Д.Г. Исмагилов, Е.П. Древалёва

ТЕАТРАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ



Д.Г. Исмагилов Е.П. Древалёва

Театральное освещение

Москва ЗАО «ДОКА Медиа» 2 0 0 5

УДК 628.9+792 ББК 85.33 И 877

Исмагилов Д. Г., Древалёва Е. П. ТЕАТРАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. - 360 стр. Редакционная подготовка, концепция оформления, дизайн, компьютерная верстка ЗАО "ДОКА Медиа"

При содействии В.О. Шахматова, Е. Колтуковой, С. Деникина,А. Кокаревой.

Книга по театральному освещению предусматривает ознакомление с историей развития осветительного оборудования в театре, светотехническим комплексом театра, светотехникой, оптикой, понятиями о применении цвета, приёмами и способами создания художественно-светового оформления спектакля.

Книга, основанная на новейших достижениях отечественной и зарубежной театральной техники и технологиях, призвана помочь специалистам овладеть знаниями и практическими навыками.

© Д.Г. Исмагилов, 2005 г. Главы 1-3, 5-13, 15. © Е.П. Древалёва, 2005 г. Главы 4, 14. ©ЗАО "ДОКА Медиа", 2005 г.

ISBN 5-9900329-1-9

Авторы

признательны за помощь в издании книги компании ЗАО "ДОКА Медиа", Александру Фокичеву

Посвящается

художникам по свету Московского Художественного театра,

Заслуженному работнику культуры Абраму Максовичу Драбкину,

Заслуженному работнику культуры России Игорю Александровичу Ефимову,

Заслуженному деятелю искусств России Ефиму Леонидовичу Удлеру.

России



Л

*• %*

Профессиональное сценическое оборудование

"Даруй свет, и тьма исчезнет сама собой."

Эразм Роттердамский



Опера М.Мусоргского "Хованщина". Государственный Академический Большой Театр России. Художник по свету - Д. Исмагилов. Техническое оснащение - ЗАО "ДОКА Медиа".

[www.dokalight.ru](http://www.dokalight.ru)

Исмагилов Дамир Гибадрахманович, Древалёва Елена Павловна

ТЕАТРАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ: - М. ЗАО «ДОКА Медиа», 2005. 360 стр.

Ответственный за выпуск А. Таурас Редакторы О. Коновалова, Ю. Калачева Технические редакторы А. Сухорукова, М. Юмжапова Корректор Н. Пелепец Верстка С. Деникин (ООО «Лейер»)

ЗАО «ДОКА Медиа» ISBN 5-9900329-1-9

9785990032910

124482, г. Москва, г. Зеленоград, корпус 360 Тел. (095) 534-06-03,536-38-70 Факс (095) 536-58-87 e-mail: [light@doka.ru](mailto:light@doka.ru) <http://www.dokalight.ru>

Подписано в печать 15.08.2005 г. Бум. офсетная. Формат 60x90/16. Гарнитура NewtonC. Печ. л. 22,0. Тираж 1000 экз.



Авторы настоящего издания с 2000 г. и по настоящее время преподают разные разделы курса «Технология художественно-светового оформления» в Школе-студии при МХАТ им. А.П.Чехова Они являются ведущими специалистами в своей

области: Д. Исмагилов оформил более 250 спектаклей во МХАТ, Большом и других театрах, на счету Е. Древалевой около 50 спектаклей.

Д. Исмагилов является, кроме того, заместителем председателя Ассоциации художников по свету России. Книга «Театральное освещение» - результат осмысления личного опыта 25-летней работы в театре и попытка организовать преподавание курса в соответствии с современными требованиями к профессии. Это первое за более чем 60 лет издание для студентов театральных вузов, избравших световое оформление своей будущей профессией. Оно может быть также полезно всем тем, кто интересуется вопросами театрального освещения.

***1*** ш



Профессиональное сценическое оборудование

124482 Россия, Москва, Зеленоград, корпус ЗБО. Тел.: (095) 534-0217, 536-3498,534-0503, 53Б-3870. Факс: (095) 53Б-5887. E-mail: lightpdoka.ru Http://www.dokalight.ru.



w SI

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1

[Освещение сцены: исторический очерк8](#bookmark6)

Глава 2

Художественные задачи и приёмы сценического освещения

конца XIX — начала XX вв51

Глава 3

[Комплекс светотехнического оборудования сцены70](#bookmark13)

Глава 4

[Театральные световые приборы (ТСП) 80](#bookmark15)

[§ 1. Театральные светильники (ТС) 85](#bookmark17)

[§ 2. Театральные прожекторы 92](#bookmark20)

§ 3. Линзовые прожекторы 101

[§ 4. Профильные прожекторы 111](#bookmark25)

Глава 5

[Системы управления светом121](#bookmark30)

Глава 6

[Основные типы освещения134](#bookmark38)

Глава 7

[Освещение декораций141](#bookmark44)

[§ 1. Освещение фактур 141](#bookmark45)

[§ 2. Работа с одиночным источником света 143](#bookmark46)

[§ 3. Освещение лица 144](#bookmark47)

[§ 4. Освещение натюрмортов 153](#bookmark63)

[§ 5. Освещение плоскостных декораций 159](#bookmark74)

[§ 6. Освещение объёмных и рельефных декораций 162](#bookmark75)

[§ 7. Освещение павильонных декораций 165](#bookmark76)

[§ 8. Освещение тюля и аппликации 167](#bookmark77)

Глава 8

[Световая композиция 172](#bookmark81)

Глава 9

[Документация к световому оформлению спектакля184](#bookmark86)

Глава 10

[Архитектурное освещение199](#bookmark2)

Глава 11

[Смешение или сложение цветов211](#bookmark100)

Глава 12

[Психология восприятия цвета 221](#bookmark108)

[§ 1. Наука о цвете 221](#bookmark109)

[§ 2. Систематизация цветов 222](#bookmark110)

[§ 3. Любимые цвета 223](#bookmark111)

[§ 4. Восприятие цвета 224](#bookmark112)

[§ 5. Цветовые контрасты 226](#bookmark113)

[§ 6. Естественный порядок цветов 227](#bookmark114)

[§ 7. Цветовая гармония 227](#bookmark115)

[§ 8. Эмоционально-психологическое воздействие цвета 230](#bookmark116)

Глава 13

[Применение светофильтров для создания световых эффектов(на примере фильтров Rosco) 234](#bookmark119)

Глава 14

[Светотехника. Основные понятия и величины239](#bookmark121)

[§ 1. Световые и энергетические величины 250](#bookmark142)

[§ 2. Световые свойства материалов 264](#bookmark153)

[§ 3. Приёмники энергии излучения 269](#bookmark166)

[§ 4. Источники оптического излучения 279](#bookmark128)

[§ 5. Лампы накаливания (ЛН) 289](#bookmark184)

[§ 6. Разрядные лампы (РЛ) 298](#bookmark193)

[§ 7. Нетрадиционные источники света 316](#bookmark212)

[§ 8. Оптические детали 321](#bookmark222)

Глава 15

[Сценические световые эффекты 332](#bookmark244)

[§ 1. Театральные проекционные приборы 332](#bookmark245)

[§ 2. Проекционные экраны 339](#bookmark246)

[§ 3. Транспарантная проекция 345](#bookmark254)

[§ 4. Люминесценция на сцене 349](#bookmark256)

ПРИМЕЧАНИЯ353

[БИБЛИОГРАФИЯ354](#bookmark257)

[Перечень иллюстраций, фотографий, чертежей и рисунков,вошедших в первое издание книги 356](#bookmark258)

Глава 1

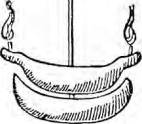
Освещение сцены: исторический очерк

Театр представляет собой единство сложных и разнообразных про­цессов и явлений. Его создают не только драматургия и игра актёров, но и декорации, звуковое оформление, театральная техника, художест­венное оформление зрительного зала, фойе, здания и, конечно, теат­ральный свет.

Свет в театре называют «главным волшебником». С его помощью ре­шается множество задач — от создания условий видимости на сцене до тончайшего психологического и физического воздействия на зрителей. Освещение декораций и костюмов позволяет выявить объём и фактуру, передать живописные нюансы, создать иллюзорные эффекты тех или иных материалов, тканей, трансформировать их цвет. С помощью света можно имитировать рассвет, закат или картину пожара, передавать тон­чайшие цветовые переходы, обогащая цветовое решение как спектакля в целом, так и отдельных актов, картин, эпизодов. Для обогащения об­разов действующих лиц подбирается художественный свет, выражаю­щий и подчёркивающий роль персонажа. Характерное освещение мо­жет акцентировать появление какого-либо героя или даже упоминание о нём. Театральный свет может выражать символические понятия и идеи (война, мир, тревога, угроза и пр.). Светом можно подчеркнуть и усилить драматургическое развитие сценического произведения, сю­жетные повороты, а также композиционные построения сценического действия (появление главных героев, новых лиц), с его помощью кон­центрируют и переключают внимание зрителей. Театральный свет со­здаёт оптические иллюзии глубины и ширины сцены, смещения пла­нов, движения неподвижных предметов и т.д. Все эти задачи могут быть решены разными способами и каждый раз по-новому, поэтому созда­ние световой среды спектакля можно назвать самостоятельным искусством.

В основе искусства театрального освеще­ния — постановочное освещение, представля­ющее собой комплекс светотехнических средств и приёмов, с помощью которых может быть воплощена та или иная идея, реализован сценографический замысел спектакля.

Л



Масляный светильникитальянского театраXVII в.

Место света в сценографии спектакля за­висит от технических средств постановочного освещения. В театре древней Греции, распола­гавшемся под открытым небом, существовало только естественное освещение, которое соче­талось с различными световыми эффектами, создаваемыми с помощью дыма и огня. Если по ходу действия требовалось изобразить пла­мя, под сценой разводили костры, и эти эф­фекты были достаточно хороши для своего времени.

Когда театр стал закрытым, потребовалось искусственное освещение. На ренессансной сцене (в итальянской опере, французских придворных празднествах) впервые начали применять цветное освещение для нарядной, богатой цветом иллюминации сцены и зри­тельного зала. Примером может быть хорошо известная постановка в 1513 г. при Урбинском дворе комедии кардинала Биббиена «Каланд- рия».

В самом начале XVI века в Италии по­явился театр с перспективными декорация­ми, в котором свет продолжал играть роль преимущественно нарядной иллюминации. Из трактата итальянского архитектора С. Серлио мы знаем, что верхний свет обеспе­чивали люстры с многочисленными восковы­ми свечами, подвешенные над сценой, а бо­ковое освещение создавалось отдельными ис­точниками света (свечи и масляные светиль­ники). На сцене источники света укрепля­лись так, чтобы свет проникал через промежутки между отдельными де­корациями и через окна передних фасадов. Серлио описывает и цветное освещение. Его получали, помещая перед источниками света прозрач­ные сосуды, наполненные разноцветными жидкостями. Например, раз­ные сорта вин окрашивали световой поток в красные и янтарные цвета, а для получения голубого света Серлио рекомендует смесь химикалий. За источниками света устанавливали медный отражатель, похожий на тазик брадобрея. В театре той поры использовались и сюжетные свето­вые эффекты, такие как, например, молния, которая получалась при помощи вспышки или особой ракеты, скользящей по натянутой прово­локе.

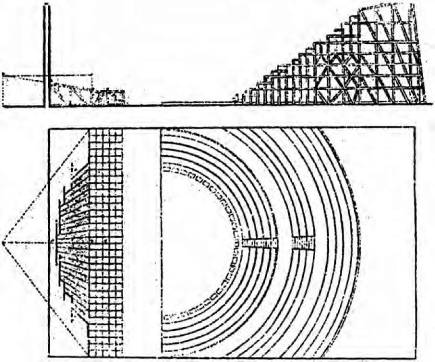
Сложившееся на придворных празднествах в Италии отношение к свету как к украшению сохранялось и в спектаклях при французском дворе. Выписанный из Пьемонта (Италия) скрипач Бальтазарини, на­значенный по воле Екатерины Медичи первым балетмейстером Пари­жа, поставил свой знаменитый «Комедийный балет королевы» («Цир­цея и нимфы») в 1581 г. на одном из придворных свадебных празднеств в зале Бурбонского дворца. Сцена и зал, пышно убранные, были залиты огнями свечей и масляных ламп, которые освещали роскошные костю­мы участников из золотой и серебряной парчи, расшитые драгоценны­ми камнями. Игра лучей на костюмах, драгоценных украшениях и бле­стящих декорациях вызвала аплодисменты у зрителей балета.



Люстра из трёх свечейитальянского театраXVII в.

В конце XV в. ренессансная сцена уступила место начальным фор­мам кулисной сцены стиля барокко. Сценическое движение ушло в глу­бину. Ставшие подвижными декорации начали активно участвовать в спектакле. Теперь они не только обозначали место действия, но и по­могали игре актёров, которые то появлялись на облаках, то спускалисьсредь дыма и огня в ад. Сцена, изображающая городской пейзаж, могла оказаться объятой пламенем или превратиться в бушующее море; ост­роумная театральная машинерия и сценическое освещение создавали для зрителей виды вечерней зари или восхода солнца. В условиях тако­го театра роль света сильно изменилась. Если в театре ренессанса сце­ническое освещение было преимущественно декоративным, то в конце XVI — начале XVII веков оно приобретает сюжетность и динамичность. Стремление к иллюзорности, способствовавшее появлению сцены-ко­робки, изменило и отношение к сценическому освещению. Так сложи­лись основные принципы общего освещения сцены, сохраняющие своё значение и в наши дни. Рампы, софиты, горизонтное освещение, под­светки и бережки — всё это, правда, на ином техническом уровне, уже было хорошо известно в начале XVII в. Изучались такие вопросы как расположение на сцене света и тени, усиление динамики действия при помощи света, положительные и отрицательные эффекты рампы.

Горожане в конце XVI в. обычно пользовались примитивными мас­ляными светильниками и свечами, реже — факелами и лучинами. Све­тильники представляли собой простой металлический резервуар для масла, в котором плавал круглый фитиль, прикреплённый к поплавку. Такие светильники давали очень скупое освещение, немилосердно ча­дили и к тому же гасли от малейшего сквозняка. Чтобы усилить освеще­ние, пользовались известными с древности светильниками с несколь-



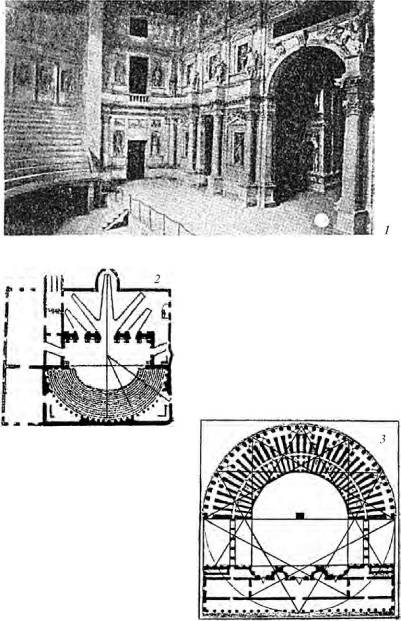
С. Серлио. План и разрез сцены и амфитеатра (опубликовано в 1545 г.)

