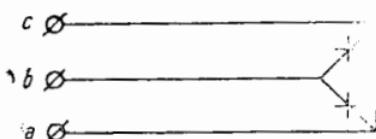
Мощность в этом частном случае:

$$P = 1,73 I_a U_a = 3 I_\phi U_\phi$$

### Соединение треугольником

(применяется, если нет нулевого провода, или если приемники (лампы) рассчитаны на линейное напряжение)

В этом случае сила тока в проводе (линейная) в 1,73 раза больше силы тока в приемнике (фазной).



Напряжение линейное равно напряжению фазному:

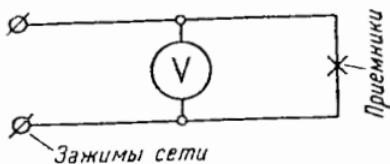
$$I_a = 1,73 I_\phi$$

$$U_a = U_\phi$$

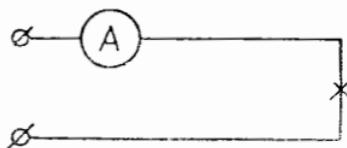
Мощность в этом частном случае

$$P = 1,73 I_a U_a = 3 I_\phi U_\phi$$

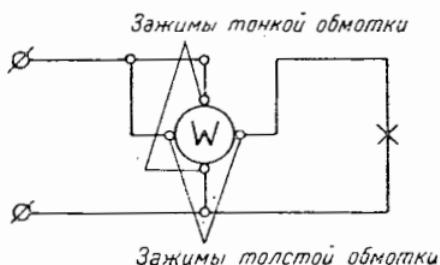
### Включение вольтметра



### Включение амперметра



### Включение ваттметра (и счетчика)



## ПРИЛОЖЕНИЕ I

### **ТАБЛИЦА I**

## **Выбор труб Бергмана и газовых**

Сечение провода в кв. м. <sup>м</sup>	При одном проводе в трубе				При двух проводах в трубе				При трех проводах в трубе				При четырех про- водах в трубе					
	Бергмана		Газовые		Бергмана		Газовые		Бергмана		Газовые		Бергмана		Газовые			
	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.	Прям. ко- ротк. участ.	Длин. участ. с угл.		
миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	миллим.	дюймы	
1	9	9	3/8	3/8	11	13,5	1/2	1/2	11	13,5	5/8	3/4	13,5	16	5/8	3/4	13,5	16
1,5	9	9	3/8	3/8	13,5	13,5	1/2	1/2	13,5	16	5/8	3/4	16	16	3/4	3/4	16	16
2,5	9	9	3/8	1/2	13,5	16	3/4	3/4	16	16	3/4	3/4	23	23	3/4	3/4	23	23
4	11	11	3/8	1/2	16	16	3/4	3/4	16	23	3/4	1	23	23	1	1	23	23
6	11	13,5	1/2	5/8	16	16	3/4	3/4	23	23	1	1	23	23	1	1	23	23
10	13,5	13,5	5/8	3/4	23	23	1	1	23	23	1	1	23	29	11/4	11/4	23	29
16	13,5	16	5/8	3/4	23	23	1	1	29	29	11/4	11/2	29	29	11/4	11/2	29	29
25	16	16	3/4	3/4	29	29	11/4	11/4	36	36	11/2	11/2	36	36	11/2	11/2	36	36
35	23	23	3/4	1	29	36	11/2	11/2	—	—	13/4	2	—	—	13/4	2	—	—
50	23	23	1	1	36	36	11/2	13/4	—	—	13/4	2	—	—	13/4	2	—	—
70	23	23	1	11/4	—	—	13/4	2	—	—	2	2	—	—	21/4	21/2	—	—
95	29	29	11/4	11/2	—	—	—	2	21/4	—	21/4	21/2	—	—	21/2	21/2	—	—
120	29	29	11/4	11/2	—	—	—	21/4	21/2	—	21/2	21/2	—	—	21/2	3	—	—
150	36	36	11/2	11/4	—	—	—	21/2	21/2	—	3	3	—	—	3	31/4	—	—

ТАБЛИЦА II

**Выбор газовых труб для многоцветных линий  
и софитам и т. п.<sup>1</sup>**

+ ц в е т а			5 ц в е т о н		
Сечение в кв. миллиметрах	Диаметр в дюймах		Сечение в кв. миллиметрах	Диаметр в дюймах	
	Рекомен- дуемый	Допускаемый в прямых и коротких участках		Рекомен- дуемый	Допускаемый в прямых и коротких участках
1	2	3	4	5	6
$4 \times 2,5 + 1 \times 10$	$1\frac{1}{4}''(1)$	$1''$	$5 \times 2,5 + 1 \times 10$	$1\frac{1}{2}''$	$1\frac{1}{4}''$
$4 \times 4 + 1 \times 16$	$1\frac{1}{2}''(1)$	$1\frac{1}{4}''$	$5 \times 4 + 1 \times 16$	$1\frac{1}{2}''$	—
$4 \times 6 + 1 \times 16$	$1\frac{1}{2}''(1)$	$1\frac{1}{4}''$	$5 \times 6 + 1 \times 16$	$1\frac{1}{2}''$	—
$4 \times 10 + 1 \times 25$	$2''$	$1\frac{1}{2}''$	$5 \times 10 + 1 \times 25$	$2''$	$1\frac{1}{2}''$
$4 \times 16 + 1 \times 35$	$2''$	—	$5 \times 16 + 1 \times 35$	$2''$	—
$4 \times 25 + 1 \times 50$	$2''$	—	$5 \times 25 + 1 \times 50$	$2''$	—
$4 \times 50 + 1 \times 120$	$2\frac{1}{2}''$	$2''$	$5 \times 50 + 1 \times 120$	$2\frac{1}{2}''$	—

<sup>1</sup> Для унификации диаметров, при прокладке в одном стояке, можно брать все трубы  $\oslash 1\frac{1}{2}''$ , или, в случае преобладания линий  $4 \times 2, 5 + 1 \times 1,5 - \oslash 1\frac{1}{4}''$ .

Если нулевой провод увеличивается на 1 ступень, цифры 6-й графы недействительны.

## ТАБЛИЦА III

**Выбор плавких вставок для проводов с обычной резиновой изоляцией, прокладываемых не во взрывоопасных помещениях, при осветительной нагрузке**

Сечение в кв. мм	Пределная нагрузка по § 102 ЭПиН	Плавкая вставка для открытой прокладки по § 102 ЭПиН	Плавкие вставки для проводов, проложенных в трубах			
			1 в трубе 1	2 в трубе 2	3 в трубе	4 в трубе
С и л ы т о к а в а м п е р а х						
1	2	3	4	5	6	7
1	11	6	6	6	6	6
1,5	14	10	10	10	10	10
2,5	20	15	15	15	15	15
4	25	20	20	20	20	20
6	31	25	25	25	25	25
10	43	35	35	35	35	35
16	75	60	60	60	35	35
25	100	80	80	80	60	60
35	125	100	100	100	80	80
50	160	125	125	125	100	100
70	200	160	160	125	125	100
95	240	190	190	160	160	125
120	280	225	225	190	160	160
150	325	260	260	225	190	160

Таблица составлена по данным Электротехнических Правил и Норм (ЭПиН) § 102 и результата исследования нагрева проводов с резиновой изоляцией, проведенной ВЭИ в 1939 году.

<sup>1</sup> Для переменного тока только до 10 кв. мм

<sup>2</sup> Для трехфазного тока только до 10 кв. мм

Плавкие вставки для проводов в трубах выбраны по формуле I вставки  $\leqslant I$  провода, по действующим в тресте „Севзапэлектромонтаж“ распоряжениям.

Сечение общего обратного провода в сценических многоцветных линиях следует брать:

1) Если цветовые провода жестко включены на разные фазы, сечения, равного сечению цветового провода.

2) Если цветовые провода включены на одну фазу или отходят от щита переключений — по арифметической сумме токов всех цветов и столбцу 2 настоящей таблицы.

В этом случае учитывается, что арифметическая сумма представляет пиковую нагрузку, обычная же будет меньше, вследствие горения ламп при пониженном регулятором напряжении.

3) По соображениям, изложенным в п. 2, при числе цветов более трех, то есть при числе проводов более четырех, плавкую вставку уменьшать против значения столбца 7 — не нужно.

**ТАБЛИЦА IV****Допускаемые потери напряжения в сети**(в процентах от номинального напряжения ламп)<sup>1</sup>

Мощность трансформатора в ква	Вторичное напряжение трансформаторов при холостом ходе		
	Номинальное напряжение ламп		
	220 в	127 в	
Совместное питание силы и света		Питание освещения от самостоят. трансформатора	
20	2,6	4,5	4,2
30	2,7	4,6	4,3
50	2,8	4,8	4,5
75	2,8	5,0	4,7
100	2,9	5,0	4,8
135	2,9	5,1	4,9
180	3,0	5,2	5,0
240	3,0	5,3	5,1
320	3,1	5,5	5,2
420	3,2	5,7	5,4
560	3,2	5,8	5,5

<sup>1</sup> Потеря напряжения определена при условии подведения к последним лампам напряж. на 2,5% меньше номинала и при загрузке трансформатора в размере 90% от его номинальной мощности.