кими фитилями. Последними усовершенствованиями масляных све­тильников были изобретения Леонардо да Винчи и И. Кардано. В 1480 г. Леонардо да Винчи сделал небольшую жестяную трубочку, которая по­мещалась над пламенем светильника. Охватывая верхний конец пламе­ни, эта трубочка увеличивала приток воздуха, и светильник горел ярче. Кардано в 1550 г. поместил фитиль сбоку резервуара так, чтобы масло постоянно притекало к концу фитиля. В 1756 г. в Париже Кенкет заме­нил жестяную трубку Леонардо да Винчи стеклянной.

Свечи употребляли двух видов: сальные и восковые. Восковые свечи были намного дороже сальных, их могли себе позволить лишь состоя­тельные люди. Техника изготовления нитяных фитилей и самих свечей была несовершенна, и они горели неравномерно. Воск или сало чрез­мерно плавились, из-за чего свечи обтекали и капали, а не полностью сгоравшие фитили чадили. Если жилища освещались очень скупо, то улицы с наступлением сумерек и вовсе погружались в полутьму. В 1667 г. на весь Париж, имевший тогда около тысячи улиц, было всего 2736 уличных фонарей. Поэтому театр того времени поражал зрителей ярким освещением, создаваемым множеством источников света в зрительном зале и на сцене. Уже одним обилием света достигалась пышность и на­рядность театрального зрелища. Фейерверки с ракетами, вспышками, длительно горящими разноцветными огнями были постоянными спут­никами придворных праздников.



С. Серлио. Декорации трагедии



Типы итальянских театров XVI века:

1. - внутренний вид Олимпийского театра в Виченце, арх. Паладио;
2. - план Олимпийского театра; 3 - план римского театра Даниэля Барбар

Основными источниками света для театра были свечи из белого вос­ка и масляные лампы. Лампы были значительно дешевле свечей, а что­бы избавиться от неприятного запаха, пользовались дорогими сортами растительного масла и даже подливали в него духи. Но стоило одной- двум лампам погаснуть, как по всему залу распространялся чад. Поэто­му предпочитали свечное освещение, гораздо более приятное для глаза. К тому же, какие чудеса производит живой, подвижный, переливаю­щийся свет свечей с человеческим лицом, заставляя глаза загадочно мерцать, а кожу нежно светиться! Но свечи имеют досадное свойство обтекать и капать растопившимся воском на исполнителей и зрителей. Тонкие и длинные свечи, обычные для театра того времени, подтаяв, перегибались, и воск стекал непрерывной струёй вниз, прямо на бога­тые одежды и сложные причёски знати. Техники-осветители того вре­мени сумели преодолеть этот недостаток. Для свечей были придуманы особые розетки, куда стекал тающий воск. А лампы дополнили вторым, нижним корпусом, куда стекали излишки масла из светильни. В зри­тельном зале масляные лампы, которые изготавливались из оцинкован­ной жести, укреплялись по несколько штук вместе в виде люстр.



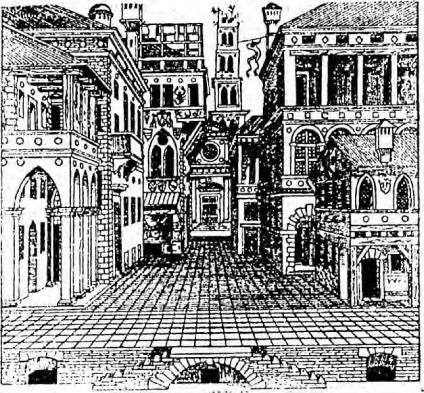
С. Серлио. Декорации сатировской драмы

Для свечей люстры делались из дерева и подвешивались на железной проволоке. Развешивали люстры с таким расчётом, чтобы они не заго­раживали от зрителя сцену, то есть преимущественно по бокам зритель­ного зала, по мере приближения к сцене — чаще, чтобы лучше её осве­тить.

Самому процессу зажигания огней в зрительном зале, приуроченно­му к тому моменту, когда зритель займёт свои места, придавалось очень большое значение. Н. Саббатини1 описывает три способа зажигания света в зрительном зале. Первый, называемый «мина», заключается в том, что свечи в люстрах зажигались при помощи так называемого по­рохового шнура — железной проволоки, обвитой фитилем, смоченным в легковоспламеняющемся составе. Проволока, протянутая через весь зал, проходила последовательно через фитили источников света. У кон­цов проволоки ставились служители. По сигналу пороховой шнур под­жигался с двух сторон, и по мере его сгорания зажигались светильники. Но этот способ был неудобен тем, что горящий фитиль часто обрывал­ся и затухал. Второй способ требовал немалого терпения зрителей и большого числа служителей в зале — по одному на каждую люстру. У служителя было две палки. На конце одной палки прикреплялась за­жжённая свеча, а на другой — влажная губка, которой тушили свечу, ес­ли она чадила, плавилась и капала на зрителя (такими палками с влаж­ной губкой долго ещё пользовались в театре). Каждую люстру с масля­ными светильниками зажигали три человека. Третий способ, самый надёжный, хотя и самый длительный, — это опускание люстр для зажи­гания и последующий их подъём до нужной высоты. Это было весьма эффектное начало спектакля.

Работники сцены той эпохи с помощью примитивных источников света и относительно простой осветительной аппаратуры добивались не только хорошей видимости сценического действия, но и решали худо­жественные задачи. Декорации были преимущественно объёмные, что делало выполнение этих задач очень сложным. Три варианта освещения сцены — фронтальное, контровое и боковое — имеют свои особеннос­ти. Свет, направленный из зрительного зала, то есть фронтальный, спо­собен сильно осветить сцену, но он же делает декорации плоскими, рас­плывчатыми и маловыразительными, уничтожая светотени. Контровое освещение создаётся концентрацией света на заднем плане. При этом передний план освещается очень скупо. Наиболее эффективно сочета­ние трёх способов: фронтальный свет даёт общее освещение, свет сза­ди — глубину, а освещение с боков, позволяющее правильно распреде­лить свет и тени, самым выразительным образом подаёт освещённые декорации. Добиваясь нужного освещения, следовало позаботиться также о том, чтобы источники света не мешали при смене декораций и действии машин и не падали при танцах на сцене — это грозило по­жаром. В процессе решения всех описанных выше задач освещения за­ла и кулисной сцены-коробки в театре начала XVII в. сложилась и в об­щих чертах дошла до наших дней система освещения.

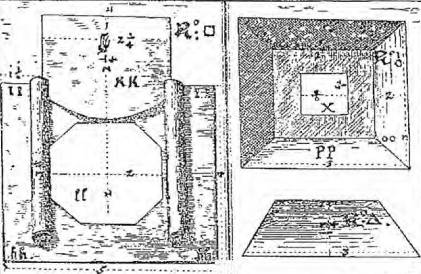
По описаниям немецкого архитектора Иосифа Фуртенбаха (1591— 1667), десять лет работавшего в Италии и хорошо знакомого с техникой придворных итальянских театров, можно составить впечатление о спе­циальных приборах, употреблявшихся для освещения сцены.2 У Сабба- тини, который много работал над усовершенствованием театральной техники, имеются более поздние, сравнительно с работой Фуртенбаха, достижения в этой области. Основными источниками света по Сабба- тини и Фуртенбаху были свечи и масляные светильники (в виде церков­ных лампад). Фуртенбах советует укреплять фитиль такой лампы на особых поплавках. Для устройства поплавков шесть небольших дере­вянных кубиков скреплялись проволочным кольцом. По его диаметру натягивалась вторая проволока с кольцом посредине, в которое пропу­скался фитиль. В нижнюю часть лампады подливали свежей воды, бла­годаря чему масло сгорало без остатка. На заправку масляной лампы требовалась всего четверть фунта растительного масла, а гореть она могла в течение двенадцати часов. По Фуртенбаху, пятьдесят таких ламп составляли достаточно хорошее освещение сцены. Лампы вставляли в металлическое кольцо, которое при помощи длинного винта крепи­лось в нужном месте. Чтобы предохранить от загорания деревянные стены, между ними и лампой оставляли зазор в два с половиной дюйма. Для увеличения яркости использовали отражатель. Фуртенбах рекомен­дует следующую конструкцию: вначале на стене за лампой или свечой укрепляется лист жести, на него накладывается лист сусального золота,



С. Серлио. Декорации комедии



а поверх него — такого же размера пластина слюды.



Приборы сценического освещения

11



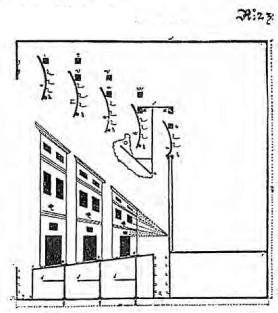
Помимо стационарных светильников использовали переносные ис­точники света в виде фонаря без передней и верхней стенки. Три боко­вые стенки имели рефлекторы из сусального золота. Фуртенбах упоми­нает также проекционный прибор, изобретённый в 1646 г. немецким иезуитом Афанасием Кирхнером и усовершенствованный в конце 1660- х годов. Техника того времени позволила создать систему освещения, которая обусловила дальнейшее развитие света на сцене-коробке. Уже существовали рампа, изобретённая около 1600 г., первый верхний со­фит и боковые портальные софиты (источники света, расположенные по верхней и боковым внутренним кромкам портала). Рампа (по Фур­тенбаху и Саббатини) размещалась на внутренней стороне оркестровой щели, называемой Фуртенбахом передним рвом.3 В позднейших рабо­тах Фуртенбаха рампа перенесена на обрез самой кулисной сцены-ко­робки, где и остается поныне. По Саббатини рампа располагается за щитом, отнесённым от сцены на один фут (0,3048 м). Щит, прикреплён­ный к стене и проходящий вдоль внешнего обреза сцены, выше её на полфута. Источниками света служат масляные светильники. Фуртенбах упоминает о свечном рамповом освещении, а также об оборудовании отражателей, позволяющих сделать освещение интенсивнее. Фуртенбах считает устройство рампы очень важным для освещения сцены, а Саб- батини, ссылаясь на свой опыт, утверждает, что при освещении рампой перспектива получается тёмной, отчего действие на сцене скорее про­игрывает, чем выигрывает. Для усиления освещения сцены можно было бы использовать многофитильные масляные лампы. Но тогда лампы ослепляли бы актёров, мешая им играть, чад горящего масла стал бы не­стерпимым, а густая завеса копоти скрыла бы от зрителей сцену. Светрампы, выигрышно освещая костюмы актёров, в то же время делал их лица бледными и искажёнными, как если бы они, по словам Саббати- ни, «только что перенесли лихорадку». Рампа подвергалась резким на­падкам, но, несмотря на это, долгое время, наряду с верхними и боко­выми приборами, помогала созданию равномерного освещения сцены и необходимой освещённости первых планов.

В театре XVII в. встречалось также софитное освещение. В своей ранней (1628 г.) работе Фуртенбах упоминает о том, что на боковых пор­тальных щитах со стороны сцены устанавливались масляные лампы или свечи. Верхние горизонтальные софиты находились за порталом и по отдельным планам. Портальный софит, по Саббатини, располагался на внутренней стороне герба и фестонов, укреплённых на передней короб­ке «неба». Здесь устанавливали множество ламп, скрытых от зрителя и освещавших «небо» и сцену в целом. В другой работе Фуртенбаха (1640 г.) приведена схема расположения стеклянных масляных ламп за каждой кулисой и падугой. Для подсветки использовались скрытые от зрителя источники света, установленные в проходах на каждом плане. Такие подсветки можно было спрятать за отдельными деталями — все­возможными трубами и облаками. Светильники укрепляли иногда на шестах, пропущенных через планшет. Шесты с помощью откосов при­крепляли к стенам, чтобы свечи не падали «при танцах и прыжках». Ис­пользовался также трёхстворный переносной фонарь.

Сцена начала XVII в. имела так называемый задний ров, дававший дополнительные возможности для её освещения. Перед самым задни­ком во всю ширину сцены устраивался большой ров, закрывавшийся досками. Когда было нужно, доски снимались, и на фоне задника де­монстрировались декоративные фигуры, которые приводились в дви­жение изо рва. На стенках рва размещали масляные лампы или пере­носные фонари для более равномерного освещения задника, располо­женной за ним арьерсцены и движущихся фигур. Фуртенбах, описывая, как устраивалось нижнее и горизонтальное освещение в заднем рву, по­казывает ряд приёмов. Он, например, советует укреплять источники света в заднем рву на шестах, вращающихся с помощью привода-верёв­ки вокруг своей оси. Вращаясь согласно с игрой актёра, светильники помогали создавать ритмизованное сценическое действие. Саббатини предлагает ритмический рисунок света, когда одновременно с движе­нием декоративных волн общее освещение сцены затемняется или уси­ливается. Он описывает, как при нижнем горизонтном освещении со­здавался эффект утренней зари. Для этого источники света размеща­лись под сценой около задника и прикрывались доской. При затемнён­ном общем освещении сцены эту доску постепенно приоткрывали. Лампы, расположенные под сценой, начинали освещать разрисован­ный задник. Когда доска открывалась целиком, общее освещение сце­ны усиливали. При полном «дневном» освещении сцены люк вновь за­крывали доской. Приём с нижним горизонтным освещением эффекти­вен, если задник имеет постоянное расположение. Когда при смене де­кораций стали пользоваться живописными полотнами-задниками, раз­вешанными на разных планах, от него отказались. К этому приёму вер­нулись в конце XIX в. с появлением на сцене мягких и жёстких горизон­тов, укреплённых на постоянном месте.

Особое внимание в световом оформлении спектакля начала XVII в. уделялось освещению облаков, поскольку они служили декоративными станками, на которых с неба спускались мифологические персонажи. Лампы (свечи) могли помещаться в ящике, декорированном под обла­ко, или за отдельными слоями облаков, но так, чтобы зритель не видел пламени источника. Чтобы лампы или свечи не коптили, на них уста­навливались вытяжные трубы Леонардо да Винчи. Фуртенбах показы­вает устройство облака-ящика. Внутренняя часть прибора, сделанная из листовой меди, до блеска начищалась толчёным кирпичом. В задней стенке делалось отверстие, за которым помещали свечу. Перед свечой в ящике укреплялся стеклянный сосуд с цветной жидкостью для окра­шивания луча. Вокруг сосуда располагались стилизованные лучи (у Фуртенбаха их шестнадцать). Чтобы лучи ещё ярче играли от света, проходящего через стеклянный сосуд, его вращали с помощью желез­ного прута. Сосуд представлял собой собирательную линзу: одна его стенка была выпуклой, а другая вогнутой. Эта остроумная находка представляет собой первую попытку устройства простейшего линзово­го прожектора.

Имитация молнии создавалась несколькими способами. Один из них описан Саббатини. В доске шириной в один фут делался зигзагоо­бразный распил. Обе зигзагообразные половинки в сложенном виде ук­реплялись на обратной стороне задника. При этом верхняя часть за­креплялась неподвижно, а нижняя опускалась на три пальца вниз. Про­тив этой доски устанавливали другую доску с укреплёнными на ней све­чами. Нижняя часть-зигзаг быстро двигалась вверх и вниз, благодаря чему создавался нужный эффект. Существовал и более простой способ. В доске, укреплявшейся

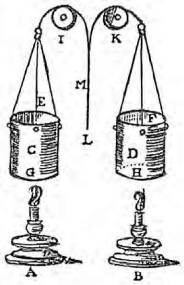


на заднике, предвари- ^ W^tfwufcj тельно выпиливали изо- С/ бражение молнии. По­лучившееся зигзагооб­разное отверстие снаб­жалось заслонкой, кото­рую быстро снимали и вновь ставили на мес­то. У Фуртенбаха опи­сывается и третий спо­соб, не требующий ме­ханических устройств: вспышки особого по­рошка, называемого им колофонием, в состав которого входил порох. Осветитель одной рукой сыпал колофоний на пламя свечи, зажатой между пальцами другой руки. При некоторой сноровке быстрым пе­ремещением свечи Схема размещения верхнего освещения сценыможно было получить длинные всполохи пламени. Чтобы не обжечься, на ладонь ставили железную коробочку, в которую падал горящий поро­шок.

Работники сцены того времени при отсутствии мощных источников света создавали световые эффекты с помощью довольно большого от­крытого пламени. Существовавший опыт применения в мистериальном театре и в представлениях на открытом воздухе костров, факелов и смо­ляных бочек был адаптирован к условиям сцены-коробки. Саббатини объясняет, как устроить «пылающую сцену» с помощью старого холста. Незадолго до спектакля на декорациях, изображающих фасады домов, развешивали пропитанные вином холсты. Около каждой декорации стоял человек со свечой, по сигналу зажигавший холст. Горящие деко­рации начинали вращаться, что усиливало зрелищность. Такого рода опасные приёмы, требовавшие предельной осторожности от служите­лей и, вероятно, немалой самоотверженности от исполнителей, риско­вавших получить тяжёлые ожоги, находили довольно широкое приме­нение. Например, чтобы изобразить грешника, горящего в аду, актёра помещали в открытый люк, на передней и задней кромке которого бы­ло открытое большое пламя. Саббатини рассказывает о ещё более рис­кованном с точки зрения пожарной безопасности способе представле­ния ада. Под сценой по углам большого открытого люка стоят четыре «сильных и энергичных человека. Каждый из них снабжён горшком, в котором варят пищу». В донышке горшка делали отверстие, через ко­торое пропускали палку факела так, чтобы его пламя горело над горш­ком. Горшок наполнялся смесью смолы и пороха, сверху его накрывали

плотной бумагой с дырочками. Факел с горшком брали рукой и выставляли из люка, периодически потряхивая, отчего возникали вспышки пламени.

Эффект затемнения сцены создавал­ся двумя способами. Наиболее простой заключался в том, что люк, в котором размещались лампы или свечи, прикры­вался доской-заслонкой. В театрах с масляным освещением этот способ с заслонкой можно было застать даже в начале XX века. В более сложном ва­рианте использовались особые колпач­ки из оцинкованной жести, которые на верёвках опускались над пламенем све­чи так, чтобы оно не потухло вовсе. Колпачки имели отверстия, через кото­рые выходил дым. Концы верёвок для одномоментного затемнения сводились в одном месте.



Приспособление для затемнениясвета в итальянском театреXVII в. (по Саббатини)

***й***

Сравнительно скромные возможнос­ти осветительной техники того времени дополнялись в бутафории, костюмах и осветительных приборах украшения­ми из сусального золота и меди. Наряд­ 19ный блеск, игра лучей масляных ламп и свечей были характерны для пышного театрального зрелища времён барокко.

Достижения техники итальянской сцены (теларий\*, монтировочные и световые проёмы) нашли признание и в других странах.

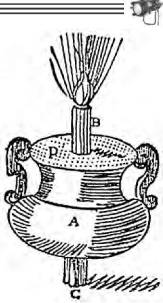
\*Теларий — это сценический механизм, представляющий собой трёхгранные приз­мы, вращающиеся вокруг вертикальной оси. Нижний конец оси опущен в трюм и соеди­нён приводными канатами с барабаном лебёдки поворота. Так как на каждой грани изо­бражён фрагмент оформления, то при одновременном повороте всех призм с помощью лебёдки происходит полная смена оформления. Эффект усиливается сменой замыкающе­го общую перспективу задника (на откатных рамах — в театре XVI — XVII вв., подъёмно­го — в современном театре). Предшественниками этих устройств были так называемые пе- риакты античного греческого театра — трёхгранные призмы, вращавшиеся вокруг оси. На каждой грани изображались фрагменты оформления. Под названием теларии они бы­ли возрождены в итальянском театре XVI в. известным театральным художником и маши­нистом Буоналенти.

В Германии много сделал Фуртенбах, не только давший описания сценического оборудования, но и на практике осуществлявший и раз­вивавший идеи итальянских работников театра. В английском театре идеи итальянцев осуществлял известный архитектор Иниго Джонс, по­бывавший в Италии. Он усовершенствовал конструкцию сцены, введя портальную раму и систему теларий (1605 г.), и внес ряд изменений в практику сценического освещения. До Джонса в театре английского двора уже пользовались световыми эффектами. Общее освещение обес­печивалось сальными и восковыми свечами, а также масляными лампа­ми с плавающими фитилями. Свечи крепились в люстрах, которые под­вешивались на протянутой через зал проволоке. Каждая люстра имела 24 разветвления с 4 свечами на каждом. По бокам сцены иногда стави­ли слуг, держащих зажжённые светильники. Для создания световых эф­фектов применялись бенгальские огни, смоляные факелы, использова­лись аналогичные итальянским приёмы изображения адского пламени, огнедышащей пасти сказочного чудовища. Игру лучей усиливал блеск золотой и серебряной парчи, драгоценных камней, украшавших бога­тые костюмы. Иниго Джонс разработал новые сценические эффекты и применил рефлекторы для усиления общей освещённости сцены. Сложившийся в начале XVII в. приём освещения сцены с помощью рампы в Англии появляется значительно позже, в середине XVIII в., при великом трагике Дэвиде Гаррике, в бытность его директором лон­донского театра Друри-Лэйн. Конец XVIII в. ознаменован сложившей­ся системой театрального освещения с использованием источников, скрытых за кулисами и падугами.

Французский театр XVI — первой половины XVII в. также испытал большое влияние итальянского театра. Множество итальянских худож­ников, музыкантов, архитекторов, актёров работало тогда во Франции (в том числе С. Серлио, издавший в 1545 г. в Париже свой трактат о те­атре). Франция воспринимала все новейшие по тому времени достиже­ния театральной техники, которые только появлялись в Италии. Так, в 1596 г. в Нанте появилась сцена-теларий, которую оборудовал Руджи- ери. В XVII в. итальянский архитектор Алеонтти создаёт кулисную сце­ну, и в Париж для развития новой техники приезжает его ученик де Фа-но. «Маг и чародей» тогдашней театральной машинерии Дж. Торелли, пригласивший де Фано, совершенствовал технику простран­ственной сцены.

В феерических оперно-балетных и ин­термедийных постановках, для которых и задумывалась сцена-коробка, с их оше­ломляющей пышностью, свет играл очень большую роль. Кроме свечей и масляных ламп употреблялись фейерверки, бенгаль­ские огни, факелы. Пиротехника, заим­ствованная из празднеств на открытом воз­духе, применялась до конца XIX в. Только пиротехнические средства могли в те вре­мена дать по-настоящему мощное освеще­ние. Световые эффекты фейерверков в спектаклях XVII века в какой-то мере предвосхищали проекционные эффекты современного театра. Фейерверки были не только своеобразным видом искусства, но и областью прикладной науки. Так, Прибор для изображения в России устройством фейерверков занима- адского пламени в лась Академия наук. Российские учёные итальянском театре XVIIв. (Ломоносов, Крузиус, Юнкер и др.) состав- (по Саббатини) ляли программы фейерверков, задумывали

и схематически изображали фигуры, в которые должны были слагаться пиротехнические огни. Фейерверки сжигались на плоту, напротив зда­ния Академии наук, в присутствии зрителей, сверявшихся с печатными иллюстрированными программами, которые иногда писались в стихах.

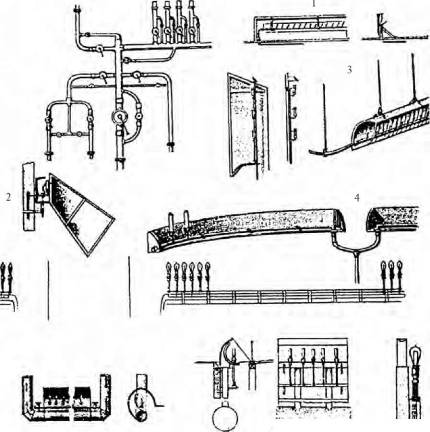


Во Франции XVII в. роскошные придворные оперно-балетные спек­такли могли устраиваться и в закрытых залах, и в дворцовых парках. На открытом воздухе в качестве декорации использовалась парковая зе­лень. Среди деревьев и кустов развешивали и устанавливали масляные светильники, канделябры со свечами, факелы, жгли костры, бенгаль­ские огни, запускали фейерверки. В драматическом театре пользова­лись теми же световыми эффектами (горящими звёздами, молниями, бенгальскими огнями и фейерверками), а также приёмами затемнения сцены, если было нужно изобразить ночь. Но техника освещения дра­матического театра была гораздо скромнее, чем в придворных спектак­лях, и, конечно же, уступала итальянскому театру. Так, общее освеще­ние сцены и зрительного зала во французском театре времён Расина и Мольера устраивалось с помощью сальных или восковых свечей и масляных плошек, а люстры, в которых закреплялись свечи, без осо­бенных затей висели по бокам портала и на его верхней кромке, а то и на самой сцене. За тем, чтобы растопившееся сало или воск не капа­ли вниз, на публику и актёров, следили особенные служители — люст- ровщики, ловкости которых иногда даже аплодировали. Обычно пред­ставления освещались очень скупо. Лишь на особо торжественных спектаклях сальные свечи заменяли восковыми, и их количество на сцене могло доходить до семисот. Свечи были желанным подарком теа­тру от мецената. О дороговизне свечного театрального освещения мож­но судить по тому факту, что в молодости Мольер сидел в тюрьме за долг продавцу свечей.

Классическая трагедия, утвердившаяся во второй половине XVII в., не нуждалась в световых эффектах, характерных для итальянского оперного театра времён барокко. Зрелищность спектакля, далёкого от реалистической конкретности, в котором основное значение придава­лось приподнятой декламации исполнителя, заключалась в богатстве костюмов, а чтобы показать их, было достаточно скромного общего ос­вещения. Комедии Мольера, написанные на жизненные сюжеты, также имели очень скупое световое оформление. Почти полное отсутствие ре­алистических (и сопряжённых с опасностью возгорания) световых эф­фектов было отчасти связано с тем, что зрители в театре 1650-х годов за особую плату могли иногда сидеть на сцене, по бокам просцениума, где играли актёры. Однако нельзя сказать, что от световых эффектов отка­зались вовсе. В театре кардинала Ришелье в 1641 г. при постановке тра­гикомедии «Мирам» все пять актов шли в одной декорации, но зато с помощью света вечер на сцене сменялся лунной ночью, а утренняя за­ря — полуднем.

Со второй половины XVII в. и на протяжении всего XVIII в. для оперно-балетных спектаклей строились специально спроектиро­ванные театральные здания с кулисной сценой-коробкой, получившей дальнейшее развитие. Блистательные спектакли, ошеломлявшие зрите­ля волшебными превращениями, полётами в поднебесье и провалами в преисподнюю, требовали дополнительных сценических помещений, откуда бы быстро подавались и куда убирались бы декорации. Были придуманы верхняя сцена и глубокий трюм с приспособлениями для разного рода перемен. В начале XVII века в итальянском театре появи­лось деление сцены на планы, что и определило требования к соотно­шению глубины, ширины и высоты сценического объёма. Важно, что­бы при любой ширине сцены (измерение по горизонтали) имелись до­статочная высота (вертикальный размер), чтобы убрать декорацию вверх за портальный обрез или вниз, в трюм сцены, и глубина, чтобы по планам сцены расположить живописные арки, дающие ощущение сце­нической перспективы. Каждая арка имела собственную осветительную установку, что позволяло равномерно осветить сцену, избежать появле­ния теней от кулис и других арок на заднике. Систему общего освеще­ния, зачатки которой встречаются ещё в описаниях Фуртенбаха, состав­ляли: 1) портальная световая рампа (рампа, расположенная на авансце­не, источники света, укреплённые на внутренней стороне боковых пор­талов, и линия источников, расположенных за арлекином); 2) источни­ки света, укреплённые по бокам сцены на каждом плане, и верхние ис­точники света, расположенные в линию за каждой аркой. В XVIII в. та­кое расположение света окончательно утвердилось на кулисной сцене- коробке. Система арочного освещения в наши дни — основа освещения сцены в подавляющем большинстве театров.