В сетях малого напряжения допускается потеря напряжения 8%, то есть:

$$\begin{array}{lcl} \text{при напряжении } 36 \text{ в} & \dots & 3 \text{ в} \\ " & " & 1 \text{ в} \end{array}$$

## ТАБЛИЦА V

Таблица моментов в киловаттметрах

М с

Сечение кв. мм	2,5	4	6	10	16
Потеря напряж. %					
0,2	14	21	30	55	85
0,4	27	43	65	110	175
0,6	40	65	95	160	260
0,8	54	86	130	215	350
1,0	67	108	160	270	435
1,2	81	129	190	325	520
1,4	94	151	225	380	610
1,6	108	172	255	430	695
1,8	121	194	290	485	785
2,0	135	215	320	540	870
2,2	148	237	350	595	955
2,4	162	258	385	650	1045
2,6	175	280	415	700	1130
2,8	189	301	450	755	1215
3,0	202	323	480	810	1305
3,2	216	344	510	865	1390
3,4	229	366	545	920	1480
3,6	243	387	575	970	1565
3,8	256	409	610	1025	1650
4,0	270	430	640	1080	1740
4,2	283	452	670	1135	1825
4,4	297	473	705	1190	1915
4,6	310	495	735	1245	2000
4,8	324	516	765	1300	2090
5,0	337	538	800	1355	2175

для системы 220/127 в (трехфазной)

д л

	25	35	50	70	95	120	150
	140	190	270	380	512	650	810
	270	380	540	760	1026	1300	1620
	410	570	810	1140	1540	1940	2430
	540	760	1080	1520	2054	2590	3240
	680	950	1350	1900	2568	3230	4050
	820	1140	1620	2280	3082	3880	4860
	950	1330	1890	2660	3596	4520	5670
	1090	1520	2170	3040	4110	5170	6480
	1220	1710	2440	3420	4624	5810	7290
	1360	1900	2700	3800	5138	6460	8100
	1500	2090	2910	4180	5652	7100	8910
	1630	2280	3240	4500	6166	7750	9720
	1770	2470	3520	4940	6680	8390	10530
	1900	2660	3790	5320	7194	9040	11340
	2040	2850	4050	5700	7708	9680	12150
	2180	3040	4320	6080	8222	10330	12960
	2310	3230	4590	6460	8736	10970	13770
	2450	3420	4860	6840	9250	11620	14580
	2580	3610	5130	7220	9764	12260	15390
	2720	3800	5400	7600	10278	12910	16200
	2860	3990	5670	7980	10792	13550	17010
	2990	4180	5940	8360	11306	14200	17820
	3130	4370	7210	8740	11820	14840	18630
	3260	4560	6480	9120	12334	15490	19440
	3400	4750	6750	9500	12848	16130	20250

ТАБЛИЦА VI

## Таблица моментов в киловаттметрах

М е

д ь

Сечение кв. мм	Потеря напряж. %	М е					д ь						
		2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
0,2	42	66	99	165	265		412	580	830	1150	1570	1980	2470
0,4	82	132	198	330	530		820	1150	1660	2300	3140	3960	4940
0,6	124	198	296	500	790		1240	1730	2480	3450	4700	5950	7450
0,8	165	263	395	660	1060		1650	2300	3300	4600	6300	7950	10900
1,0	206	330	495	820	1320		2060	2900	4150	5150	7850	9900	12400
1,2	247	395	594	980	1590		2470	3470	4950	6900	9400	11900	14900
1,4	288	460	694	1180	1850		2880	4050	5800	8100	11000	13900	17300
1,6	330	528	793	1320	2110		3300	4600	6600	9200	12600	15900	19800
1,8	370	591	892	1480	2330		3700	5200	7450	10400	14100	17800	22300
2,0	412	660	990	1640	2640		4120	5760	8300	11500	15700	19300	24700
2,2	453	725	1090	1810	2900		4530	6350	9100	12700	17200	21800	27200
2,4	494	790	1190	1970	3170		4940	6900	9900	13800	18800	23300	29700
2,6	535	850	1289	2140	3440		5350	7500	10800	15000	20400	25700	32100
2,8	576	925	1390	2300	3700		5760	8100	11600	16200	22000	27700	34600
3,0	618	990	1490	2470	3960		6180	8650	12400	17300	23500	29700	37100
3,2	658	1060	1590	2530	4230		6580	9280	13200	18400	25100	31700	39600
3,4	700	1120	1685	2800	4500		7000	9800	14050	19300	26600	33700	42000
3,6	740	1180	1785	2960	4760		7400	10400	14900	20700	28300	35600	44500
3,8	781	1255	1885	3120	5020		7810	11000	15700	21900	29800	37600	47000
4,0	822	1320	1980	3300	5280		8220	11600	16300	23000	31400	39600	49500
4,2	864	1386	2080	3460	5545		8628	12200	17130	24150	33000	41600	52000
4,4	905	1451	2180	3640	5805		9038	12770	17940	25200	34600	43700	54470
4,6	947	1517	2280	3800	6070		9446	13370	18770	26350	36200	45600	56850
4,8	988	1582	2379	3960	6330		9856	13940	19580	27450	37800	47550	59350
5,0	1030	1648	2480	4140	6595		10264	14540	20410	28600	39400	49700	61850

ТАБЛИЦА VII

## Таблица моментов в киловаттметрах

М Е

Сечение в кв.мм Потеря напряжения ε %	М Е			
	1	1,5	2,5	4
0,2	1	1	2	4
0,4	2	3	5	7
0,6	3	4	7	11
0,8	4	6	9	15
1,0	5	7	11	18
1,2	6	8	14	22
1,4	6	10	16	26
1,6	7	11	18	29
1,8	8	12	21	33
2,0	9	14	23	37
2,2	10	15	25	40
2,4	11	17	28	44
2,6	12	18	30	48
2,8	13	19	32	52
3,0	14	21	34	55
3,2	15	22	37	59
3,4	16	23	39	63
3,6	17	25	41	66
3,8	17	26	44	70
4,0	18	28	46	73
4,2	19	29	48	77
4,4	20	30	51	81
4,6	21	32	53	85
4,8	22	33	55	88
5,0	23	35	57	92

## (квтм) для системы 127 в (однофазной)

Д Ъ 1

Д Ъ 1	М Е						
	6	10	16	25	35	50	70
0,2	5	9	15	23	32	46	64
0,4	11	18	29	46	64	92	128
0,6	17	27	44	69	97	132	192
0,8	22	37	59	92	129	184	256
1,0	27	46	74	115	162	230	320
1,2	33	56	88	138	194	276	384
1,4	38	65	103	161	227	322	448
1,6	44	75	117	184	259	368	512
1,8	50	84	132	207	292	414	576
2,0	55	94	146	230	324	460	640
2,2	61	103	161	253	357	506	704
2,4	66	113	175	276	389	552	750
2,6	72	122	190	299	422	598	814
2,8	76	132	204	322	455	644	878
3,0	83	141	219	345	487	690	942
3,2	88	151	233	368	520	736	1006
3,4	94	160	248	391	552	782	1070
3,6	99	170	262	414	585	828	1134
3,8	105	179	277	437	617	874	1198
4,0	110	189	291	460	650	920	1262
4,2	116	198	306	483	682	966	1326
4,4	121	208	320	506	715	1012	1390
4,6	127	217	335	529	745	1058	1454
4,8	131	227	349	552	780	1104	1518
5,0	138	236	364	575	812	1150	1582

<sup>1</sup> Таблица практически применима для постоянного тока 110 в.  
 2015 Digitized by ASA

ТАБЛИЦА VIII

Таблица моментов в киловаттметрах  
М Е

Сечение в кв. мм	Потеря напряже- ния ε %				
	1	1,5	2,5	4	6
0,2	3	4	7	11	17
0,4	6	8	14	22	33
0,6	8	12	21	33	50
0,8	11	17	28	44	66
1,0	14	21	35	55	83
1,2	17	25	41	66	100
1,4	19	29	48	77	116
1,6	22	33	55	88	133
1,8	25	37	62	99	150
2,0	28	41	69	110	166
2,2	30	45	76	121	183
2,4	33	50	83	132	199
2,6	36	54	90	143	216
2,8	39	58	97	154	232
3,0	41	62	104	165	249
3,2	44	66	110	176	266
3,4	47	70	117	187	282
3,6	50	74	124	198	299
3,8	52	78	130	209	316
4,0	55	83	138	221	331
4,2	58	87	145	231	349
4,4	61	91	152	242	365
4,6	63	95	159	253	381
4,8	66	99	166	264	398
5,0	69	104	172	275	415

(квтм) для системы 220 в (однофазной)

Д Ь 1

10	16	25	35	50	70	95	120
28	44	69	97	138	192	262	331
55	88	138	193	276	387	525	663
83	133	207	290	414	579	787	994
110	177	276	387	552	771	1050	1330
138	221	345	484	690	963	1310	1660
166	265	414	581	828	1160	1570	1990
193	309	483	678	966	1350	1840	2320
220	354	552	775	1100	1540	2100	2650
249	398	621	872	1240	1730	2360	2980
276	442	690	969	1380	1920	2620	3310
304	486	759	1070	1520	2120	2880	3640
331	530	828	1160	1660	2310	3150	3970
359	575	897	1260	1790	2500	3410	4300
386	619	966	1360	1930	2690	3670	4640
414	663	1040	1450	2070	2880	3930	4970
441	707	1100	1550	2210	3080	4190	5300
469	751	1170	1650	2350	3270	4460	5630
497	796	1240	1750	2480	3460	4720	5960
524	840	1310	1840	2620	3650	4980	6300
552	883	1380	1930	2760	3870	5250	6630
579	928	1450	2040	2900	4040	5500	6960
607	972	1520	2130	3040	4230	5770	7280
634	1020	1590	2230	3170	4420	6030	7620
662	1060	1660	2330	3310	4610	6290	7950
690	1100	1720	2420	3450	4800	6550	8280

<sup>1</sup> Таблица применима для постоянного тока 220 и 2 × 110 в.  
2015 Digitized by ASA

ТАБЛИЦА IX

## Сила тока в амперах, в зависимости

Мощность в киловаттах	Постоянный ток	
	110 в	220 в
1,0	9,1	4,6
1,2	10,9	5,5
1,4	12,7	6,4
1,6	14,5	7,3
1,8	16,4	8,2
2,0	18,2	9,1
2,2	20,0	10,0
2,4	21,8	10,9
2,6	23,6	11,8
2,8	25,4	12,7
3,0	27,2	13,6
3,2	29,0	14,6
3,4	31,0	15,5
3,6	32,8	16,4
3,8	34,6	17,3
4,0	36,4	18,2
4,5	41,0	20,4
5,0	45,6	22,8
5,5	50,0	25,0
6,0	54,5	27,2
6,5	59,0	29,6
7,0	63,5	31,8
7,5	68,0	34,0
8,0	72,5	36,4
8,5	77,5	38,6
9,0	82,0	41,0
9,5	86,5	43,0
10,0	91,0	45,5

от напряжения и мощности<sup>1</sup>

	Трехфазный ток			
	110 в	220 в	380 в	500 в
	$\cos \varphi = 1$			
1,0	5,3	2,6	1,5	1,2
1,2	6,3	3,1	1,8	1,4
1,4	7,4	3,7	2,1	1,6
1,6	8,4	4,2	2,4	1,9
1,8	9,5	4,7	2,7	2,1
2,0	10,5	5,3	3,0	2,3
2,2	11,5	5,8	3,3	2,5
2,4	12,6	6,3	3,6	2,8
2,6	13,6	6,8	3,9	3,0
2,8	14,7	7,4	4,3	3,2
3,0	15,7	7,9	4,5	3,5
3,2	16,8	8,4	4,9	3,7
3,4	17,8	8,9	5,2	3,9
3,6	18,9	9,5	5,5	4,2
3,8	19,9	9,9	5,8	4,4
4,0	21,0	10,5	6,1	4,6
4,5	23,6	11,8	6,9	5,2
5,0	26,2	13,1	7,7	5,8
5,5	28,8	14,4	8,9	6,4
6,0	31,4	15,7	9,1	6,9
6,5	34,0	17,0	9,9	7,5
7,0	36,0	18,3	10,6	8,1
7,5	39,4	19,7	11,4	8,7
8,0	42,0	21,0	12,2	9,3
8,5	44,5	22,2	12,9	9,8
9,0	47,0	23,6	13,7	10,4
9,5	50,0	25,0	14,4	11,0
10,0	52,5	26,2	15,2	11,6

пользоваться теми же столбцами, что и для постоянного тока.

<sup>1</sup> Для однофазного тока, при осветительной нагрузке ( $\cos \varphi = 1$ ),  
2015 Digitized by ASA

ТАБЛИЦА X

## Стarterные батареи на 12 в для освещения

ОСТ 5019 14/VI-32 г. Тип батареи •	Средняя зарядная сила тока 1	Продолжительность разряда и и сила разряда			
		20 часов		10 часов	
		Ам- перы 3	Ампер- часы 4	Ам- перы 5	Ампер- часы 6
6-СТ-Б—15-IV . . . . .	4	3,00	60	5,40	54,0
6-СТ — 15-V . . . . .	5	3,75	75	6,75	67,5
6-СТ — 15-VI . . . . .	6	4,50	90	8,10	81,0
6-СТ — 15-VII . . . . .	7	5,25	105	9,45	94,5
6-СТ-Б—15-VII . . . . .	7	5,25	105	9,45	94,5
6-СТ — 15-VIII . . . . .	8	6,00	120	10,80	108,0
6-СТ-Б—15-IX . . . . .	9	6,75	135	12,15	121,5

<sup>1</sup> Для установки с напряжением 36 в следует соединять после так как ртутные выпрямители изготавливаются только для зарядки Для зарядки всех перечисленных в таблице батарей удобно вестник" в Ленинграде. Оно работает от сети переменного тока 12 или 21 в. К концу заряда напряжение постоянного тока автомата тока снижается. Со стороны переменного тока потребляется от 1,6 а ного тока.

Устройство по наружному виду представляет собой настольный 2015 Digitized by ASA

безопасности в небольших театрах <sup>1</sup>

соответствующие ей емкость ного тока	размеры батареи в миллиметрах							
	3 часа		1 час		Номинальная ем- кость, Ампер- часы	Длина	Ширина	Высота
	Ам- перы 7	Ампер- часы 8	Ам- перы 9	Ампер- часы 10				
13,8	41,4	27,0	27,0	60	508	148	255	
17,3	51,9	33,8	33,8	75	450	195	255	
20,7	62,1	40,5	40,5	90	500	195	255	
24,2	72,6	47,4	47,3	105	582	195	255	
24,2	72,6	47,3	47,3	105	525	215	255	
27,6	82,8	54,0	54,0	120	648	195	255	
31,0	92,0	60,8	60,8	135	625	278	255	

довательно 3 батареи. Заряжать каждую батарею придется отдельно, багажер 12 или 24 в.

применять выпрямительное устройство типа УРВ-1 завода „Бурев-127 или 220 в и снабжено переключателем, для зарядки батарей тически подымается, как это требуется для полного заряда, а сила до 4,5 а, в зависимости от напряжения переменного и выпрямлен-

металлический шкаф 435×225×440 м.м. Тип стеклянной колбы 2 В-6

## ПРИЛОЖЕНИЕ II

### ПРАВИЛА

УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛОАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ТЕАТРАХ, ЦИРКАХ, КИНОТЕАТРАХ, КЛУБАХ И ИМ ПОДОБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ СОБРАНИЙ<sup>1</sup>

### I. Область применения

§ 1. Настоящие правила относятся к электрическим установкам в зданиях и помещениях для общественных собраний с количеством мест от 100 и более.

Примечание 1. Универмаги, рестораны и прочие подобные помещения подчиняются настоящим правилам до введения в действие специальных правил для этих помещений.

Примечание 2. Открытые театры, трибуны стадиона и прочие подобные сооружения подчиняются настоящим правилам в соответствии с наличием в них элементов сооружений для общественных собраний, перечисленных в § 3 настоящих правил.

### II. Определения

§ 2. К зданиям и помещениям для общественных собраний относятся: театры, цирки, кинотеатры, клубы со зрительными помещениями, концертные залы и выставочные помещения.

<sup>1</sup> Проект правил разработан специальной комиссией под председательством проф. М. А. Шателена в Северо-западном отделении Теплэлектропроекта в 1937/1938 г.

§ 3. Здания для общественных собраний, в зависимости от рода своего назначения, могут включать в себе следующие виды помещений:

1) помещения, предназначенные непосредственно для обслуживания и пребывания в них публики, как то: зал, фойе, вестибюли, с гардеробами, уборные, клубные комнаты, аудитории;

2) сцену (сценическую коробку) или закрытую эстраду со всеми помещениями для функционирования таковых в пределах данного здания;

3) электромашинные и электрораспределительные помещения;

4) помещения для электротехнических установок сильного тока, обслуживающих сцену и кинокамеру, а именно:

а) пункт управления — помещение, из которого производится управление сценическим освещением или механизмами сцены,

б) аппаратное помещение, в котором расположены приборы и аппараты управления рабочими линиями, питающими приборы сценического освещения, и электродвигателями сценических механизмов (щиты, реостаты, автотрансформаторы и пр.).

### III. Правила устройства

§ 4. Электрические установки в зданиях и помещениях для общественных собраний должны подчиняться действующим „Правилам устройства электротехнических установок сильного тока с точки зрения безопасности“ с теми изменениями и дополнениями, которые изложены ниже.

§ 5. В зданиях и помещениях для общественных собраний допускается только низкое напряжение. Высокое напряжение допускается лишь в помещениях, указанных в п. 3 (§ 3).

Примечание 1. Газосветные установки высокого напряжения допускаются только снаружи зданий для общественных собраний и подчиняются специальным правилам.

Примечание 2. Ручные лампы допускаются лишь малого напряжения.

§ 6. Помимо основного освещения, в зданиях для общественных собраний должны иметься освещение безопасности (эвакуационное) и сигнальное освещение у дверных проемов как в самих залах и фойе, так и по пути выхода наружу (аналогично правилам НКТ по искусственноому освещению промышленных предприятий).

§ 7. В помещениях зданий для общественных собраний с количеством мест менее 250 освещение безопасности может иметь источник питания общий с основным освещением, но должно иметь раздельную сеть, начиная от главного распределительного щита. При этом сигнальное освещение может быть либо электрическим, питающимся от независимого источника (например, от аккумуляторной батареи), либо осуществляться при помощи свечных или им подобных закрытых фонарей.

§ 8. В помещениях зданий для общественных собраний с количеством мест свыше 250 для освещения безопасности должен иметься независимый источник питания.

Примечание. Два ввода от замкнутой низковольтной кабельной сетки, питающейся от двух или более электрических станций, считаются также независимыми источниками.

§ 9. Освещение безопасности зрительных зал или аудиторий, затемняемых во время нахождения в них публики, должно иметь независимое включение как из поста пожарной охраны, так и от дежурящего в зале обслуживающего персонала. Вторичное выклю-

чение должно осуществляться только из того пункта, из которого произведено включение.

§ 10. При независимом источнике питания освещение безопасности зрительных зал должно иметь приспособление для автоматического включения в случае одновременного аварийного прекращения освещения в зрительном зале и на сцене или прекращения подачи тока к кинопроектору.

#### *A. Распределительная сеть*

§ 11. Все распределение электрической энергии, кроме освещения безопасности, должно исходить от главного распределительного щита, расположенного в самом здании для общественных собраний.

§ 12. Каждый групповой щиток должен иметь возможность индивидуального отключения.

§ 13. От главного распределительного щита должны отходить самостоятельные линии для следующих объектов:

- 1) наружного и рекламного освещения;
- 2) постоянно действующего освещения (помещения караульных и пожарных постов, помещение распределительного щита и электромашинное, аккумуляторное);
- 3) зрительного зала и сцены;
- 4) подсобных помещений сцены;
- 5) подсобных помещений для зрителей;
- 6) силовых линий;
- 7) нагревательных приборов;
- 8) двигателей для подъема и спуска занавеса;
- 9) пожарной насосной.

§ 14. Магистральные и распределительные провода, служащие для питания осветительных и силовых приемников в помещении для публики, не должны прокладываться внутри сценической коробки. Исключение из этого правила допускается

для проводов, питающих светильники из пунктов управления.

§ 15. Магистрали, питающие основное освещение и освещение безопасности, следует, по возможности, прокладывать различными трасами.

§ 16. В помещениях с двумя и более лампами накаливания, как, например, в коридорах, на лестницах и в вестибюлях, лампы должны быть включены, по меньшей мере, в два совершенно независимо защищенные предохранителями ответвления. Это правило может быть не соблюдано, если освещение безопасности в этих помещениях составляет не менее 10% от общего.

§ 17. Все осветительные приборы должны быть удобно и безопасно доступны для периодического осмотра и смены ламп.

§ 18. Выключатели должны быть недоступны публике и, по возможности, централизованы.

*Б. Оборудование помещений для установок, производящих и распределяющих электрическую энергию*

§ 19. Электромашиныные помещения должны быть сухими, хорошо освещенными, хорошо вентилируемыми и защищенными от затопления.

Через эти помещения не должны проходить транзитные водопроводные и канализационные трубы.

§ 20. Установка масляных выключателей и трансформаторов допускается либо в отдельных пристройках без расположения их под какими бы то ни было другими помещениями, либо в особых самостоятельных, только для этой цели предназначенных, сооружениях. В отдельных частных случаях, когда самостоятельное выделение этого рода электрооборудования представляет значительные осложнения и затруднения в строительном или архитектурном отношении, возможно включение в общий габарит

сооружения общественных собраний трансформаторных помещений с камерами для масляных выключателей. Однако при этом должны быть выполнены следующие требования:

1) стены должны быть огнестойкими и способными выдерживать взрывную волну при аварии масляного выключателя;

2) перекрытия над взрывными камерами должны быть огнестойкими и двойными с воздушной подушкой и иметь жалюзи в габарите этой подушки;

3) над помещениями маслосодержащей аппаратуры должны быть устроены отбойные козырьки вылетом не менее 1 м, защищающие вышерасположенные оконные проемы;

4) маслосборники должны быть вынесены за габарит здания;

5) при расположении трансформаторных установок на одной стороне с лестничными клетками маслового пользования двери последних должны отстоять не менее чем на 15 м от ближайшей взрывной камеры;

6) пешеходные и проезжие части улиц должны отстоять от помещения маслосодержащей аппаратуры не менее как на 10 м; нейтральная зона должна иметь ограждение или озеленение;

7) окна первого этажа должны отстоять не менее чем на 5 м от ближайшей взрывной камеры;

8) в одном трансформаторном помещении допускается установка одного или нескольких трансформаторов общей мощностью не более 360 ква и двух масляных выключателей при одностороннем расположении и, соответственно, в два раза больше при двухстороннем расположении. При необходимости иметь большее количество трансформаторов или масляных выключателей допускается их установка только при наличии между основным распределите-

тельным устройством и ими нейтральной зоны в виде помещений без масляной высоковольтной аппаратуры.