Романтический театр рубежа XVIII—XIX вв., стремившийся к боль­шей реальности сценических образов, к быстрой смене места действия, соблюдению колорита времени и места, потребовал и большей подвиж­ности сценической техники для частых смен декораций в сравнении



У

Приборы газового освещения и первые опыты применения электрических лампнакаливания. Среди них: распределительное устройство газового освещения (1);"рефлектор" (2); софит (3) и рампа газового освещения (4)

с классическим театром с его стандартным оформлением и «единства­ми». Чрезмерная условность в освещении сцены не удовлетворяла ро­мантиков. Так, один из основателей немецкого романтического театра Людвиг Тик (1773—1853) писал, что нижнее освещение от рампы и бо­ковое из-за кулис высвечивают преимущественно задние планы, тогда как в реальности свет падает сверху, а ближайшие предметы освещены ярче отдалённых. Тени от освещения на сцене не соответствуют по рас­положению теням, изображенным на декорациях.4 Осветительная тех­ника того времени не позволяла решить новые задачи художественного освещения. Но научно-технический прогресс коснулся и источников света. В конце XVIII в. были значительно усовершенствованы масляные светильники и появилось газовое освещение. В 1786 г. Лебон во Фран­ции впервые осветил жилище газовой лампой, и уже в 1792 г. шотланд­ский инженер Вильям Мердок осветил фабрику в Редруте. В 1803 г. он же оборудовал фабричные здания в Бирмингеме, а в 1805 г. устроил га­зовое освещение в 3000 рожков на нескольких бумагопрядильных фаб­риках. Газовое освещение широко распространилось в XIX в. Помимо того, что оно было технически совершеннее старинного масляного и свечного, его стоимость была втрое дешевле масляного и почти в во­семь раз — свечного. Со второй половины XIX в. велись интенсивные работы в области электричества вообще и электрического освещения в частности. В последней четверти XIX в. была изобретена динамо-ма­шина, усовершенствована дуговая лампа, а в 1879 г. Томас Эдисон изо­брёл лампу накаливания.

В театре газовым освещением стали пользоваться, начиная со второй четверти XIX в. Одновременно с ним применялся так называемый друммондов свет (подробнее о нем будет рассказано далее), а в 1860-е годы на сцене Парижской оперы использовали дуговую электрическую лампу. С конца XIX в. электричество вытесняет газовое освещение. Од­нако новые источники света входили в театральную практику постепен­но, и на протяжении всего XIX в. сосуществовали с известными ранее. Например, в 1871 г. французский архитектор Шарль Гарнье, описывая устройство сцены, называет шесть видов света, которые тогда одновре­менно могли применяться в одном и том же театре: электричество, друммондов свет, газ, масло, свечи и бенгальские огни.5 Только столич­ные театры, имевшие возможность завести специальные агрегаты, мог­ли оборудовать газовое, а позднее электрическое освещение. В боль­шинстве городов не было газовых заводов и электрических станций, и провинциальные театры продолжали пользоваться масляными лампа­ми и разве что одной-двумя дуговыми электрическими лампочками, питаемыми от аккумуляторов. В 1890 г., когда императорские театры и в Москве, и в Петербурге уже перешли с газа на электричество, в Минске построили новый театр, который по старинке имел масляное освещение, дополняемое «только одним электрическим фонарём в 50

элементов и светом до 300 свечей».



***Переносной*** прибор газовогоосвещения

Различные источники света обла­дают разными характеристиками, разной сценической выразительнос­тью. Если для общего освещения могли служить масляные лампы и газ, то для более мощного локали­зованного освещения, имитирующе­го, например, солнечный луч, поль­зовались друммондовым светом и электричеством. Иногда и при на­личии электрического освещения для создания эффекта горящего ка­мина пользовались газом из специ­альных баллончиков, дающим колеб­лющееся пламя в отличие от ровного спокойного света электрической лампочки. Даже от свечного освеще­ния, несмотря на его архаизм, в кон­це XIX в. не отказались полностью. Так, в электрифицированном Ми­хайловском театре Петербурга на случай длительной аварии на электри­ческой станции сохранялись свечные бра по выступам лож. Их зажига­ли во время парадных спектаклей и не тушили в продолжение представ­ления, создавая атмосферу пышного придворного празднества.

Освещение изменяет цвета декораций, костюма, грима. Поэтому живописные декорации пишутся при том искусственном освещении, при каком они будут восприниматься на сцене. Набор гримёрных кра­сок делается в расчете на искусственное освещение, отчего лицо, загри­мированное обычными театральными красками, при дневном освеще­нии выглядит нарочито размалёванным. Удачное освещение грубой фактуры драпировок и костюмов создает эффект драгоценных тканей, а тусклая клеевая живопись может заиграть яркими солнечными крас­ками.

В практике театрального освещения огромное значение имеют спек­тральные характеристики источников света. У разных источников раз­ные спектры, т.е. в их излучении цвета присутствуют в разном соотно­шении. От этого соотношения цветов зависит видимая глазом окраска луча. Например, в спектре пламени свечи по сравнению со спектрами Солнца и электрической лампы больше жёлтых, оранжевых и красных цветов и меньше синих, зелёных и фиолетовых, поэтому её пламя для глаза желтее, чем электрический или полуденный солнечный свет. Во­обще, чем выше температура источника излучения (пламя, нить нака­ливания и т.п.), тем меньше красная часть его спектра. Свет электриче­ской лампы кажется более белым, чем пламя свечи, т.к. температура вольфрамовой нити накаливания много выше температуры свечного пламени.

Таблица 1

Температуры различных источников света

|  |  |
| --- | --- |
| Источники света | Температура, °К |
| Пламя свечи | 1700 |
| Керосиновая лампа | 1850 |
| Газовый фонарь | 1875 |
| Газокалийная лампа | 2000 |
| Лампы накаливания: | 2150 |
| с угольной нитью | 2760 |
| с вольфрамовой нитью | 3200 |
| Электродуговая лампа | 4200 |
| Газоразрядная лампа | 5500 |
| Солнце | 6000 |

В старинных декорациях, освещавшихся масляными лампами или свечами, преобладают тёплые жёлто-коричневые тона. При слабом ос­вещении не имело смысла воспроизводить всё цветовое богатство, до­ступное человеческому глазу при дневном свете. В жёлтом свете масля­ных ламп и свечей голубые тона, например, становились грязно-серы­ми, а синие краски — чёрными. Газовый свет давал, по отзывам совре­менников, своеобразную тёплую окраску живописным декорациям. Но тона, воспринимавшиеся при свете масляной лампы как голубые, при освещении газом приобретали зеленоватый оттенок. Следователь­но, перемена освещения требовала изменения палитры декоративного оформления.

Другая задача театральной практики освещения при смене источни­ка света — способ изменения светового потока и связанное с этим регу­лирование освещённости сцены. При свечном и масляном освещении для этого применялись заслонки и колпачки, которые полностью или частично закрывали пламя, погружая в темноту сцену целиком или её отдельные участки. Этот простой способ не всегда позволял добиться нужного характера затемнения сцены и, кроме того, не давал возмож­ности централизовать управление. Газовое освещение позволило сосре­доточить управление светом в одном месте. Отдельные осветительные участки имели свои газоподводящие линии, проходящие через цент­ральный регулятор — так называемый газовый стол. Достаточно было уменьшить подачу газа в линию, повернув кран, и каждая горелка начи­нала гореть слабее. При этом световой поток уменьшался плавно и по­степенно, управление освещением осуществлялось скрытно от зрителя. Если бы горелки погасли полностью, их пришлось бы поджигать снова на глазах у публики. Поэтому газ продолжали подавать в трубы так, что каждая горелка продолжала светиться крохотным огоньком, который из-за его голубого цвета и малого размера называли «незабудкой». При электрическом освещении затемнение делается с помощью реоста­та — добавочного сопротивления, которое, снижая напряжение в лам­пе, уменьшает накал нити и световую отдачу. Электрический свет мож­но выключить полностью.

Работающие осветительные приборы повышают температуру в по­мещении. Нагревательная способность светильников зависит от их конструкции. В 1800 г. в Париже Карсель изобрел лампу с часовым ме­ханизмом, который регулировал подачу масла, обеспечивая равномер­ное горение. Количество тепла, выделяемое в единицу времени этой лампой, было принято за эталон, и тепловыделение других источников света с начала XIX в. стало оцениваться относительно лампы Карселя.

Таблица 2

Сравнительное тепловыделение различных источников света

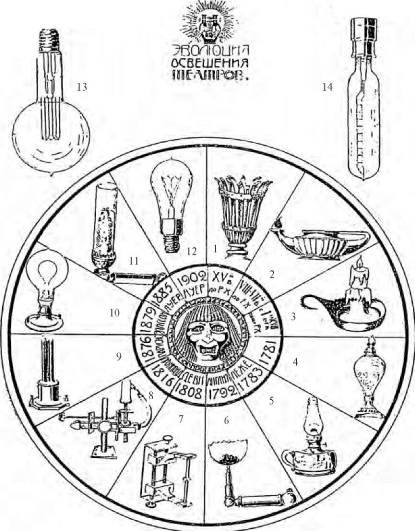
|  |  |
| --- | --- |
| Источник света | Теплотворная способность в относи­тельных единицах |
| Сальная свеча | 2 |
| Восковая свеча | 1,8 |
| Газовый фонарь | 1,25 |
| Масляная лампа | 1 |
| Лампа накаливания с угольной нитью | 0,12 |

ИСТОРИЯ ТЕАТРАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ аооо влгт

Техника театральной сцены

1. - железная корзинка с хвойными ветвями (XVв. до н.э.); 2 - масляная лампа(VIII-VIIвв. до н.э.); 3 - свечи сальные, восковые и стеариновые (1в. н.э.);

4 - лампа двойного пламени с эфиром (1781 г.); 5 - пиронафтовая лампа (1783 г.);6 - первая разрезная горелка (1792 г.); 7 - первая попытка созданияэлектрического солнца В. В. Петровым (1808 г.); 8 - друммондов свет (1816 г.);9 - первый электрический фонарь в зрительном зале СПб. Большого театра(1876 г.); 10 - электрическая лампа Лодыгина с угольным волоском (1879 г.);



***I*** ***0<lj г.***

IOOC БОчХТ

1. - газовая горелка со стеклянным цилиндром (1885 г.); 12 - лампа "Вольфрам "с металлической нитью (1902 г.); 13 - газонаполненная лампа мощностью2000 Вт; 14 - цилиндрическая лампа мощностью 1000 Вт

В XIX в. продолжали пользоваться восковыми и сальными свечами. Восковые свечи были, как уже говорилось, дороги и употреблялись пре­имущественно на придворной сцене. Фитиль сальных свечей, сделан­ный из некручёных ниток, дымил. Его кончик, не успевая сгореть, опу­скался на свечу, свеча оплывала и распространяла неприятный запах. Стеариновые свечи, появившиеся в 1834 г., получили незначительное распространение в художественном освещении сцены, так как к этому времени появилось и газовое освещение.

Газовые горелки, употреблявшиеся в театре, первое время имели от­крытое пламя, постоянно дрожавшее от движения воздуха. Это лёгкое колебание освещения составляло характерную особенность спектаклей того времени. В 1873 г. Арганд усовершенствовал масляное освещение. Он изобрел круглую горелку и защитный стеклянный цилиндр. Лампы стали более удобными, их горение — более равномерным, а свет — бо­лее ярким. Однако они требовали заправки, которая в целях пожарной безопасности делалась в особо отведённом для этого месте. Масло дур­но пахло и оставляло пятна, а на разлившемся масле можно было по­скользнуться. Если фитиль был обрезан неровно, лампа начинала коп­тить, распространяя удушливый запах, а то и гасла. Но самым большим недостатком масляного освещения был трудно регулируемый режим го­рения. Свет ламп за кулисами небольшого театра можно было ослабить, опустив фитили, однако в большом театре, где нередко горели сотни ламп, этого сделать было нельзя. Ещё сложней было с лампами, распо­ложенными за падугами, в рампе и в центральной люстре зрительного зала. Приходилось пользоваться громоздкими заслонками или ширма­ми, вращающимися вокруг ламп; их грохот или невыносимый скрип досаждали зрителям. Свет в зрительном зале, как правило, во время представления не тушили. Если же требовалось затемнение, то в боль­ших театрах люстру поднимали в чердачное помещение через специаль­ное отверстие в потолке, отчего затемнялись и сцена, и зрительный зал. В этом же помещении лампу заправляли маслом до начала спектакля.

При помощи цветных стёкол и ширм из шёлка или газа меняли цвет­ность освещения, закрывая ими лампы. Чаще употреблялись два цве­та — зелёный, чтобы создать эффект лунного и вообще вечернего осве­щения, и красный — для создания впечатления пожара или зари. Ино­гда цветные ширмы располагали перед рампами или укрепляли их та­ким образом, чтобы можно было управлять движением из суфлёрской будки с помощью особого рычага. В этом случае, как и при затемнении сцены, эффект портился шумом, сопровождавшим движение ширм.

В 1803 г., когда шотландский инженер В. Мердок провёл газовое ос­вещение на фабриках в Бирмингеме, немецкий техник Ф. Винзер при­менил его в лондонском театре «Лицеум». Это был первый опыт газово­го освещения в театре. Газовые горелки давали гораздо больше света, чем свечи или масляные лампы. К началу второй четверти XIX в. газо­вое освещение было уже во многих театрах Западной Европы и Амери­ки. Добыча природного газа ещё не была развита, и газ (смесь угарного газа СО и водорода) получали из масел, а в 1840-х годах наладили его производство из каменного угля. Первое время немногие из театров бы­ли связаны магистралью с газовыми заводами. Остальные оборудовали собственные небольшие установки или пользовались газом в перенос­ных баллонах, поставлявшихся с газовых заводов.

В России газовое освещение впервые появилось в 1812 г. в частной квартире, а в 1817 г. — на фабриках Александровской мануфактуры. Первый в России спектакль при газовом освещении был сыгран в 1825 г. в Новом театре у Чернышева моста в Петербурге. При театре были по­строены специальные помещения с оборудованием для выработки газа, проведены магистрали и ответвления газопроводов, установлены газо­вые горелки. К сожалению, этот опыт оказался очень недолговремен­ным, так как через два месяца после открытия Новый театр сгорел. Предубеждение против газового освещения задержало широкое его ис­пользование в театральной практике. Лишь в 1860 г., когда в Петербур­ге уже был построен газовый завод, проложены магистрали, освещены газом дома, предприятия, центральные улицы, на газовое освещение перешли Мариинский и Михайловский театры. Спустя два года газо­вый свет появился в императорских Большом и Малом театрах в Моск­ве. Газовые светильники продержались в театрах до последнего десяти­летия XIX в., выдерживая конкуренцию с электрическим освещением, которое на первых порах требовало больших затрат на оборудование.