**Примечание.** В особых случаях в вышележащем втором и третьем этажах над помещениями трансформаторов допускается расположение только складочных и подсобно-служебных помещений с кратковременным пребыванием в них лишь персонала, необходимого для обслуживания таких помещений.

*B. Оборудование помещения для электротехнических установок, обслуживающих сцену*

**§ 21.** Аппаратные помещения и пункты управления должны быть отделены от сцены и других помещений огнестойкими перегородками и перекрытиями.

При дистанционном управлении всеми рабочими цепями сценического освещения и механизмов изложенное требование является необязательным для помещений пунктов управления.

Однако в этом случае максимальная сила тока в отдельной цепи дистанционного управления не должна превышать 10 а при напряжении 220 в и 15 а при напряжении до 127 в. При этом приборы, установленные в цепи постоянного тока и выключающие ток более 2 а, должны быть снабжены искрогасителями.

**§ 22.** Размещение всех приборов и аппаратов должно быть выполнено в соответствии с требованиями действующих „Правил устройства электротехнических установок с точки зрения безопасности“, за исключением сценических регулировочных реостатов, расстояние между рядами которых должно быть лишь достаточным для извлечения из ряда любого отдельного реостата при выключенном его состоянии, но не менее 0,8 м.

§ 23. Регулировочные сценические реостаты должны быть устроены таким образом, чтобы температура наружных частей их не превышала 100° С. В положении полного затемнения при реостатном или дроссельном регулировании должно быть предусмотрено полное выключение тока; при автотрансформаторном регулировании напряжение цепи, питающей приемник, должно быть доведено до нуля.

§ 24. В помещениях пунктов управления могут находиться лишь приборы и аппараты, необходимые для оперативной работы лица, управляющего сценическим освещением или двигателями сценических механизмов. Все регулирующие устройства: реостаты, автотрансформаторы, дроссельные катушки и пр., а также предохранители, должны быть вынесены в аппаратные помещения. Пусковые реостаты двигателей могут быть установлены в этом помещении в исключительных случаях, при мощности одного двигателя не свыше 100 квт или не свыше 200 квт при нескольких электродвигателях.

**Примечание.** Требования настоящего параграфа не обязательны для установок общей мощностью не свыше 30 квт при условии безреостатного регулирования.

#### *Г. Оборудование сцены*

§ 25. Вся сценическая установка должна отключаться главным рубильником или автоматом, размыкающим одновременно все незаземленные провода как фазовые, так и нулевые.

§ 26. Применение голых проводов не допускается, за исключением случаев, предусмотренных § 28 и 38. Подъемные тросы и подобные приспособления воспрещается употреблять как для подвода тока, так и в качестве обратных или заземляющих проводов.

§ 27. Для подвода тока к передвижным приемникам должны применяться гибкие провода в резиновой оболочке не ниже марки ПРШС.

§ 28. Скользящие контакты, контактные кольца и токоведущие рельсы должны быть защищены от случайного прикосновения и от попадания на них посторонних предметов. Использование ходовых рельс для подвода тока и для замуления не допускается.

§ 29. Провода, идущие к лампам разных цветов, расположенным в одном многоцветном осветительном приборе или в смежных одноцветных, составляющих одну батарею, рассматриваются как одна сложная цепь с одним обратным проводом и могут быть прокладываемы в одной трубке.

§ 30. В системах постоянного тока с заземленным обратным проводом этот последний может прокладываться самостоятельной трасой и объединять неподвижные концы смежных многоцветных линий.

§ 31. Незаземленные обратные (нулевые) провода линий, идущие к сценическим токоприемникам и не имеющие оперативного выключения, должны иметь приспособления для безопасного отключения.

§ 32. Напряжение между двумя проводами, заложенными в сценические осветительные приборы, не должно превышать 250 в.

§ 33. Максимальная сила тока плавкой вставки предохранителя, защищающего группу ламп, не должна превышать 60 а для напряжения в 127 в и 35 а для напряжения в 220 в.

§ 34. Сечение обратного провода сценической многоцветной однофазной линии должно быть выбрано по суммарному току плавких вставок всех

прямых (цветовых) проводов. Самый выбор производится:<sup>1</sup>

а) в трехцветных системах — по наибольшей допустимой продолжительной силе тока;

б) в четырех, пяти и более цветных системах — по наибольшей допускаемой силе тока при повторно-кратковременной работе.

Сечение обратного провода многоцветных многофазных линий должно быть проверено на ток максимально загруженной фазы по номинальной силе тока соответствующих плавких предохранителей.

§ 35. Сечение гибких проводов переносных приборов должно соответствовать максимальной плавкой вставке из числа вставок, защищающих линии со штепсельными соединениями того же типа, которыми оборудованы данные гибкие провода.

§ 36. Штепсельные соединения должны иметь замок, автоматически закрывающийся при установленном штепселе, и быть так устроены, чтобы исключалась всякая возможность касания пальцем токоведущих частей как при вынутом или установленном штепселе, так и в процессе вставления.

§ 37. Применяемые на сцене осветительные приборы должны удовлетворять следующим требованиям:

а) температура любой точки наружного кожуха, при включении на полную номинальную мощность в течение одного часа, не должна превышать 130° С;

б) для приборов, предназначенных для подвешивания среди декораций (софиты, горизонтные фонари, сполоскеты, тучевые аппараты, вертикаль-

<sup>1</sup> На практике, так как провода прокладываются в трубах, следует пользоваться указанием при таблице выбора плавких вставок (табл. III). (A. C.)

ные прожекторы и т. п.), допустимая температура снижается до  $100^{\circ}\text{C}$ ; само измерение должно производиться в условиях ухудшенной теплоотдачи, путем закрытия тканью  $20\%$  наружной поверхности прибора;

в) лампы и стеклянные светофильтры должны быть защищены сетками или прозрачными колпаками из небьющегося, несгораемого материала.

§ 38. Голые медные провода или полосы (шины), укрепленные на теплостойких изоляторах, допускаются внутри сценических осветительных приборов в том случае, если они достаточно прочно укреплены и достаточно надежно защищены от возможности случайного прикосновения к ним и от механического повреждения.

§ 39. Изоляция проводов, применяемых при зарядке осветительной арматуры, должна выдерживать температуру, развивающуюся внутри прибора.

§ 40. Присоединение гибких проводов к приборам должно производиться снаружи прибора. Для постоянных приборов допускается винтовое или штепсельное соединение; для переносных приборов — только штепсельное соединение.

§ 41. Проводка внутри бутафорских осветительных приборов должна удовлетворять общим правилам для постоянных устройств. Температура частей прибора, выполненных из горючего материала, не должна превышать  $100^{\circ}\text{C}$  при работе прибора на полную мощность при нормальном напряжении в течение получаса.

§ 42. Электродвигатели как переменного, так и постоянного тока, устанавливаемые в пределах сценической коробки, должны быть закрытого типа.

§ 43. Пусковые приспособления должны быть закрытого типа.

§ 44. Пусковые и регулировочные реостаты должны иметь огнестойкие покрытия, и температура кожуха в месте максимального нагрева не должна превышать 100°С. Жидкостные реостаты не допускаются.

§ 45. Аппаратура управления должна быть расположена в местах, не доступных для публики.

Установка переносных пультов для управления электродвигателями на сцене и в прилегающих к ней помещениях допускается при отсутствии в них автоматической аппаратуры (контакторов, реле и пр.). Подводящие провода должны соответствовать требованиям § 27.

§ 46. В установках с напряжением 380/220 в с заzemленным нулем заземление или зануление должно быть выполнено согласно общим правилам устройства заземлений установок до 1000 в.

#### *Д. Кинокамера*

§ 47. Размеры и оборудование кинокамеры должны соответствовать ОСТ 4494—4495.

§ 48. В кинокамерах может находиться лишь аппаратура, непосредственно служащая для оптической и звуковой работы проектора и для освещения самой кинокамеры, а именно: проекционные фонари с лампами и выключателями, двигатели проекторов, звуковая аппаратура и аппаратура для освещения самой кинокамеры.

§ 49. Аппаратура, управляющая освещением зрительного зала, балластные реостаты проекционных ламп, ртутные выпрямители, умформеры с их пусковой аппаратурой — должны быть вынесены в отдельное помещение, удовлетворяющее требованиям § 21 настоящих правил.

§ 50. Вся находящаяся в камере электрическая аппаратура должна быть закрытого типа.

§ 51. Все рукоятки управления электрической аппаратурой, в том числе и рукоятки, служащие для регулировки и установки на фокус проекционных ламп, должны быть из изолирующего материала.

§ 52. Управление электрической аппаратурой из кинокамеры допускается только дистанционное и должно удовлетворять § 24 настоящих правил.

§ 53. Прохождение фильма в проекторе должно производиться в закрытых каналах. Световые отверстия для проекционного луча и для наблюдения должны иметь металлическую заслонку, автоматически закрывающуюся в случае повышения температуры в камере. Проектор должен быть снабжен заслонкой, автоматически прекращающей доступ света проекционной лампы на фильм в случае остановки последнего.

§ 54. Все операции с фильмом: перемотка, склейка и пр. должны производиться в отдельном от кинокамеры перемоточном помещении.

#### IV. Правила эксплоатации

§ 55. В отношении эксплоатации электротехнические установки в зданиях и помещениях для общественных собраний должны подчиняться действующим „Правилам эксплоатации электротехнических установок сильного тока с точки зрения безопасности“ с теми изменениями и дополнениями, которые изложены ниже.

§ 56. Для надзора за электроустановкой должно быть выделено ответственное лицо, обладающее общетехническими знаниями в объеме техминимума, предъявляемого для шестой группы квалификационной сетки указанных в § 55 „Правил“.

Примечание. Функции лица, упомянутого в § 56, должны быть независимы от лиц, ведающих сценическим

§ 57. Помимо общетехнических знаний, ответственное лицо обязано знать в соответствующем объеме „Правила эксплоатации электротехнических установок сильного тока с точки зрения безопасности“, а также и настоящие правила.

§ 58. При каждой электроустановке должна иметься точная схема электрических соединений, а также журнал для эксплоатационных записей.

§ 59. Для проверки исправного состояния установки таковая должна подвергаться осмотру, в зависимости от условий эксплоатации, не менее 4 раз в год. Результаты осмотра должны быть занесены в эксплоатационный журнал.

## III. ПАМЯТКА ТЕАТРАЛЬНОГО ОСВЕТИТЕЛЯ

---

### **Задачи художественного освещения сцены**

Создать художественное освещение на сцене — это значит правильно понять основную идею спектакля и найти для сценического воплощения ее наиболее близкие и полноценные художественные образы.

Практически это заключается в умении: 1) понять замысел режиссера и художника, а в оперном театре — композитора и дирижера, 2) перевести на технический язык и условия своей сцены их творческие указания, 3) найти в своих средствах новые выразительные приемы и подсказать их режиссеру и художнику.

Надо твердо помнить: от освещения сцены во многом зависит восприятие спектакля и то впечатление, которое получает зритель от исполнителя (освещение отдельного актера и группы), грима, костюма и декораций.

Характер освещения спектакля отражается не только на восприятии зрителя, но и на игре актера (своевременный световой переход, необходимая освещенность), так как сценическое действие и освещение должны протекать в едином ритме спектакля.

### **Театральный осветитель-художник**

Подлинный театральный осветитель должен быть прежде всего художником. С этой целью ему необходимо, с одной стороны, воспитывать в себе умение понимать и ценить художественные произ-

ведения (литература, живопись и скульптура — неизменные спутники в его работе), а с другой — стремиться получить знания и навыки в композиции художественного произведения.

В этом направлении для осветителя особенно важно уметь овладеть стилем спектакля и обладать чувством художественной меры и такта. Этому требованию в первую очередь должна удовлетворять работа с цветным освещением и расположением светотеней, так как при создании общего освещения сцены осветитель должен быть исключительно осторожным и чутким к режиссеру и художнику.

Как художник, осветитель должен уметь наблюдать окружающие его явления, видеть их в составных частях (красках, линейной перспективе, движении и т. д.) и отыскивать средства претворения их в сценической практике.

Это умение особенно остро оказывается во всех случаях сценической имитации (пасмурный день, молния, взрыв и т. д.). Но осуществляя на практике спектакля свои наблюдения, осветитель должен неуклонно помнить, что повторять их надо не механически, а в процессе создания с режиссером и художником произведения искусства. Только те наблюдения должны найти себе место в спектакле, которые типичны и полноценны для его художественных образов.

### **Театральный осветитель-мастер**

Для того чтобы проявить свои художественные замыслы, театральный осветитель должен быть не только художником, но и мастером. Этому должны помочь необходимые знания в области электротехники, светотехники и механики, а наряду с ними и чисто профессиональные навыки.

### Подготовка к спектаклю

Процесс подготовки к спектаклю может изменяться в зависимости от традиций, существующих в том или ином театре, технических условий сцены, характера выбранной пьесы, порядка, установленного режиссером, и т. д., но, как общее правило, можно указать на следующий путь к подготовке сценического освещения:

Этапы работы	Обязанности осветителя
Читка пьесы труппе.	Обязательное присутствие. После общего чтения пьеса должна быть самостоятельно перечитана и продумана.
Режиссер читает свою экспозицию труппе.	Обязательное присутствие. Дополнительная беседа с режиссером.
Показ эскизов и макетов.	Подробное изучение особенно эскизов художника. После чего назначается беседа режиссера и художника с ведущими работниками технических цехов. Выяснение основных задач освещения, цветовой палитры света, характеристики переходов, главных приемов освещения исполнителей, специальных задач света (проекции и эффекты). На основе беседы составление предварительной выписки заданий. (Дополнительные задания поступают по мере хода репетиций.) Чертежи. Сметы. Покупка и заказ дополнительного оборудования.

Этапы работы	Обязанности осветителя
Репетиции с актерами.	Беседы в осветительском цеху. Разбор и распределение заданий. Творческий и технический процесс подготовки к спектаклю. Обязательное присутствие на прогоночных репетициях. Ознакомление с мизансценами.
Первая монтировочная репетиция (без исполнителей).	Приблизительная установка приборов переносного освещения и проба постоянных приборов (софиты, горизонт, рампа); при наличии доминирующей роли света (проекции и эффекты) — полная и всесторонняя проба в целях приспособления оформления сцены к задачам света (удобная для световой работы навеска и расстановка декораций).
Вторая монтировочная репетиция (без исполнителей).	Вторичная примерная установка световой аппаратуры и окончательная проба тех световых эффектов и проекций, которые являются ведущими в оформлении спектакля.
Проверка грима и костюмов.	Обязательное присутствие руководящих работников цеха, а при наличии сложных (особенно по цветовой композиции) костюмов проверка их при цветном освещении.
Первая монтировочная репетиция с исполнителями.	Полная проверка общего освещения и установка освещения исполнителей. Обязательно присутствует полностью весь осветительский цех.

Этапы работы	Обязанности осветителя
Световая репетиция (без исполнителей).	Полная и подробная проверка общего освещения, световых эффектов и наиболее ответственных моментов освещения исполнителей. Обязательное присутствие режиссера, художника, заведующего постановочной частью и всего осветительского цеха. Производится черновая запись партитуры.
Вторая монтировочная репетиция (с исполнителями).	Полная репетиция светового сопровождения спектакля по черновой записи партитуры. По окончании репетии беседа с режиссером, художником и исполнителями для внесения в партитуру необходимых исправлений.
Первая генеральная репетиция (без публики).	Полная световая репетиция. Особое внимание должно быть обращено на световые переходы и световые эффекты. Хронометраж света.
Вторая генеральная репетиция (открытая).	Полное и четкое световое сопровождение, в ритме спектакля, без остановок и исправлений. После репетии беседа с режиссером и художником. Составление окончательной световой партитуры спектакля.

### Премьера

**Работа со светом****Эскиз**

Эскиз декоративного оформления спектакля, выполненный художником, должен быть внимательно и подробно изучен. Он даст возможность заранее установить все основные цветовые соотношения и расположение светотеней и, после беседы с режиссером и художником, наметить в самых основных частях также и освещение опорных пунктов мизансцен.

**Заготовка и установка приборов**

Заготовка и установка приборов должны производиться с таким расчетом, чтобы во время антрактов, и, тем более, во время действия было бы как можно меньше перемещений. Выполнение этого условия в первую очередь зависит от количества приборов, которыми обладает данный театр, и от их разнообразия: чем больше аппаратуры в театре, тем меньше приходится ее переносить, а, значит, можно не только ускорить и улучшить всевозможные смены, но и дольше сохранить самую аппаратуру от изнашивания.

Умело подбирая аппаратуру, а, главное, приучая работников цеха к бережному обращению с ней, аккуратности и своевременному текущему ремонту, можно в течение одного-двух сезонов постепенно накопить нужный ассортимент приборов.

Во всяком случае, следует стремиться к тому, чтобы в антрактах изменять только направление лучей и светофильтры на основной аппаратуре и расставлять по местам бережки и щитки (подсветки).

Проекционная аппаратура должна иметь свои определенные места на сцене, потому что все проекции могут получиться четкими, неискаженными и немелькающими лишь тогда, когда проекционные приборы жестко укреплены и не подвергаются сотрясению и качке.

Поэтому для проекции туч, дождя, некоторых подвижных панорам и т. д. проекторы необходимо укреплять на машинных галереях для того, чтобы они не зависели от вибрации пола и перил галерей. Для проекции воды, проекционных задников и т. п. приборы устанавливаются на планшете за кулисами. Чтобы предохранить эти приборы от вибрации планшета, надо вырезать в планшете небольшие отверстия, через которые пропустить в трюм трубы штативов и укрепить их уже на полу трюма.

Перед каждым спектаклем все приборы должны быть не только тщательно осмотрены, но и проверены путем включения.

#### *Подбор светофильтров*

Далеко не для каждого спектакля в театре имеется достаточный набор светофильтров. После ознакомления с эскизом декорации и беседы с режиссером и художником можно уже в общих чертах установить, какие основные цвета светофильтров необходимы для нового спектакля. В результате надо приобрести стекло соответствующего цвета или купить (а в некоторых случаях и изготовить в самом осветительском цехе) потребные цветные лаки (бесцветный лак + анилиновые красители).

#### *Последовательность в установке света*

Последовательность в установке света может быть применена чаще всего следующая:

1) Вводится до полного белый свет (в софитах, горизонте и рампе).

2) Вводится до полного цветной свет, характерный для данной сцены (например, для дневного освещения — желтый, для ночного — синий и т. д.).

3) Выводится белый свет до получения наиболее близкого основного освещения.

Одновременно с этим уничтожаются („размываются“) излишние тени, которые могут получиться на панораме, завесах и декорациях.

4) Включение отдельных приборов ( прожекторов и подсветок) для обозначения основного направления света.

5) Включение приборов для усиления светом отдельных частей декораций и придания всей установке большей перспективной глубины (установка приборов за боковыми кулисами, сборками, для освещения заспинников и т. д.).

6) Включение приборов выносного освещения (выносный софит, прожекторы в ложах или на их барьерах, и т. д.) для высвечивания первых планов.

7) Включение приборов для проекций и световых эффектов и в связи с этим необходимые исправления в общем освещении сцены.

8) Дополнительное включение приборов для освещения исполнителей.

Порядок установки света, приведенный выше, во многих случаях может быть изменен и поэтому приводится только в качестве одного из частых случаев театральной практики.

#### *Расположение светотеней*

Устанавливая сценическое освещение, надо особое внимание обращать на расположение светотеней. Прежде всего основное направление падающих теней должно соответствовать направлению света

от основного источника света в данной картине (солнце, луна, висячая лампа в комнате и т. д.). Обычно режиссер и художник задумывают свои мизансцены так, чтобы они наиболее выгодно сочетались с основным источником света. Однако в условиях сцены далеко не всегда можно ограничиться односторонним освещением. Поэтому от осветителя требуется, чтобы он умело и осторожно ввел дополнительное освещение (иногда даже и встречное по отношению к основному источнику света), но так, чтобы это дополнительное освещение не нарушало общего впечатления от освещения (тени от дополнительных источников света должны быть слабее, чем от источников основного направления света — солнца, луны и т. д.).

#### *Угол светотеней*

При расположении светотеней очень важно учесть их угол падения на сцену. Так, например, при „закате“ тень от человека, стоящего около стены, забора и т. п. должна быть не менее трех четвертей его роста, а при луне или полуденном солнце, наоборот, не выше одной трети его роста. В зависимости от этого основные источники света, образующие рисунок теней, должны располагаться на соответствующей высоте.

#### *Переходы*

Переходы (градация освещенности) света должны проходить строго в ритме спектакля. Осветитель должен знать совершенно точно момент перехода. При плавных переходах, когда такую точность не всегда можно получить (невольное или, наоборот, сознательное изменение темпа у - исполнителей), осветитель, зная приблизительное время перехода, должен вести его в неразрывной связи с ходом

действия. При постепенных переходах надо избегать не только скачков, но и образования на декорациях временных теней, которые могут получиться из-за уменьшения света в одних приборах и увеличения его в других.