Все источники света с открытым пламенем (свечи, масло, газ) по сравнению с электричеством выделяют гораздо больше тепла. Пока в Мюнхенском придворном театре было газовое освещение, температу­ра в третьем ярусе зрительного зала за время спектакля поднималась на 9°С, когда же перешли на электричество, повышение температуры ста­ло в 10 раз меньше, всего на 0,9°С. Температура в служебных помещени­ях театра в эпоху газа доходила до 40-50°С. Жар газовых горелок очень быстро высушивал все деревянные части, ткани, краски на живописных декорациях. Пыль, сгорающая в пламени, газ и продукты его горения отравляли воздух и вредно влияли на голосовые связки артистов. Для устранения этих недостатков была изобретена вытяжная (аспира- ционная) система. Над пламенем каждой горелки помещалась трубоч­ка-аспиратор, соединённая с вентиляционной магистралью, в которой создавалась сильная тяга. Горячий воздух и вредные вещества вытягива­лись через магистральные трубы на улицу. Было придумано также ост­роумное механическое приспособление для тушения горелки в случае, если защитный стеклянный колпак-цилиндр почему-либо разбивался. Газовый кран горелки соединялся с рычагом, положение которого урав­новешивалось колпаком. Когда стекло лопалось, равновесие наруша­лось, рычаг перемещался и перекрывал доступ газа. Это приспособле­ние применялось в крупных театрах, таких как Парижская опера и Оперный театр во Франкфурте, а в России его имел Павловский те­атр, открытый в 1876 г.

Газокалильная лампа, изобретённая в 1891 г. в Вене К. Ауэром, при­менялась в тех театрах, которые почему-либо не имели возможности провести электрическое освещение, к тому времени уже довольно рас­пространённое. Над пламенем газокалильной лампы крепился метал­лический цилиндр из тория или цезия. Температура пламени достигала 2000°К (1727°С). Цилиндр, накаляясь добела, увеличивал яркость света по сравнению с газовой горелкой в четыре раза, а пары металла изменя­ли спектр пламени, уменьшая красную и жёлтую его части сравнитель­но с обычным газовым пламенем и, тем более, с пламенем свечи или масляной лампы. Осветительное оборудование производили такие фирмы как Clemanso во Франции, Siemens в Германии и т.д. На этой ба­зе впоследствии возникла и развилась отрасль промышленности, зани­мавшаяся строительством и оборудованием театров.

Во времена газового освещения в театрах имелись следующие осве­тительные приборы:

* Софиты верхнего освещения. Они имели вид длинных труб с ук­реплёнными на них газовыми горелками. Софиты размещались на каж­дом плане. Для того чтобы защитить живописные декорации и не сбить стеклянные колпачки с горелок, софиты ограждали проволочной сет­кой спереди и изогнутой металлической ширмой сзади.
* Рампа, располагавшаяся по переднему краю сцены.
* Боковые или кулисные софиты. Они устанавливались в виде верти­кальных стоек за каждой кулисой, газовые рожки укреплялись один над другим.
* Бережки — небольшие переносные приборы для освещения ниж­них частей декораций.
* Щитки — переносные приборы на стойках для освещения окон, дверных проёмов и заспинников.

Число рожков в приборах колебалось в зависимости от размеров сцены и зала (см. табл. 3).

Таблица 3

Примерное количество газовых рожков в осветительных приборахдля театра вместимостью 1000-1200 человек

|  |  |
| --- | --- |
| Осветительный прибор | Количество рожков |
| Рампа | 150 |
| Софит на каждом плане | 90 (при 3 или 5 планах) |
| Кулисный софит | 24 |
| Бережок | 8 |
| Щиток | 8 |

Кроме того, применялись приборы для эффектного освещения, имитации солнца, луны и т.п. Например, «луна» делалась в виде дере­вянного барабана, внутри которого помещался газовый источник света, прикрытый шёлком или папиросной бумагой.

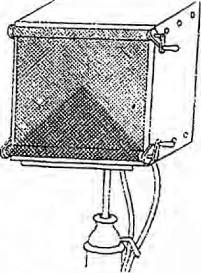
Газ к горелкам подавался по металлическим трубам диаметром до 30 см; переносные приборы соединялись с магистралью толстыми резино­выми шлангами. Магистральная труба подводилась к газовому столу- регулятору, который помещался обычно на сцене сбоку, около порталь­ной стены. На столе магистраль разветвлялась по числу световых сек­ций; каждое ответвление имело собственный кран. Газ можно было уба­вить в одной секции, а в другой — прибавить, тем самым усиливая или ослабляя свет в том или ином приборе. В Парижской опере регулятор имел 88 кранов, а общая длина газовых труб была более 45000 м. Боль­шие металлические трубы с горелками и соединительные резиновые шланги делали осветительное оборудование очень громоздким. Зажига­лись газовые горелки чаще ручным способом, с помощью свечи или пропитанной спиртом ваты, горящей на конце металлического прута, поэтому софиты снабжались механизмом, позволявшим опускать их до человеческого роста. Зажигать и полностью гасить свет во время спек­такля было невозможно. Кроме того, оборудование было пожароопас­ным.

Для цветного освещения употреблялись одноламповая и многолам­повая системы. При одноламповой системе каждый источник света мог изменять окраску луча. Для этого перед ним в нужный момент устанав­ливался красный или зелёный (реже сине-зелёный) фильтр. Фильтры («зори») делались из тонкого шёлка, для большей прозрачности про­масленного или покрытого лаком. Пользовались также цветными стёк­лами и промасленной бумагой. В этом случае рампу закрывали цветны­ми кассетами, задвигавшимися сбоку или поднимавшимися через спе­циальное отверстие в планшете. Встречался и вариант, когда вокруг каждой горелки рампы вращались один или несколько цилиндров с цветными светофильтрами. Поскольку рампа имела постоянное рас­положение, механизировать смену её цветного освещения было легче. Софиты снабжали цветными рамками, опускавшимися в нужный мо­мент при помощи верёвок, а боковые (кулисные) софиты имели цвет­ные шторки. Иногда пользовались окрашенными газами, создавая пе­ред горелкой цветное облачко. Особенно прославился своими успехами в работе с цветным освещением лондонский театр «Лицеум» во време­на, когда его директором был известный актёр Генри Ирвинг, очень внимательно относившийся к художественному освещению на сцене.

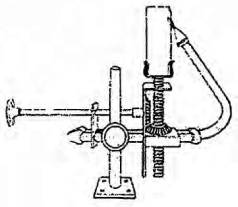
При многоламповой системе за тем или иным источником света «закреплялся» определённый цвет. Каждая группа источников света разбивалась на три секции, имевшие отдельный газопровод, управляе­мый с газового стола. Горелки каждой секции имели определённые све­тофильтры (белые, красные или зелёные). Во время спектакля в полную силу горели лишь горелки со светофильтром нужного цвета, а осталь­ные с помощью крана сводились к самому слабому «огоньку-незабуд­ке». Многоламповая система применялась редко, поскольку требовала увеличения газовой сети.

Газовое освещение стало значительным этапом в области техники сценического освещения. Возросла яркость освещения; впервые по­явилась возможность плавно и централизованно регулировать силу све­та на сцене и в зрительном зале. Кроме того, обслуживать газовые при­боры было легче и приятнее, чем масляные светильники.

В системе газового освещения особое место принадлежит друммон- дову свету. Изобретение Томаса Друммонда (1828 г.) основано на свой­стве твёрдых тугоплавких тел светиться при нагреве до высоких темпе­ратур. Для освещения сцены друммондов свет был впервые применён в 1837 г. Телом накаливания в театральном приборе Друммонда служил цилиндрический кусок извести — материала огнеупорного и плохо про­водящего тепло. На известь направлялось узкое (точечное) пламя газо­вой горелки. Чтобы получить высокую температуру пламени (до 2800°С), сжигали смесь кислорода и водорода. В месте взаимодействия с пламенем кусок извести раскалялся добела и начинал излучать яркий свет. Горелку и известь закрывали защитным кожухом. В кожухе былоотверстие, закрытое линзой, ко­торая фокусировала свет. Друм- мондов прибор, дававший на­правленный концентрированный световой поток, был предтечей театральных прожекторов. Им пользовались, например, чтобы осветить отдельных исполните­лей на сцене. Друммондовы про­жекторы со светофильтрами удачно имитировали целый ряд явлений: солнечный или лунный луч, свет из окна, эффект ручья, морская зыбь и др. Прибор был переносным. Осветитель крепил его на груди, а два баллона — с во­дородом и кислородом — надевал на спину. Перемещаясь по ма­шинным галереям и переходным мостикам, осветитель движением корпуса направлял луч в нужное место сцены, одновременно ру­ками регулируя подачу газа и по­ложение извести (ее нужно было постоянно поворачивать, менять точку контакта с пламенем, не допус­кая разогрева до температуры плавления). Работа осветителя была труд­на и опасна: смесь водорода и кислорода при определенной концентра­ции (гремучий газ) взрывается, чистый кислород может вспыхнуть при нагреве и пр.



Устройство смены светофильтровиз ткани



Прибор друммондова света

При свете рампы тени действующих лиц были резкими, хорошо вид­ными из зала, что можно отнести к числу её недостатков. Такое освеще­ние контрастировало с реалистическими декорациями, придавало дей­ствию излишнюю условность. В конце 1850-х годов, чтобы скрыть тени актёров, разработали систему фронтального выносного осве­щения с использованием друм- мондова света. Лучи прожекто­ров направляли на сцену со стороны зрительного зала сверху вниз под углом 450°. Правда, под влиянием реалис­тического, а позднее натурали­стического направления в теат­ральном искусстве от этого не­оправданного, «ненатурально­го» света отказались. К нему вернулся театр XX в., но уже на ином техническом уровне, с использованием электричес­тва.

В 1802 г. В.В. Петров установил, что если присоединить к полюсам большой электрической батареи два кусочка древесного угля и, приве­дя угли в соприкосновение, затем слегка раздвинуть их, то между кон­цами углей образуется яркое пламя, а они раскаляются добела, испуская ослепительный свет (электрическая дуга). Семь лет спустя это явление независимо наблюдал английский химик Х. Дэви, который предложил в честь физика Вольта назвать эту дугу «вольтовой». Ещё через 40 лет, в 1849 г., дугу применили для освещения в театре. Это знаменательное событие произошло в Парижской опере при постановке оперы Мейер- бера «Пророк». Для эффектов восхода солнца во втором и пожара в пя­том акте был применён небольшой дуговой прожектор с окрашенным шёлковым светофильтром. Благодаря параболическому зеркальному отражателю прожектора лучи образовывали параллельный пучок. Дуго­выми лампами пользовались, чтобы осветить отдельных исполнителей, для создания разного рода эффектов, для подсвечивания фонтанов, обозначения солнечных бликов, для усиления теней от контурных де­кораций на заднике. Чарующей новинкой был эффект настоящей раду­ги, получаемый путём спектрального разложения луча, проходящего через трёхгранную призму (до этого театр знал лишь рисованную на холсте радугу).

Первые дуговые прожекторы сильно шумели и мигали (т.к. дуга го­рела неустойчиво). Электрические батареи, питавшие дугу, были техни­чески очень несовершенны и неэкономичны, что снижало возможнос­ти широкого применения дуги в качестве источника света. Затем бата­реи заменили динамо-машинами — источником постоянного тока.

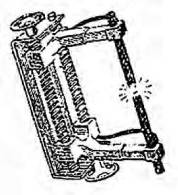
В вольтовой дуге стержни (электроды) расположены на одной пря­мой. По мере выгорания концов расстояние между ними увеличивается и дуга гаснет. Чтобы этого не произошло, взаимное расположение элек­тродов нужно постоянно регулировать. В 1875 г. Яблочков усовершен­ствовал дугу. Он расположил электроды параллельно друг другу и про­ложил между ними изолирующее вещество — смесь каолина или алеба­стра с магнезией. Этот слой фиксировал положение электродов на все время горения, и регуляция уже не требовалась. Кончики углей соеди­нялись тонкой угольной перемычкой. При замыкании цепи перемычка мгновенно вспыхивала и сгорала, поджигая дугу. Благодаря изоляции дуга возникала только между концами стержней, а не по всей их длине, поэтому стержни сгорали постепенно, и дуга долго давала свет. Кроме того, изоляционный слой, испаряясь при нагревании, увеличивал яр­кость света.

Изобретение Яблочкова известно под несколькими названиями: «свеча Яблочкова», «русский свет» или «северный свет». В лионском те­атре Белькур в 1879 г. также применили свечи Яблочкова. Но в том же году Т. Эдисон изобрел лампочку накаливания и, спустя всего год, осве­тил небольшой городок Менло Парк.

У Эдисона были предшественники. Бельгиец Жобар в 1838 г. предло­жил накаливать угольную пластинку в безвоздушном пространстве. В 1841 г. англичанин де Молейн получил патент на свою лампочку на­каливания с платиновой спиралью. Англичанин Гебель в 1847 г. исполь­зовал нить из обуглившихся волосков бамбука; в 1848 г. Стеит изготовил лампочку с иридиевой нитью, которая имела очень высокую температу­ру накала — 23600°С. А.Н. Лодыгин в 1872 г. поместил угольный стерже­нёк, укреплённый между медными проволоками, в стеклянный шарик, и сделал попытку откачать из шарика воздух, но имевшиеся в его распо­ряжении насосы были несовершенны. Эдисон построил более совер­шенную лампочку накаливания. Сначала он применил нить из карбо­низированного (закопчённого) хлопка, а позже использовал карбони­зированный бамбук и улучшил технику откачки. Его лампочка свети­лась не перегорая около 800 часов (несколько более месяца). В 1890 г. Лодыгиным была изобретена лампа накаливания с вольфрамовой ни­тью. После усовершенствований, которые внёс сотрудник Лодыгина Дидрихсон, срок горения лампы составил два месяца. Но вступление человечества в Век электрического света все же связано с именем Эди­сона. Одновременно с лампой в его лаборатории было разработано всё, что необходимо для системы электрического освещения: генераторы, регуляторы, выключатели, предохранители, кабели и даже изоляцион­ная лента. В 1882 г. Эдисон построил в Нью-Йорке электростанцию, по­ложив тем самым начало массовой электрификации.

Переход на электрическое освещение в театральном мире происхо­дил с быстротой, удивительной по сравнению со сроками предыдущих изменений в области осветительной техники. Спустя всего пять лет после Парижской выставки (1881 г.), где была представлена электриче­ская лампочка накаливания, только в Германии и Австрии полностью перешли на электричество более 20 театров.

Электричество дало работникам сцены значительные, невиданные ранее технические возможности: в оперно-балетном театре это позво­лило усилить иллюзорно-декоративную роль света на сцене, а в драма­тическом театре — придать большую реалистичность постановкам. В 1880-е годы театры Европы и Америки активно переходили на элек­трическое освещение, чему немало способствовало совершенствование и удешевление технического оборудования, снижение эксплуатацион­ных расходов.