### *Проекции и световые эффекты*

Проекции и световые эффекты требуют в первую очередь установления правильного соотношения освещенности на сцене. Это необходимо для того, чтобы при достаточном освещении исполнителей не пропадала бы проекция, и обратно. Для этого чаще всего приходится особо освещать первые планы и исполнителей (собранными лучами), следя за тем, чтобы свет от приборов не попадал на ту часть декораций (чаще всего это бывает экран в виде задника), на которую направлен луч проектора. Гораздо выгоднее проекция „напросвет“, то есть тот вид проекции, при котором проекционный фонарь располагается за экраном. Это позволяет исполнителям ближе подходить к заднику, не боясь образования на нем теней, которые могут получиться в том случае, когда исполнитель станет на пути луча проектора к экрану.

При проекциях напросвет надо пользоваться экраном из матерчатой кальки, которая выгодна тем, что она, давая четкое изображение диапозитива, в то же время как бы „размывает“ световое пятно от самого проектора.

При проекционных декорациях чаще всего приходится устанавливать аппараты для них сбоку сцены (за кулисами), вследствие чего получается значительное искажение рисунка. Чтобы избавиться от этого искажения, надо самый диапозитив заранее сделать „искаженным“: это достигается путем

фотографирования эскиза под тем углом, под которым впоследствии будет стоять проектор. Искаженный диапозитив вставляется в рамку обратной стороной.

#### *Заключение*

В нашей памятке мы дали указания только на те случаи работы со светом, которые должны вызвать особое внимание со стороны театрального осветителя. Предусмотреть все те задачи, которые станут на его пути, конечно, невозможно. В этом отношении лучшими и неизменными помощниками театрального осветителя должны служить его культурный рост, подлинно творческая работа и каждодневное повышение своей квалификации.

## БИБЛИОГРАФИЯ

### 1. К статье „Светотехника“

- 1) Начатки светотехники. Перевод с английского Н. А. Корсова. Под редакцией и с дополнениями проф. Л. Д. Белькинд. Издание ОНТИ. 1935 г.
- 2) В. В. Мешков и И. И. Соколов. Курс осветительной техники. Издание ОНТИ. 1937 г.
- 3) Б. Ф. Федоров. Общий курс светотехники. Издание ОНТИ. 1938 г.
- 4) Н. Д. Нюберг. Курс цветоведения. Издание Гизлэгпром. 1932 г.
- 5) В. Н. Антонов. Основания устройства оптических приборов. Издание Воениздата. 1939 г.
- 6) П. Шротт. Практическая оптика. Перевод с немецкого Е. С. Вейсенберга, переработанный Е. Г. Яхонтовым. Издание ГНТИ. 1932 г.
- 7) Н. П. Извеков. Сцена, т. II. Свет на сцене. Издание „Искусство“. 1940 г.
- 8) И. В. Экскузович. Техника театральной сцены в прошлом и настоящем. Издание „Прибой“. 1930 г.

### 2. К статье „Электротехника“

- 1) В. И. Юрьев. Заводская электротехника. Издание ГОНТИ. 1938 г.
- 2) Н. Н. Мансуров. Курс электротехники. 2-е издание. ОНТИ. 1936 г.
- 3) Ф. Ф. Соловьев. Монтаж осветительного и силового оборудования. 3-е издание ОНТИ. 1937 г.
- 4) Л. Б. Ривлин. Заводский электромонтер по обслуживанию электродвигателей. Издание ОНТИ. 1936 г.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Аберрация сферическая — 87  
    хроматическая — 88  
Автоматическое переключение освещения безопасности — 265, 266  
Автомобиль (эффект) — 204  
Автотрансформаторы регулировочные — 245  
Автотрансформаторы регулировочные. Расфазовка нагрузки — 260  
Автотрансформаторы регулировочные. Схемы включения для регулирования сценического освещения — 259  
Автотрансформаторы регулировочные. Уход — 248  
Адаптация — 95  
    " световая — 95  
    " темновая — 95  
Аккумуляторы — 264, 192  
Актеров освещение — 193  
    " цветное — 193  
Амперметр — 275  
Апостильб — 12  
Астигматизм — 88  
Аэроплан (эффект) — 204

### Б

- Балластное сопротивление — 138  
Бережки — 156  
Буря (эффект) — 204  
*2015 Digitized by ASA*

### В

- Ваттметр — 275  
Вертикальный прожектор — 168  
Вершины линзы — 62  
Ветер (эффект) — 204  
Взрыв (эффект) — 204  
Видения (эффект) — 204  
Виньетирование — 90  
Включение измерительных приборов  
Вода — зыбь (эффект) — 176, 206  
Водопад (эффект) — 206  
Водяная кювета — 171, 178  
Вольтенаппарат — 180  
Вольтметр — 275  
Вулкан (эффект) — 206  
Выносной прожектор — 167  
Выпрямитель (см. Ртутный выпрямитель)  
Выпуска (см. Штепсельные соединения)  
Вырубки (см. Управление сценическим освещением) — 256  
Вырубки схемы с контакторами — 257

### Г

- Гибкие кабели для переносных приборов (защита) — 234  
Гибкие кабели для переносных приборов (конструкция) — 238  
Гибкие кабели плоские — 230

- Гибкие кабели плоские, подключение — 226  
 Гибкие кабели плоские, предохранение от механических повреждений — 229  
 Главные плоскости линзы — 63  
     точки линзы — 64  
 Глаз — 92  
 Горизонта освещение — 194  
 Горизонтальная освещенность — 15  
 Горизонтная рампа — 156  
 Горизонтные фонари — 154  
 Горизонтные фонари, батарея — 156, 196  
 Горизонтные фонари, подключение — 229, 255  
 Градуировка люксметра — 41, 47

**Д**

- Действительное изображение — 66  
 Декоративные приемы — 208  
 Декораций объемных и плоскостных освещение — 187  
 Декораций освещение цветное — 193  
 Джоуля закон (см. Закон Джоуля)  
 Диапозитив — 81, 170  
     искаженный — 317  
     ленточный — 177  
     панорамный — 177  
     цилиндрический — 177  
 Диапроекционные приборы — 170  
 Диапроекционные приборы, составные части — 170  
 Диапроекционные приборы, типы — 171  
 Диафрагмы — 89  
 Дисторсия — 88

- Дневное зрение — 93, 112  
 Дождь (эффект) — 208  
 Дополнительные цвета — 116  
 Дуговые лампы — 135  
 Дым (эффект) — 208

**Е**

- Единицы измерения световых величин — 11, 12  
 Единицы электрические — 270

**Ж**

- Желтое пятно — 94

**З**

- „Зайчики“ (эффект) — 208  
 Закон Джоуля — 272  
     квадратов расстояний — 17  
     Кирхгофа — 272  
     Ома — 272  
 Законы зеркального отражения — 48  
 Законы преломления света — 55  
 Звезды (эффект) — 208  
 Зеркало для перемещения проекции — 55, 179  
 Зеркало металлическое — 53  
     парabolическое — 52  
     плоское — 49  
     применение — 54  
     стеклянное — 53  
     сферическое — 51  
     эллиптическое — 52  
 Зеркально-отражающие поверхности — 28  
 Зрачок — 92  
 Зрение дневное — 93, 112  
     сумеречное — 93, 112

Зрительный зал (освещение безопасности) — 264, 267  
Зыбь воды (эффект) — 176, 206

**И**

Изменение напряжения на лампах накаливания — 133  
Измерение коэффициента отражения — 41  
Измерение освещенности — 41, 46  
Измерение освещенности, приборы — 36  
Измерение светимости — 41  
" яркости — 41  
Изображение линзой действительное — 66  
Изображение линзой мнимое — 66  
Изображение линзой обратное — 66  
Изображение линзой, основные положения для построения — 66  
Изображение линзой, основные расчетные формулы — 74  
Изображение линзой, построение — 65  
Изображение линзой предмета, построение в разных его положениях относительно линзы — 71  
Изображение линзой прямое — 66  
Изображение линзой равное — 66  
Изображение линзой точки, построение в разных ее положениях относительно линзы — 68  
Изображение линзой увеличенное — 66

Изображение линзой уменьшенное — 66  
Изолюксы — 22  
" , пользование — 24  
" , построение — 23  
Имитации световые — 204  
Искажения оптическими системами — 87  
Источники света — 128, 140

**К**

Кабели гибкие (см. Гибкие кабели)  
Камерный софит — 144  
Камин (эффект) — 208  
Каретные фонари — 156  
Кассеты для эффекта зыби воды — 176  
Кирхгофа закон (см. Закон Кирхгофа)  
Колбочки — 93  
Колодки разветвительные (см. Разветвительные колодки)  
Колодцы (см. Выпуска и Штепельные соединения)  
Кома — 88  
Контакторы в схемах сценического освещения — 257  
Контраст — 97  
" цветовой — 97, 121  
" " одновременный — 122  
" последовательный — 122  
Контраст яркостной — 97  
Контрастная чувствительность — 99  
Коробки в сети — 226  
Костер (эффект) — 210  
Коэффициент отражения — 27, 28, 108  
Коэффициент отражения, измерение — 41

Коэффициент поглощения — 27  
 " полезного действия ламп — 128  
 Коэффициент полезного действия светильников — 146  
 Коэффициент пропускания — 27  
 Коэффициенты отражения некоторых материалов — 28  
 Кривая освещенности — 20  
 Кривая распределения сил света для прожекторов — 19  
 Кривая распределения силы света — 13  
 Кривая распределения силы света поперечная — 13  
 Кривая распределения силы света продольная — 13  
 Кривая спектрального отражения — 109  
 Кривая спектрального пропускания — 109  
 Кривизна поля — 88  
 Кривые одинаковых освещенностей (см. Изолюксы)  
 Кривые светораспределения нормальных ламп — 130  
 Кривые светораспределения проекционных ламп — 132  
 Кювета водяная — 171, 178

**Л**

Лампы дуговые — 135  
 " кривые, светораспределения — 136  
 Лампы дуговые постоянного тока — 136  
 Лампы дуговые переменного тока — 136  
 Лампы дуговые, электрический режим работы — 137  
 Лампы накаливания — 128  
 " биспиральные — 130

Лампы накаливания газополные — 128  
 Лампы накаливания, изменение напряжения — 133  
 Лампы накаливания, кино-проекционные — 131  
 Лампы накаливания нормальные — 130  
 Лампы накаливания прожекторные — 131  
 Лампы накаливания пустотные — 128  
 Лампы накаливания, световая отдача — 129  
 Лампы накаливания специальные — 133  
 Лампы накаливания, срок службы — 130  
 Лампы накаливания, характеристики — 129  
 Лампы ртутные — 138  
 Ландшафтный аппарат — 184  
 Ледоход (эффект) — 210  
 Ленточный диапозитив — 177  
 Линзовые прожекторы (электр) — 229, 236  
 Линзовый прожектор — 77, 163  
 Линзы — 60  
 Линзы, построение изображения — 66  
 Линзы, форма — 60  
 Линзы Френеля — 164  
 Линнебаха фонарь — 183  
 Лодка (эффект) — 210  
 Луна (эффект) — 210  
 Лучистая энергия — 7  
 Льющийся металл — 212  
 Люкс — 11  
 Люксберг — 20  
 Люксберг, построение — 20  
 " , пользование — 22  
 Люксметр — 36  
 " визуальный — 37  
 " " " , градуировка — 41