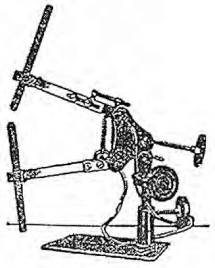
Конструкция первьх дуговьхламп

На русской сцене электрическое освещение дуговыми лампами по­явилось ещё в начале 1860-х годов в оперных и балетных спектаклях им­ператорских театров. Для питания дуго­вых ламп током 15-16 А пользовались так называемыми «бунзеновскими элемен­тами», разработанными для военно-мор­ского флота. Оттуда же перешла и про­водка электрических линий минными проводами с многократной изоляцией. В качестве осветителей нередко привле­кали военных минёров (например, в пе­тербургском Михайловском театре элек­трическим освещением заведовал мин­ный унтер-офицер 1-й статьи, участник Севастопольской кампании). На введе­ние электричества в систему освещения сцены сильно влияла Парижская опера. Первые приборы электрического осве­щения в большинстве своем покупалисьв Париже.

Из частных театров России пер­вым на электрическое освещение в 1859 г. перешел петербургский те­атр Литературно-художественного общества, так называемый Малый, или Суворинский, театр. Переход на полное электрическое освеще­ние лампами накаливания импера­торских театров Петербурга и Москвы произошёл в течение де­сяти лет, с 1884 по 1893 гг. Первым был Мариинский театр, в 1885 г. частично оборудовавший зритель­ный зал и рампу, а в 1886 г. полно­стью перешедший на электричес­кое освещение. Мариинский театр имел собственную электростан­цию с паровыми локомобилями в качестве двигателей (в 1894 г. их заменили более совершенными

машинами). Михайловский театр с1886 по 1891 гг. получил электрообо­рудование, а в 1892 г. — собственную электростанцию. В 1893 г. на элек­тричество перешли московские Большой и Малый театры. В рецензии театрального ежемесячника «Артист» говорилось: «В театре важное но­вовведение — электрический свет, весьма украшающий зрительный зал и дающий возможность свободно дышать публике. Громадная люстра поднята теперь значительно выше, и это тоже очень хорошо: из мест против сцены, в балконах верхних ярусов можно теперь видеть пред­ставление, а не одни газовые рожки».6

К концу XIX в. появились угольные лампочки в 25, 32 и 50 свечей, улучшилась проводка, что позволило театрам увеличить нагрузку на ос­ветительную сеть. Конструкция осветительных приборов, их количест­во и особенности размещения определялись арочной системой декора­ций, остававшейся основой художественного оформления сцены театра XIX в. Несмотря на коренные изменения в осветительной технике, са­ма система осветительных приборов в целом по существу не измени­лась. Те же световые рамки, расположенные за каждой аркой, рампа, боковые и верхние софиты, дополнявшиеся набором бережков, щитков и прожекторами, появившимися в театре вместе с друммондовым све­том. Зачастую в российских и западноевропейских театрах софиты, рамки и щитки, оборудованные в свое время под газовое освещение, ос­тавались те же, лишь на месте газовых горелок укрепляли патроны с электрическими лампочками.

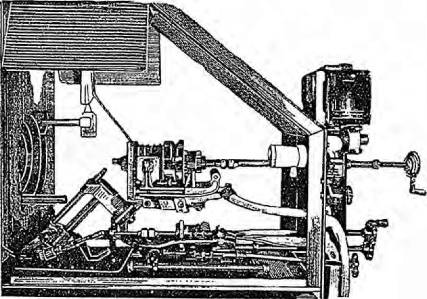


Дуговая лампа

Верхние софиты обеспечивали равномерное освещение сцены. Пор­тальные и боковые софиты не могли достаточно осветить сцену из-за своего расположения. Рампу, освещавшую в основном первые планы, усилить было нельзя, иначе освещение первых и последних планов ста­ло бы очень неравномерным, и на сцене появились бы недопустимо резкие тени от исполнителей и предметов. Если нужно было усилитьсвет на сцене, удлиняли верхние софиты, чтобы поместить туда больше ламп. При недостаточном боковом освещении их делали на два-три ме­тра длиннее, чем подъёмы для навесных декораций. Верхние софиты можно было также приспустить, если позволяли декорации. Конструк­ция верхних софитов представляла собой железный жёлоб, в котором лампочки располагались в большинстве случаев продольно. Открытую часть жёлоба ограждали редкой металлической сеткой, чтобы защитить лампочки от боя, а сцену — от осколков лопнувших ламп. Если требо­валось цветное освещение, лампы окрашивали цветными спиртовыми лаками. Такие открытые софиты, перешедшие из эпохи газового осве­щения, кое-где встречались в театрах, по свидетельству Н.П. Извекова, даже в 1930-х годах.

Для ламп накаливания применялись и специально спроектирован­ные софиты. Так, для Будапештского национального театра ещё в 1883 г. были построены трёхъярусные софиты, у которых лампочки располага­лись в три ряда, один под другим. При этом каждый ярус помещался в особых желобах, из которых два верхних были прикрыты, один — красным, другой — зелёным стеклом. Такой софит — предшественник современного камерного софита. Фирмой Клемансо выпускался также софит, представлявший собой открытый полуцилиндрический корпус, в котором располагалась тросовая тяга, с помощью которой софит за­крывали рамой с цветным светофильтром. Управляющие тросы шли от софитов на колосники и через блоки соединялись с противовесом, по­мещённым на стене сцены. Та же фирма выпускала рампы аналогичной конструкции, управлять которыми можно было из суфлёрской будки.

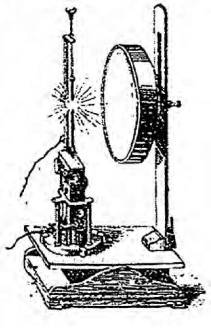
Боковые кулисные софиты укрепляли вертикально на кулисных



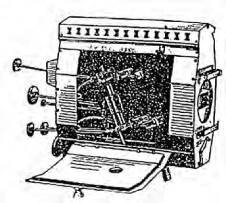
Мощная дуговая лампа в 120 ампер для приборов сценического освещения

стойках по обеим сторонам сцены. Первая пара боковых софитов, ус­тановленная за портальными кули­сами, имела наибольшее число лампочек. Рампа, первый верхний софит и боковые портальные софи­ты составляли так называемую «световую рамку» — правильный световой четырёхугольник, основ­ное освещение сцены. Кроме них употреблялись переносные освети­тельные приборы — бережки и щитки.

Бережки — небольшие кон­струкции с 6-12 лампочками, кото­рые освещают нижнюю часть деко­рации. Исторически их располага­ли обычно перед задней завесой за небольшими декорациями, изобра­жающими кусты, холмы и т.п. Эти декорации, закрывавшие нижнюю кромку завесы, назывались береж­ками, от них и получили свое на­звание осветительные приборы. Щитки употреблялись для освеще­ния заспинников у декораций, окон, дверей. Они представляли собой плоский открытый ящик, дере­вянный или из листового железа, размером примерно 50х75 см. В ящи­ке рядами устанавливали лампочки накаливания. Помёщенные на шта­тивах, щитки служили для переносного света. При включении щитков и бережков пользовались так называемыми выпусками (лючками). Вы­пуск — это небольшие колодцы в планшете, закрытые металлическими крышками. Внутри них расположены розетки для подключения кабе­лей, соединяющих щитки или бережки. В больших театрах выпуска на­ходились на каждом плане пра­вой и левой сторон сцены за ус­ловной линией кулис. Все по­движные (софиты) и переносные (щитки и бережки) приборы со­единялись мягким кабелем, ко­торый обшивали кожей или хол­стом, чтобы защитить от механи­ческого повреждения. Присо­единённый к софитам кабель (шлейф) имел запасную петлю, позволявшую поднимать софиты и опускать их до планшета.



Дуговая лампа с отражателем



Прожектор с дуговой лампой

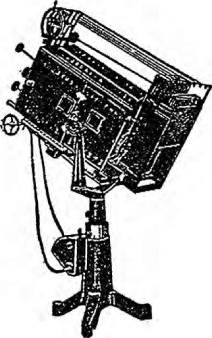
Внутреннюю поверхность же­лобов, софитов, рампы, береж­ков и щитков красили белой кра­ской для усиления света. На первых порах некоторые части осветитель­ных приборов были деревянными (полосы софитов, к которым крепи­лись патроны ламп, кожух для рампы, щитки). Чтобы предотвратить за­горание, их иногда частично закрывали асбестом. С течением времени от дерева полностью отказались.

Помимо названных приборов для эффектного освещения (чаще в оперных и балетных спектаклях) применялись, как уже говорилось выше, переносные прожекторы с зеркальными отражателями и собира­ющей линзой. Чтобы бросить отвесный луч из такого прожектора, осве­тителя, находившегося в особой люльке (корзинке), на тросе подтяги­вали за обрез падуг.

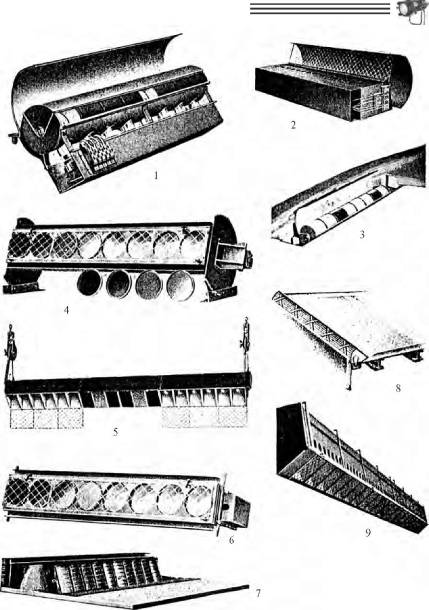
В последней четверти XIX века в театре применяли старинный про­екционный прибор «волшебный фонарь» (Laterna magica) для создания динамических световых эффектов. Одним из излюбленных приемов были бегущие облака. К волшебному фонарю на место диапозитивной рамки прикреплялся стеклянный круг диаметром 50-60 см с изображе­нием туч и облаков. Круг крепился у бокового ребра с тем, чтобы его центр был смещён относительно оси фонаря. Когда круг вращался, на экране (на заднике, изображающем небо) появлялось непрерывно движущееся изображение. Впрочем, нередко получалось так, что впол­не натуральные облака бежали не только по небу, но и по листве деревь­ев, крышам домов и т.п. Иногда для задника вместо крашеного голубой

краской холста использовали бо­лее тонкие ткани. Это позволяло давать проекцию на просвет, по­мещая «волшебный фонарь» за задником. Источником света в фонаре были довольно мощные дуговые лампы с неспокойным режимом горения. Из-за этого об­лака нередко начинали мигать и прыгать, а если использовался переменный ток, то появление облаков сопровождалось громким шипением углей.

В русском театре большинство приборов изготавливалось кус­тарно. В 1900-х годах столичные театры заказывали небольшим мастерским рубильники, вилки и другие мелкие принадлежности. В Германии осветительной теат­ральной аппаратурой занимались фирмы Симменс, Шуккерт и дру­гие. Во Франции фирма Клеман­со также занималась разработкой приборов электрического осве- Мощный прожектор с дуговой лампой и щения, но большого распростра- магазином для светофильтров нения они не получили. Рынок



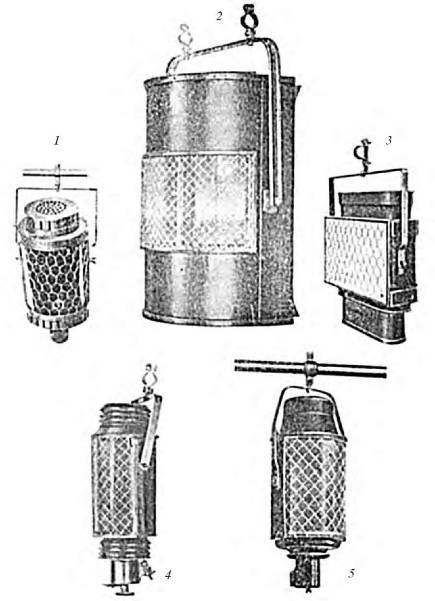
в этой области в начале XX в. был



Типы рамп и софитов:

1 - рампа с прямым и отражённым светом (1 секция) ЛЕО; 2 - рампа сотражённым светом ЛЕО; 3 - рампа с прямым и отражённым светом ЛЕО;

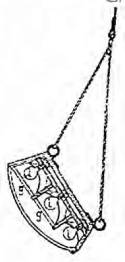
1. - неподвижная 4-х цветная рампа с регулировкой фирмы Siemens-Schuckert;
2. - выносной камерный софит; 6 - 4-х цветная качающаяся рампа фирмыSiemens-Schuckert; 7 - рампа с цилиндрическими светофильтрами фирмыSchwabe; 8 - рампа электрической фабрики Rivena GMBH. во Франкфурте-на-Майне; 9 - камерный софит фирмы ЛЕО



Типы фонарей для освещения горизонта:

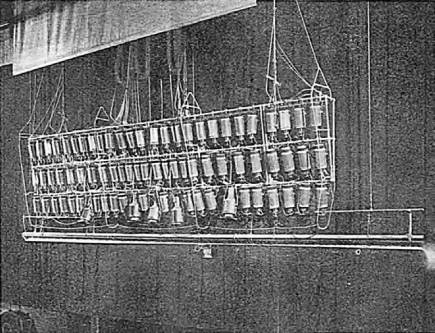
1 - малый горизонтный фонарь фирмы AEG; 2 - большой горизонтный фонарь сдуговой лампой фирмы Schwabe; 3 - большой горизонтный фонарь фирмы AEG;4 - малый горизонтный фонарь фирмы Schwabe; 5 - малый горизонтный фонарьфирмы Siemens-Schuckert

всё же в основном создан германскими фирмами (AEG, Schwabe, Hagedom).

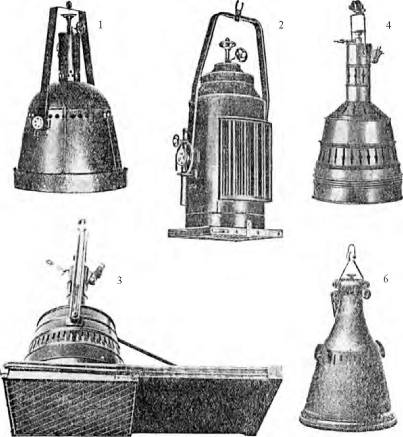


Трёхъярусныйподъёмный софит1883 г. (боковой разрез)

Электричество значительно упростило затем­нение сцены и сделало его более равномерным. Прибор для затемнения представлял собой набор электрических сопротивлений разной величины и одного или нескольких переключателей (регу­ляторов). С помощью переключателя сопротивле­ние постепенно увеличивали или уменьшали, со­ответственно уменьшая или увеличивая силу тока и яркость освещения. Первоначально сопротив­ления и переключатели помещались рядом, при этом сопротивления не имели изоляции. Слу­чайное прикосновение металла к открытым токо- проводящим частям вызывало короткое замыка­ние, и техника часто выходила из строя. Была так­же велика опасность поражения электрическим током. Поэтому инструкции того времени запре­щали работать с регуляторами света, имея кольца на руках или длинную цепочку карманных часов. (Впоследствии конструкцию усовершенствова­ли). Приборы для затемнения располагались на авансцене в правом или левом углу, на месте прежних газовых столов. Позднее пульт осветите-



Приборы сценического освещения горизонтные трёхъярусные



Снопосветы:

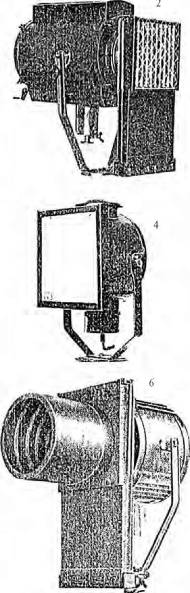
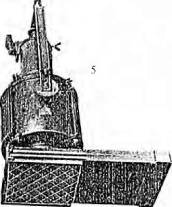
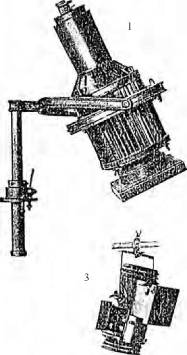
1. -снопосвет фирмы Hagedorn №8;
2. - снопосвет фирмы Hagedorn линзовый №9;



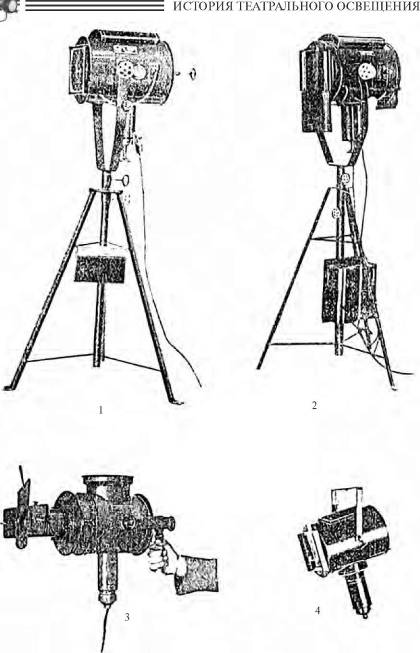
1. - снопосвет фирмы Schwabe с лампой в 1000Вт; 4 - снопосвет фирмы Schwabe сосветофильтрами, движущимися при помощитросовой системы; 5 - снопосвет срассеивающим стеклом системы "Протос"фирмы Siemens-Schuckert с нитролампой в500 Вт; 6 -снопосвет с нитролампой в 1500 Вти подвесным хомутом

Типы прожекторов фирмы Schwabe:

* 1. - прибор для освещения планшета с линзой и корданным подвесом;

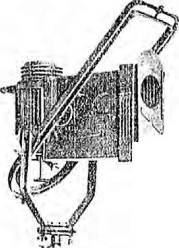
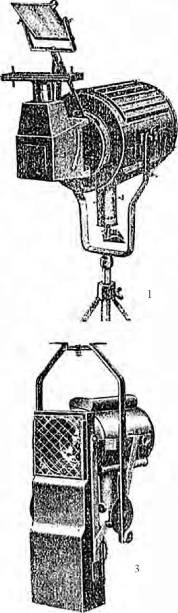


* 1. - линзовый прожектор с лампой накаливания, приспособлением для точнойустановки и магазином цветных стекол; 3 - прожектор для освещенияавансцены; 4 - прожектор с рассеянным светом; 5 - прожектор для освещенияпросцениума; 6 - прожектор с лампой накаливания и магазином цветных стекол



Прожекторы фирмы Hagedorn:

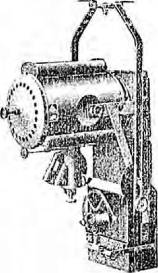
1 - прожектор №7; 2 - прожектор №17HV; 3 - ручной прожектор №3;4 - ручной прожектор №7



■

2

М



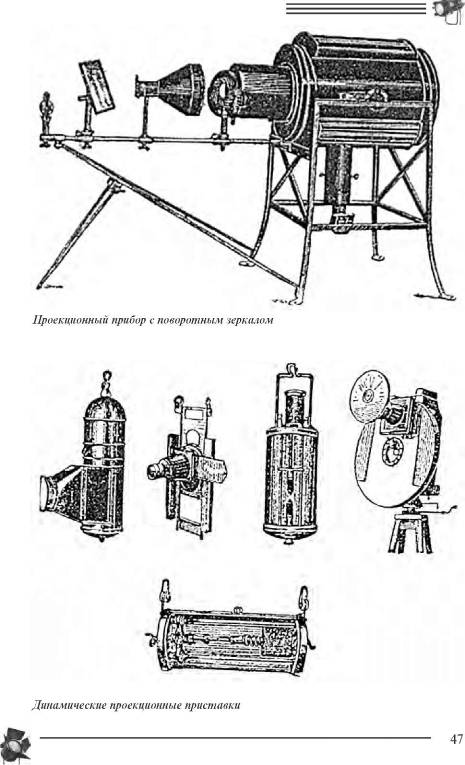
4

Прожекторы разных фирм:

1 - прожектор фирмы AEG с наклонным зеркалом; 2 - прожектор с затворомфирмы Schwabe; 3 и 4 - сценический прожектор системы "Протос"модельa354m с магазином цветных стекол



Универсальный аппарат фирмы Hagedorn системы "Fata-croma":1 - Fata-croma №1; 2 - Fata-croma №1a; 3 - Fata-croma №1b

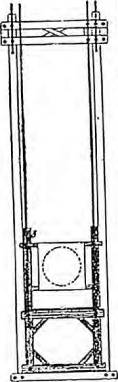


ля стали помещать в первом трюме, рядом с суфлёрской, по примеру Парижской опе­ры.

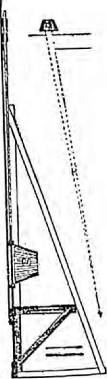
Для цветного освещения по-прежнему применяли красный, зелёный или сине- зелёный цвет. Условно бе­лый свет, даваемый электри­ческими угольными лампа­ми, имел жёлто-оранжевый спектр, который при умень­шении напряжения ниже 220 В становился красно- оранжевым. Фактически те­атр располагал красным, зе­лёным и жёлтым цветом. Эти три цвета помогали вос­произвести самые распро­странённые иллюзорно-реа­листические эффекты (рас­свет, вечернюю зарю, лун­ную ночь и т.д.).

Как уже говорилось, до эпохи электричества су­ществовали две системы смены цвета: одноламповая и многоламповая. Вторая, появившаяся при газовом освещении, имела ограни­ченное применение из-за своей громоздкости и доро­говизны. Электричество по­зволило снизить расходы на создание многоламповой системы и значительно уменьшить вес прибо­ров.

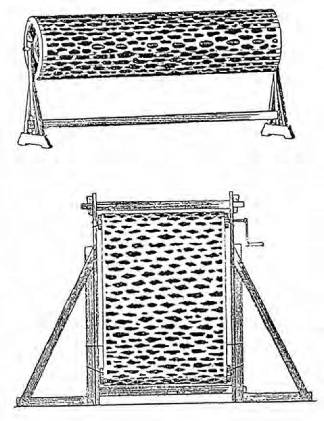
Каждая из систем имела свои преимущества. Ряд театров продолжал пользоваться испытанной одноламповой системой с её сложным бло­кировочным механизмом смены кассет и шторок. Другие театры пере­шли на многоламповую, точнее, трёхламповую систему. В конце XIX и в первой четверти XX века она использовалась в большинстве русских театров. Однако эта система не позволяла получить разнообразное цветное освещение, и приходилось довольствоваться примитивной сменой основных тонов (красного и зелёного) и желтоватого цвета от­крытого источника света. Скудость цветов и невыгодное усложнение электропроводки были причиной, по которой театры в дальнейшем вновь обратились к одноламповой системе.



Прибор для создания светового эффекта"восход солнца"



Система многолампового освещения имела разновидности. В одном варианте (как, например, в Будапештском национальном театре) лампы располагали в приборах в три ряда, один над другим, и два ряда закры-



Приборы для создания эффекта "морскаярябь"

вали цветными стёклами. В другом случае сами лампы покрывали рас­твором цветного желатина или цветным спиртовым лаком. Этот способ оказался более удобным.

Высокие требования предъявляются к материалу светофильтров. Он должен хорошо окрашиваться без искажения цвета, не деформировать­ся при нагреве, не возгораться при рабочих температурах, минимально поглощать свет. В 1890-е годы светофильтры делали из цветного стекла (в тех приборах, где была меньше опасность, что они разобьются, т.е. в рамповом освещении, реже в верхних и боковых софитах). Пользова­лись также желатиновыми и слюдяными светофильтрами. Желатино­вые светофильтры, дешёвые и простые в изготовлении (желатиновая масса отливалась на матерчатую сетку и вместе с ней заряжалась в кас­сету), давали только диффузный (рассеянный) свет и быстро деформи­ровались при нагреве, поэтому применялись с низкотемпературными светильниками. Слюдяные пластинки покрывали красителями на спирту и делали из них светофильтры более чистых тонов и более теп­лостойкие, чем желатиновые. Слюдяные светофильтры можно было ставить на прожекторы. Их недостатком было то, что они быстро туск­ 49 нели. Русские театры при электрическом освещении некоторое время ещё пользовались матерчатыми шторными светофильтрами времен га­зового освещения.

Девятнадцатый век обогатил осветительную технику угольными лампочками накаливания для общего освещения сцены, дуговыми про­жекторами и проекторами для освещения отдельных персонажей и со­здания различных эффектов. Дуговые лампы были несовершенны, по­этому в некоторых театрах и в конце XIX в. сохранялись приборы друм- мондова света. А в лондонских театрах, вероятно отчасти в силу извест­ного английского консерватизма, они встречались ещё в первые десяти­летия XX в.7[[1]](#footnote-2) Наряду с электрическим освещением в феерических сце­нах, особенно в апофеозах, для некоторых эффектов применялась пи­ротехника (разноцветные бенгальские огни и фейерверки). Когда в теа­тре появились паровые двигатели и паровое отопление, пар стали ис­пользовать для усиления световых эффектов пожаров и взрывов. По особым паропроводам на сцену подавали пар и подсвечивали крас­ным светом.

Дальнейшее развитие сценической светотехники связано в основ­ном с усовершенствованием ламп накаливания. Появление ламп мощ­ностью 200, 500, 1000 Вт принципиально изменило сценическое осве­щение.

Глава 2

Художественные задачи и приёмысценического освещенияконца XIX **—** начала XX вв.

В последние десятилетия XIX в. техника электрического освещения дала театру новые, поистине огромные возможности для решения раз­ного рода творческих задач. Обратимся к вопросам сценического стиля, а также к тем средствам и приёмам, благодаря которым театр находит выразительную форму художественного произведения, воплощаемого на сцене.

Известный историк искусства Макс Фридлендер считает, что чело­веческий разум воспринимает совсем не тот реальный свет, который ви­дит глаз. Разум воспринимает мир через призму общественного созна­ния и реагирует на его внешние проявления так, как принято именно в нашу эпоху.1 Например, в изобразительном искусстве нередко приме­няется так называемый скульптурный, или универсальный, абсолют­ный свет, которого нет в природе. Он сознательно придуман, чтобы вы­явить форму наиболее ясно, не допуская случайных, эфемерных эффек­тов, которые мы наблюдаем обычно в жизни. Рисуя предмет в скульп­турном свете, художник воображает безвоздушное пространство, где все формы ясно видны и все случайные влияния исключены. Такое изобра­жение — не просто зеркальное отражение природы, а идеальный мир чистой, неизменяемой, законченной формы.2 Это понимание света, на наш взгляд, близко к эстетике классического театра. Представители романтического направления, возникшего на рубеже XVIII—XIX вв., стремились к большему реализму и особенно ясно видели неестествен­ность и условность сценического освещения классического театра. Од­нако технические средства того времени не позволили романтикам во­плотить свои идеи в полной мере. Таким образом, не только техника сцены зависима от творческих задач театрального искусства, но и уро­вень развития техники определяет полноту выразительных средств теа­тра.

Романтический театр, с такими его жанрами как мелодрама и слёз­ная комедия, имел в своем распоряжении несовершенное свечное и масляное освещение, однако работники сцены того времени умели добиваться необходимой выразительности скромными средствами. А.Н. Баженов описывал, как передавалось с помощью освещения осо­бое тревожное настроение. «Чуть дело доходит до какой-нибудь несоде- янности, подчёркнутой в тексте переводчиком, г. Эрлангер становится перед пюпитром, поднимает свой капельмейстерский жезл, оркестр иг­рает тремоло, дрожащие звуки которого сливаются в один общий гул с рокотанием театрального грома, на большой люстре опускаются ста­канчики (тогда ещё газового освещения не было), свет от лампы также изменяется, сцена и зала меркнут, несодеянность совершается».' В слёз­ной комедии Сушкова внезапная вспышка молнии заставляет героя, находящегося в состоянии аффекта, одуматься и отказаться от убийства внука, — световой эффект помогает сюжетному развитию пьесы.

Особенное художественное богатство и техническое развитие свет получил в опере. Романтическая опера, и поныне занимающая видное место в репертуаре, на протяжении всего XIX в. составляла основу му­зыкального театра. Оперная сцена, благодаря традиционному покрови­тельству двора и богатым меценатам, сохраняла атмосферу пышных празднеств и имела возможность обставить музыкально-романтические спектакли со всей возможной роскошью, с широким использованием новейших достижений осветительной техники. Феерическая обстанов­ка оперных спектаклей создавалась световым оформлением. Всевоз­можные волшебные превращения на сцене совершались с помощью так

называемого транспарантного приёма, который ещё в конце XVIII в.

\*

применялся в постановках модных тогда живых картин.

Из многих вариантов транспарантного освещения рассмотрим наиболее характер­ные для театра конца XIX в. В одном из них задником на втором-четвёртом планах служи­ла тюлевая или кисейная завеса с живописной картиной. В глубине сцены, за задником, устанавливали декоративную перспективу. Для первой смены источники света закладыва­ли таким образом, чтобы декорации, расположенные за тюлем, не были видны. По ходу действия включались приборы, декорации освещались и становились отчётливо видны зрителям. Умело расположив приборы и постепенно уменьшая свет в одном месте и уси­ливая его в другом, можно было добиться не только плавного перехода от одной картины к другой, но и сделать весь тюлевый задник с нарисованной на нём картиной совершенно незаметным из зала.

Для второго способа транспарантного освещения нужно, чтобы задник и прилегаю­щие к нему кулисы были «прорезными». За ними должны располагаться новые декорации, которые по мере освещения предстают перед зрителем.

В третьем случае транспарантный приём осуществляется с помощью теневых кар­тин — силуэтов, отбрасываемых на задник или кулисы.