Люксметр ГОИ — 37  
 „ ЛИОТ — 44  
 „ объективный — 44  
 „ „ , градуи-  
 ровка — 47  
 Люкс на белом — 12  
 Люмен — 11

**М**

Маски — 90, 178  
 Матовые отражающие поверх-  
 ности — 28  
 Международная свеча — 11  
 Мениск отрицательный — 60  
 „ положительный — 60  
 Металлическое зеркало — 53  
 Методы цветного освещения—  
 194  
 Миллистильб — 12  
 Миллифот — 11  
 Мнимое изображение — 66  
 Молниевый затвор — 179  
 Молния (эффект) — 212  
 Мощность — 273, 235, 236, 290

**Н**

Наплывы и видения (эффекты) — 212  
 Насыщенность цвета — 110  
 Неподвижная сеть на сцене —  
 226  
 Непрозрачное тело — 27

**О**

Обвалы (эффект) — 214  
 Облака (эффект) — 214  
 Обратное изображение — 66  
 Обтюратор — 180

Объектив — 81, 83, 84  
 Объемные декорации — 187  
 Огонь (эффект) — 216  
 Ома закон (см. Закон Ома)  
 Оптика, некоторые сведения—  
 48, 91  
 Оптическая ось линзы — 60  
 Оптическая система — 76  
 Оптическая система, искаже-  
 ния — 87  
 Оптическая система, приме-  
 ры — 77  
 Оптическая система прожекто-  
 ра — 158  
 Оптическая система простая—  
 76  
 „ „ сложная —  
 76  
 Осветительные и проекцион-  
 ные приборы — 141, 184  
 Осветительные приборы, общие  
 электрич. требования — 237  
 Осветительные приборы, заряд-  
 ка 237  
 Осветительные приборы, под-  
 ключение подвижных — 229  
 Осветительные приборы, под-  
 ключение переносных — 237  
 Освещение актеров и декора-  
 ций, цветное — 193  
 Освещение безопасности  
 акку-  
 муляторы — 264, 265, 192  
 Освещение безопасности, боль-  
 шие театры — 265  
 Освещение безопасности, малые  
 театры — 264  
 Освещение безопасности, упра-  
 вление — 267, 258  
 Освещение лица актера, при-  
 меры — 191  
 Освещение объемных предме-  
 тов, примеры — 190  
 Освещение плоскостных и объ-  
 емных декораций — 187

Освещенности и яркости на сцене — 201  
 Освещенность — 8  
     " вертикальная — 15  
     " горизонтальная — 15  
     " , единицы — 11  
     " , измерение — 41,  
         46.  
 Основные светотехнические понятия — 7, 10  
 Острота зрения — 100  
 Открытый софит — 145  
 Отражатели светильников — 143  
 Отражающие поверхности — 28  
     " зеркальные — 28  
 Отражающие поверхности матовые или идеально рассеивающие — 28  
 Отражающие поверхности смешанного отражения — 28  
 Отражение света — 48  
     " спектральное — 109,  
         117  
 Отраженного света распределение — 28

**II**

Палочки — 93  
 Панорама двигающаяся (эффект) — 216  
 Панорамный диапозитив — 177  
 Параболическое зеркало — 52  
 Параллельное соединение — 274  
 Парашюты (эффект) — 216  
 Патрон — 236  
 Переключения — 261  
     автоматические  
     " для освещения безопасности — 265, 266  
 Переключения, схемы — 261, 266  
 Пересчет сил света и освещенности при переходе от ламп

одной мощности к лампам другой мощности — 25  
 Переходы световые — 316  
 Пистолет — 169  
 Пламя (эффект) — 216  
 Плоское зеркало — 49  
     " , построение изображения — 49  
 Плоско-параллельная стеклянная пластина — 56  
 Плоскостные декорации — 187  
 Плоскость расположения линзы — 65  
 Поворотная рамка — 180  
 Подвижная диапозитивная рамка — 175  
 Подвижные осветительные приборы верхней сцены (см. Осветительные приборы)  
 Подсветы — 156  
 Поезд (эффект) — 218  
 Пожар (эффект) — 218  
 Полет фигур (эффект) — 220  
 Полное внутреннее отражение — 58  
 Поперечная кривая распределения силы света — 13  
 Поперечное увеличение — 63  
 Последовательное соединение — 273  
 Построение изображений, даваемых линзой — 65  
 Правило знаков — 74  
 Правильное отражение — 48  
 Предохранители плавкие электрические — 231  
 Предохранители плавкие электрические, выбор по сечению провода — 233, 236, 279  
 Предохранители плавкие электрические для рабочего освещения — 234  
 Предохранители плавкие электрические для переносных приборов — 234

- Предохранители плавкие электрические, место установки — 231  
 Предохранители плавкие электрические, предельная сила тока — 231  
 Преломление лучей сферической поверхности — 62  
 Преломление света — 55  
     ", законы — 55  
 Преломляющее ребро призмы — 56  
 Призма — 55  
     ", полного внутреннего отражения — 56  
 Призма прямоугольная — 56  
 Приспособления для световых эффектов — 174  
 Провода для гибких соединений — 227, 231, 238  
 Провода для неподвижной сети — 226  
 Провода, защита предохранителями — 234, 236, 279  
 Провода, расчет на нагревание — 236, 279, 290  
 Провода, расчет на потерю напряжения — 235, 281, 289  
 Продольная кривая распределения силы света — 13  
 Проектор — 81  
 Проекторы (см. Диапроекционные приборы)  
 Проекционные приборы — 81, 170  
 Проекционные приборы без оптики — 181  
 Проекция теневая — 181, 204, 317  
     транспарантная — 181, 204, 317  
 Прозрачное тело — 33  
 Проектор — 141  
     ", линзовый — 77, 163  
     ", с диоптрической оптической системой — 158  
 Проектор с катодиоптрической оптической системой — 159  
 Проектор с катоптрической оптической системой — 159  
 Проектор сценический — 141  
     158  
 Проектор сценический вертикальный — 168  
 Проектор сценический, выносной — 167  
 Проектор сценический, источники света — 161  
 Проектор сценический, корпус — 161  
 Проектор сценический, оптическая система — 158  
 Проектор сценический, применение — 162  
 Проектор сценический, с зеркальным отражателем — 163  
 Проектор сценический, составные части — 158  
 Пропускание спектральное — 109  
 Просвечивающие тела — 27  
 Просвечивающие тела, прозрачные — 33  
 Просвечивающие тела, рассеивающие — 33  
 Просвечивающие тела, смешанного пропускания — 33  
 Простая оптическая система — 76  
 Пространственный угол — 7  
 Прямое изображение — 66  
 Пурпурные цвета — 117

**P**

- Равное изображение — 66  
 Радуга (эффект) — 220  
 Радужная оболочка — 92  
 Разветвительные колодки — 232, 234

- Ракета (эффект) — 220  
 Рампа — 151  
 Расфазовка сценического освещения — 255  
 Расфазовка сценического освещения при автотрансформаторах — 260  
 Распределение отраженного света — 28  
 Распределение света просвечивающими телами — 33  
 Распределение силы света — 13  
 Распределение яркостей и цветов на сцене — 197  
 Распространение световых лучей — 48  
 Рассеивающие, идеально отражающие поверхности — 28  
 Рассеивающие прошедший свет тела — 33  
 Регулирование накала ламп (см. Автотрансформаторы)  
 Регулирование накала ламп (см. Реостаты)  
 Регулирование накала ламп, способы — 239  
 Регуляторы сценические (см. Сценические регуляторы)  
 Реле ЭП (для освещения безопасности) — 265, 268  
 Реостаты регулировочные — 240  
 Реостаты регулировочные, конструкция — 242  
 Реостаты регулировочные, расчет — 242  
 Ресничное тело — 92  
 Роговая оболочка — 92  
 Ртутные лампы — 138  
 Ртутный выпрямитель — 264, 242
- С**
- Свет и зрение — 92—103  
 Светильник — 141, 142
- Светильники сценические — 141, 142  
 Светильники сценические, составные части — 142  
 Светильники сценические, типы — 144  
 Светимость — 9, 32  
     " единица — 11  
     " измерение — 41  
 Световая отдача ламп накаливания — 129, 131, 132  
 Световая отдача ртутных ламп — 139  
 Световая чувствительность глаза — 95  
 Световая энергия — 7  
 Световой поток — 7  
 Световой поток, единица — 11  
 Световые измерения — 34—47  
 Световые характеристики тел — 27—33  
 Световые эффекты — 174, 204  
 Светораспределение источников света и светильников, графическое изображение — 13—26  
 Светораспределение несимметричное — 14  
 Светораспределение симметричное — 13  
 Светотени — 315  
 Светотехнические понятия, основные — 7—10  
 Светофильтры — 117, 123, 314  
     " ИЗОС — 127  
     " характеристики — 124  
 Свеча — 11  
 Северное сияние (эффект) — 220  
 Сетчатая оболочка (сетчатка) — 92  
 Сеть неподвижная на сцене — 226  
 Сила линзы — 76  
     " света — 7

- Сила света, единица — 11  
     " сложной оптической системы — 77
- Симметричное светораспределение — 13
- Система освещения сцены — 185
- Система сценического освещения — 185—203
- Системы освещения — 185
- Склера — 92
- Слепое пятно — 94
- Сложная оптическая система — 76
- Смешение цветов — 113
- Смешанно отражающие свет поверхности — 28
- Смешанно пропускающие свет поверхности — 33
- Снегопад (эффект) — 222
- Снопосветы — 152  
     подключение — 226, 229
- Соединение звездой — 274  
     " параллельное — 274  
     " последовательное — 273
- Соединение треугольником — 275
- Соединение газовых труб — 226
- Соединение штепсельное (см. Штепсельные соединения)
- Солнце (эффект) — 222
- Сосудистая оболочка — 148
- Софит выносной — 148  
     " камерный — 144  
     " открытый — 145  
     " порталный — 148
- Софиты — 144  
     подключение — 226
- Спектр — 59, 104
- Спектральное отражение — 109  
     пропускание — 109
- Срок службы ламп накаливания — 130, 131, 132
- Стеклянное зеркало — 53
- Стерадиан — 8
- Стильб — 12
- Сумеречное зрение — 93, 112
- Сферическое зеркало — 51
- Схемы освещения безопасности (см. Освещение безопасности)
- Схемы управления сценическим освещением — (см. Управление сценическим освещением)
- Схемы управления сценическим освещением, обычные — 260
- Схемы управления сценическим освещением, особенности расфазовки при автотрансформаторах — 260
- Схемы управления сценическим освещением с автотрансформаторами — 259
- Схемы управления сценическим освещением с контакторами — 257
- Схемы управления сценическим освещением с переключениями — 261
- Сценические регуляторы, назначение — 250
- Сценические регуляторы, конструкция — 250—252
- Сценические регуляторы, реверсивные — 253
- Сценические прожекторы — 158  
     " светильники — 142

**Т**

- Телесный угол (см. Пространственный угол)
- Теневая проекция — 181

- Тени мешающие — 187  
 „ расположение и угол — 315  
 „ цветные — 188  
 Техника безопасности — 268  
 Трактор (эффект) — 222  
 Трамвай (эффект) — 222  
 Транспарантная проекция — 181  
 Трехфазный ток — 235, 255, 273,  
 274, 225, 277, 279, 281, 283,  
 285, 291  
 Трубы для проводов — 226  
 „ диаметра — 277, 278  
 Тубус — 166  
 Туман (эффект) — 222  
 Тучевой аппарат — 181  
 Тучи (эффект) — 222

**У**

- Увеличенное изображение — 66  
 Угли дуговых ламп — 136  
 „ расположение — 136  
 Угли дуговых ламп, регулировка положения — 137  
 Угли-камин (эффект) — 222  
 Угловой размер — 100  
 Уменьшенное изображение — 66  
 Управление освещением безопасности (см. Освещение безопасности)  
 Управление сценическим освещением — (см. также:  
 Регулирование накала,  
 Реостаты, Автотрансформаторы)  
 Управление сценическим освещением, вырубки — 256—288  
 Управление сценическим освещением, горизонтным — 255  
 Управление сценическим освещением, индивидуальное и групп — 254

- Управление сценическим освещением, место — 254  
 Управление сценическим освещением, цветным — 255—256  
 Установка света — 314

**Ф**

- Факелы — 222  
 Фейерверк (эффект) — 224  
 Фокальные плоскости линзы — 64  
 Фокус линзы — 64  
 Фокусное расстояние линзы — 64  
 Фонарь Линнебаха — 183  
 Фот — 11  
 Фотометрия (см. Световые измерения)  
 Фотоэлемент — 44

**Х**

- Хромотроп — 178  
 Хрусталик — 92

**Ц**

- Цвет белый — 104  
 „ монохроматический — 105  
 „ однородный — 106  
 „ тела — 117  
 Цвета — 104—127  
 „ дополнительные — 116  
 „ насыщенность — 110  
 „ пурпурные — 117  
 „ характеристики — 104  
 „ чистота — 106  
 Цветовое смешение — 113  
 Цветовой график — 107  
 „ контраст — 97, 121  
 „ одновременный — 122

Цветовой контраст последовательный — 122  
 Цветовой тон — 105  
 Цоколь лампы накаливания — 134

**Ч**

Чистая перемена — 96  
 Чистота цвета — 106

**III**

Штепсельные линии (см. также: сеть неподвижная, провода, трубы) — 255  
 Штепсельные линии, защита предохранителями — 234  
 Штепсельные переключатели — 262  
 Штепсельные соединения для переносных приборов — 232, 238

Штепсельные соединения, подключение к фазам — 255

**Щ**

Щитки — 156

**Э**

Экран — 317  
 Электрические единицы — 270  
 Эллптическое зеркало — 52  
 Эпипроекционные приборы — 170  
 Эффектный круг — 174  
 Эффекты световые — 174, 204

**Я**

Яркости на сцене — 201  
 Яркостный контраст — 97  
 Яркость — 9, 32, 108  
     " единица — 12  
     " измерение — 41

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	5
-----------------------	---

### А. А. Волькенштейн

#### I. СВЕТОТЕХНИКА

Глава 1. Основные светотехнические понятия . . . . .	7
Глава 2. Единицы измерения световых величин . . . . .	11
Глава 3. Графическое изображение светораспределения источников света и светильников . . . . .	13
Глава 4. Световые характеристики тел . . . . .	27
Глава 5. Световые измерения . . . . .	34
Глава 6. Некоторые сведения из оптики . . . . .	48
Отражение света . . . . .	—
Преломление света . . . . .	55
Линзы . . . . .	60
Построение изображений . . . . .	65
Основные расчетные формулы. Правило знаков . .	74
Оптические системы . . . . .	76
Примеры оптических систем . . . . .	77
Пример расчета оптики проектора . . . . .	83
Искажения оптическими системами . . . . .	87
Диафрагмы . . . . .	89
Глава 7. Свет и зрение . . . . .	92
Глава 8. Цвета . . . . .	104
Характеристики цветов . . . . .	—
Смешение цветов . . . . .	113
Цветовой контраст . . . . .	121
Светофильтры . . . . .	123

<i>Глава 9. Источники света . . . . .</i>	128
Лампы накаливания . . . . .	—
Дуговые лампы . . . . .	135
Ртутные лампы . . . . .	138
<i>Глава 10. Осветительные и проекционные приборы . . . . .</i>	141
Осветительные приборы . . . . .	—
Светильники . . . . .	142
Типы сценических светильников . . . . .	144
Прожекторы . . . . .	158
Типы сценических прожекторов . . . . .	163
Проекционные приборы . . . . .	170
Диапроекционные приборы . . . . .	—
Типы диапроекторов . . . . .	171
Приспособления к проектору для световых эффек- тов . . . . .	174
Проекция без оптики . . . . .	181
<i>Глава 11. Система сценического освещения . . . . .</i>	185
Системы освещения . . . . .	—
Цветное освещение . . . . .	193
Методы цветного освещения . . . . .	194
Цветные группы осветительных приборов . . . . .	196
Распределение яркостей и цветов на сцене . . . . .	197
Освещенности и яркости на сцене . . . . .	201
Приложение: Таблица световых имитаций . . . . .	204

А. П. Соколов

**II. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

<i>Глава 1. Сети . . . . .</i>	226
Неподвижная сеть . . . . .	—
Подвижная часть сети . . . . .	—
Задача сценической сети предохранителями . . . . .	231
Месторасположение предохранителей . . . . .	234
Предохранители для переносных приборов . . . . .	—

<i>Глава 2.</i> Расчет сценической сети . . . . .	235
Расчет на потерю напряжения . . . . .	—
Проверка на нагревание . . . . .	236
Линии к прожекторам . . . . .	—
<i>Глава 3.</i> Осветительные приборы . . . . .	237
Зарядка осветительных приборов . . . . .	—
Присоединение переносных приборов . . . . .	—
Ограждение световых раскрытий . . . . .	238
Провода для переносных приборов . . . . .	—
Штепсельные соединения . . . . .	—
<i>Глава 4.</i> Регулирование накала ламп . . . . .	239
Способы регулирования при постоянном и переменном токе . . . . .	—
Реостаты . . . . .	240
Расчет реостатов . . . . .	242
Автотрансформатор . . . . .	245
Устройство автогрансформатора . . . . .	—
Уход за автотрансформатором . . . . .	248
<i>Глава 5.</i> Сценические регуляторы . . . . .	250
Назначение регулятора . . . . .	—
Конструкция регуляторов . . . . .	—
Регуляторы с реверсивным ходом . . . . .	253
<i>Глава 6.</i> Управление сценическим освещением . . . . .	254
Место управления . . . . .	—
Индивидуальное и групповое управление . . . . .	—
Цветное освещение . . . . .	—
„Выпуска“, „колодцы“, штепсельные линии . . . . .	255
Освещение горизонта . . . . .	—
„Вырубки“ . . . . .	256
Схемы с контакторами . . . . .	257
Схемы с автотрансформаторами . . . . .	259
Особенность расфазовки при автотрансформаторах . . . . .	260
Обычные схемы . . . . .	—
Переключения . . . . .	261
<i>Глава 7.</i> Мероприятия для безопасности . . . . .	264
Освещение безопасности в малых театрах . . . . .	—

Освещение безопасности в больших театрах . . . . .	265
Управление освещением безопасности помещений . . . . .	267
Управление освещением безопасности зала . . . . .	—
Техника безопасности . . . . .	268
<b>Глава 8. Справочная страница . . . . .</b>	<b>270</b>
Обозначения электрических единиц . . . . .	—
Основные формулы . . . . .	272
Включение измерительных приборов . . . . .	275
 Приложение I. Таблицы . . . . .	277
I. Выбор труб Бергмана и газовых . . . . .	—
II. Выбор газовых труб для многоцветных линий к софитам . . . . .	278
III. Выбор плавких вставок для проводов с обычной резиновой изоляцией, прокладываемых не во взрывоопасных помещениях, при осветительной нагрузке . . . . .	279
IV. Допускаемые потери напряжения в сети . . . . .	281
V. Таблица моментов в киловаттметрах для системы 220/127 в (трехфазной) . . . . .	282
VI. То же. Система 380/220 в (трехфазная) . . . . .	284
VII. То же. Система 127 в (однофазная) . . . . .	286
VIII. То же. Система 220 в (однофазная) . . . . .	288
IX. Сила тока в амперах, в зависимости от напряжения и мощности . . . . .	290
X. Стартерные батареи на 12 в для освещения безопасности в небольших театрах . . . . .	292
 Приложение II. Проект правил устройства и эксплуатации электротехнических установок в помещениях для общественных собраний . . . . .	294
I. Область применения . . . . .	—
II. Определения . . . . .	—
III. Правила устройства . . . . .	295
IV. Правила эксплуатации . . . . .	306

**Н. П. Бойцов****III. ПАМЯТКА ТЕАТРАЛЬНОГО ОСВЕТИТЕЛЯ**

Задачи художественного освещения сцены . . . . .	308
Театральный осветитель-художник . . . . .	—
Театральный осветитель-мастер . . . . .	309
Подготовка к спектаклю . . . . .	310
Работа со светом . . . . .	313
Эскиз . . . . .	—
Заготовка и установка приборов . . . . .	—
Подбор светофильтров . . . . .	314
Последовательность в установке света . . . . .	—
Расположение светотеней . . . . .	315
Угол светотеней . . . . .	316
Переходы . . . . .	—
Проекции и световые эффекты . . . . .	317
Заключение . . . . .	318
Библиография . . . . .	319
Предметный указатель . . . . .	320

*Редактор  
А. Гатенян*

---

*Подписано к печ. 15/V—  
41 г. М 54337. „Искусство“  
№ 1354. Печ. л., 10½.  
Уч.-авт. л. 16. Тип. эн. в 1  
печ. л. 57152. Тираж 3000.  
Зак. № 1055.*

---

*Тип. им. Ивана Федорова,  
Л-д, Звенигородская, 11.*