Замечательный пример транспарантного освещения в постановке оперы Гумпердин- ка «Пряничный домик» («Гензель иГретель») приводится у Н.П. Извекова. Опера впервые была показана 28 января 1896 г. на сцене Большого театра в Москве, в декорациях К.О. Вальца. Декорации второго и третьего акта этой оперы представляли собой лесную чащу, которая по ходу действия подвергалась ряду превращений на глазах у зрителя. Во втором действии, когда дети засыпают, наступает «Полная тьма... Но вот во мгле про­рывается светлый луч, который разрастается, клубится подобно облаку и, наконец, прини­мает вид громадной лестницы...».

Это пример «транспарантных сновидений», излюбленного приёма сказочных и фе­ерических постановок. (Заметим, что образ «лестницы на небо» заимствован из живых картин на библейские сюжеты). На тех же технических приёмах основаны «воспомина­ния», «мечты», «видения» и другие сценические эффекты романтического театра.

В некоторых постановках оперы Ш. Гуно «Фауст» режиссёры пользовались транспа- рантным приёмом в сцене первого акта, когда Мефистофель показывает герою Маргари­ту.

В третьем акте «Пряничного домика» дети просыпаются в лесной чаще (декорации второго акта). Рассказывая свои сны, они смотрят в ту сторону, где видели лестницу. «Ту­ман рассеивается, и на том месте, где была чаща ельника... появляется домик Колдуньи- Грызуньи, освещённый яркими лучами восходящего солнца». Этот приём «видения» был

^Подробнее о транспарантных проекциях в гл. 15.

повторен Московским Художественным театром в 1908 г. при постановке «Синей птицы»: в одной из картин Тильтиль и Митиль идут по лесу, и вдруг среди зелёной листвы появля­ется домик, перед которым сидят дедушка и бабушка.

«Такой транспарантный приём «видений», который в своём техническом виде вовсе не может быть раз и навсегда прикреплён только к пьесам подобного рода, тем не менее был крайне удобен для выражения того мистического склада, который роднит оба эти про­изведения...» (Извеков Н.П. Свет на сцене).

Популярный кинематографический «наплыв» — не что иное как те­атральный транспарантный приём, выполненный киносъёмочными средствами. Интересно, что театр XX в. вновь обратился к транспарант- ному освещению, но уже под влиянием эстетики кино.

На оперной сцене использовались первые электрические дуговые приборы, ослепительно-белый свет которых, так разительно отличаю­щийся от жёлтого пламени свечей и масляных ламп, выделял отдельных персонажей, создавал эффекты мягкого лунного света или зловещих всполохов молнии. Свет в романтической опере играл осмысленную роль, он был полноправным участником действия. Композитор и музы­кальный критик А.Н. Серов в 1859 г. писал: «В высших операх нашего времени, в расцвете и дружном слиянии поэзии, музыки и сценическо­го искусства — каждая потребность постановки вместе с музыкою на своем месте несёт на себе ответственность всей драмы; являются истин­но действующими лицами и вечерняя звездочка, тихо мерцающая в осенних сумерках после возвращения пилигримов (в последнем акте «Тангейзера»), и лунное сияние в растворенное окно брачного покоя (в последнем акте «Лоэнгрина»)».4

Многие технические приспособления и аппараты изобретались спе­циально для создания оригинальных световых эффектов при постанов­ке нового оперного спектакля. Особенно велик список осветительных приборов, разработанных для опер Р. Вагнера (именно из вагнеровских постановок взял свои примеры А.Н. Серов). Музыка Р. Вагнера являет­ся вообще чрезвычайно благодатной основой для создания световой композиции. Не случайно Вагнеровский театр в Байрейте очень долго держал пальму первенства по разнообразию и богатству световых эф­фектов. Например, здесь впервые были применены реостаты для мед­ленного и плавного затемнения. Над операми Р. Вагнера работали мно­гие художники и режиссёры, которые стремились найти не только внешний рисунок романтической правдивости и волшебной атмосфе­ры действия, но и световой эквивалент музыки великого композитора. Так, в перечне осветительных приборов нью-йоркской Metropolitan Opera значатся следующие аппараты, созданные для опер Вагнера: золо­то и радуга («Золото Рейна»), Святой Грааль («Парсифаль»), лампочки («Гибель богов»), молот и наковальня («Зигфрид»). Упоминаются также фонари для «Лакме» Л. Делиба, светлячки для «Мадам Баттерфляй» Дж. Пуччини, факелы для «Электры» Р. Штрауса, Священный огонь для «Вес­талки» Г. Спонтини, а вместе с ними — движущиеся облака, бегущая во­да, зыбь, дым, язык пламени и т.д.

***й***

Опишем электрическое устройство аппарата «молот и наковальня». В нём используется эффект короткого замыкания. Железные молот и наковальня включены в электрическую цепь, которая замыкается только в момент удара молота. В месте соприкосновения мощность то­ 53

ка так велика, что металл плавится и испаряется, отчего из-под молота разлетается сноп огненных брызг.

Этот же приём использовался в «Фаусте» для создания мистического эффекта в сцене поединка. Когда электрифицированные шпаги про­тивников касались друг друга, появлялись искры (конечно, рукоятки шпаг были надежно изолированы). Отступая, Мефистофель входил внутрь металлического круга, невидимо для зрителей укреплённого на планшете сцены и тоже находящегося под напряжением. Касаясь про­водника концом клинка, Мефистофель очерчивал вокруг себя искря­щийся запретный круг. Такого рода сценическая магия с большим успе­хом применялась и в драматическом театре. Например, в постановке «Потонувшего колокола» Г. Гауптмана заклинания творились в огнен­ном круге, который актриса создавала с помощью «древесной ветки»,5 сделанной из металлической мишуры.

Балет ставился на тех же подмостках с использованием той же сце­нической техники. Неудивительно, что построение световой компози­ции балетных спектаклей было близко к оперным.

Надо отметить, что в балетных спектаклях последней четверти XIX в. постановщики стремились к пышной световой декоративности, кото­рая носила примитивный по замыслу, иллюстративный характер, не вы­ходящий за рамки наивных аллегорий (блуждающие огоньки, «светя­щиеся насекомые», танцы с факелами и т.п.). Световая композиция ба­летных сказок того времени иногда могла быть богаче оперных спектак­лей по свету и цвету, но всегда уступала им по глубине содержания, не претендуя на художественную значительность.

Драматический театр в XIX в. развивался иначе, чем опера и балет, однако его материальное перевооружение также было обусловлено сме­ной сценических стилей. На смену романтическому пришло реалисти­ческое направление в театральном искусстве. Оно характеризовалось стремлением к отображению подлинного мира и живых человеческих образов; сценическая правда заключалась в толковании характеров и поступков героев. Основой спектакля была игра актёров. Чудеса, вол­шебные превращения и сказочная обстановка романтического театра стали не нужны. Более того, стремление к созданию реальных человече­ских характеров сочеталось с крайней условностью и лаконизмом в оформлении спектаклей.

Условный сценический реализм, в отличие от романтизма, не стре­мился к световой имитации ради романтической правдивости или со­здания волшебной картины, ограничиваясь лишь обозначением явле­ния. Реализм, как ни парадоксально, допускал рисованные зеркала, в которых не могло появиться изображение, и рисованную мебель с ри­сованными тенями, направление и величина которых не соответствова­ли реальным теням предметов и актёров на освещённой сцене. Свето­вые эффекты были неправдоподобны: зигзаги молнии могли попадать на листву деревьев, а в дневной сцене за открытым окном изображалась непроглядная тьма или тускло горела одинокая лампочка. Приборы сценического освещения были всё те же: рампа, верхние и боковые со­фиты. Цветовая палитра освещения исчерпывалась тремя цветами: ос­новной белый, красный и зелёный. Главной задачей освещения было обеспечение хорошей видимости исполнителей и декораций.

Театр реалистического направления имел значительные достижения в технике оформления спектаклей. Важнейшее новшество — павильон, то есть комната с двумя или тремя стенами и обстановкой, ранее изо­бражавшаяся с помощью рисованных кулис. Павильон придает боль­шую убедительность сценическому действию. Внутренность павильона достаточно хорошо освещается рампой и люстрой в зрительном зале. Кроме этого, по верху сцены, за занавесом помещается так называемый «портальный софит», который помогает общему освещению сцены и убирает тени на задней стене павильона. Вторым значительным до­стижением театра реалистического направления было затемнение зри­тельного зала во время спектакля. Это позволяло сосредоточить внима­ние зрителей на сцене. А в оперно-балетном театре сохранялось преж­нее праздничное освещение зала, ставшее в эпоху электричества ещё более ярким и богатым.

Натуралистические течения в искусстве второй половины XIX в. так­же нашли отражение в световой композиции спектаклей. В это время пересматриваются технические средства освещения и вновь обсуждает­ся несовершенство рампового освещения, разрушающего необходимую иллюзорность сценического действия. Ещё Саббатини указывал на главные недостатки рампы как основного источника света: она ослеп­ляла исполнителей, но при этом слабо освещала сцену; оформление сцены и лица артистов искажались из-за создаваемого рамповым осве­щением теневого рисунка. При переходе на электрическое освещение эти недостатки усилились. «Яркое освещение из-под пола ещё более чем прежде стало уродовать лица артистов, набрасывая тени на щеки, лоб, верхнюю часть носа и ярко озаряя снизу подбородок, ноздри и верхнюю часть глазницы. Переход от полутёмной сцены к ослепи­тельной полосе рампы в момент поднятия занавеса очень резко сказал­ся на нервах артистов. Внезапный свет иных буквально ошеломляет, и надо много усилий, чтобы войти в надлежащий тон роли и отделаться от первого толчка, вызванного сильным снопом лучей, бьющих прямо в глаза артисту. Темнота зрительного зала ещё более усиливает блеск рампы», — писал автор специальной статьи, посвящённой рамповому освещению.6 Далее в статье говорится о том, что по теории теней нужно определить положение основного источника света (солнце, луна, заре­во пожара, рассвет и пр.) и основываться на его действии. Даже при об­лачности на небе легко найти небольшое сосредоточение света там, где за облаками находится солнце. В помещении источником дневного све­та служат окна и распахнутые двери, вечером его освещают лампы и свечи. В любом реальном случае наблюдается «единство света»: лучи идут или сбоку, или сверху, то есть обычно в одном направлении, и уж, во всяком случае, не освещают предметы снизу и со всех сторон одно­временно. Отсюда — естественные, привычные контрасты света и тени, которые можно наблюдать в помещении или на открытом воздухе. На сцене их воспроизвести невозможно, если использовать рамповое освещение. Иными словами, рампа не приспособлена к задачам худо­жественного освещения сцены.

Свет в театре конца XIX в. служил не для условного обозначения яв­ления и не для иллюстрации слов персонажей или событий пьесы. Све­товая композиция спектакля создавалась так натуралистично, чтобы зритель поверил в подлинность сценического явления. В каждом от­дельном случае освещение сцены воспроизводило особенности того ис­точника, который бы в действительности освещал место действия, — солнца, уличного фонаря и пр. Совершенно отказались от безличного общего освещения сцены, от подсветки исполнителей специальным лу­чом (этот приём использовался тогда лишь в балете); условный «свет ниоткуда» категорически отрицался. Если автор не давал никаких ука­заний относительно света, освещение продумывал и обосновывал ре­жиссёр. Анализируя текст, логику развития действия и построение ми­зансцен, изучая историю эпохи или конкретного события, он определял основные задачи световой имитации. После детальной разработки об­щего освещения начинался поиск нюансов: причудливые тени ветвей на стенах домов, свет, пробивающийся через листву, блики на потолке и стенах, свет из окна, из двери и т.п. Нередко случалось, что скупая ре­марка автора, которая лишь обозначала световое явление, развивалась в спектакле в почти самостоятельную картину, которая, однако, по сти­лю обязана была соответствовать общему оформлению постановки. Ис­точники света, кроме тех, что появлялись на сцене по сюжету (свечи, лампы, фонари, лунный диск и т.п.), должны были быть невидимы зри­телю. Вся световая аппаратура располагалась скрыто и в пределах сце­нической коробки.

Увлечение световыми имитациями естественно повлекло за собой изменение палитры света. Исторически сложившейся «цветовой триа­ды» — зелёный, красный и белый — стало уже недостаточно. Цветовая гамма желатиновых светофильтров и спиртовых лаков для окрашива­ния лампочек стала разнообразной и богатой тонкими оттенками. Так, световые переходы тех же желатиновых светофильтров имели до пяти­десяти цветов и оттенков.

Возможность распределять разнообразно окрашенный свет по от­дельным участкам сцены породила новое художественное качество оформления и новый сценический стиль — импрессионизм. Импресси­онизм вообще и сценический в том числе требует от художника не вос­произведения действительности, а передачи своих впечатлений, ощу­щений от неё. Настроения художника, его мироощущение и тончайшие душевные переживания приобретают самодовлеющее значение. Сце­нические интерпретации должны передавать возникновение и смену отдельных настроений и становиться филигранно тонкими. Чтобы со­здать смену и игру настроений, театр импрессионизма особенно тща­тельно подбирал сценическое освещение, пользуясь им либо как живо­писным приёмом, либо создавая световые переходы с тончайшими ню­ансами (как художник пользуется кистью и красками). Основой теат­рального творчества, с точки зрения импрессионизма, было воображе­ние, а одним из важнейших приёмов — преувеличение. Луи Гартман, за­ведующий освещением в театре известного американского режиссёра Давида Беласко, настаивал на том, что зритель не хочет видеть на сцене реальную жизнь со всеми подробностями в духе натуралистов.7 В свето­вой композиции импрессионистического театра не было ничего, что не было бы логически обосновано и согласовано с замыслом спектакля в целом. Сценическое освещение было частью целого. В театре импрес­сионизма полагали, что освещённость актёра должна быть строго согла­сована с общим освещением сцены, поэтому от дополнительной под­светки отказывались. Считалось даже, что слабое освещение фигуры или лица нередко больше помогает актёру, чем яркое. Свет приобретает ведущее, определяющее значение. Так, немецкий режиссёр К. Гагеман утверждал: «Только правильным освещением достигается то, к чему мы стремимся на сцене, то есть настроение. От правильно направленного освещения, от рода его, силы и управления им почти все зависит в теа­тре. Короче: дать правильное, своевременное освещение в данной сце­не является, пожалуй, самой тяжёлой задачей в деле режиссуры. Малей­шая ошибка осветительного техника может испортить не только впе­чатление, но даже иногда и погубить пьесу».8

Субъективные характеристики возобладали над сущностью явления, а конкретность сменилась туманными, расплывчатыми образами. Сол­нечный или лунный свет не был интересен сам по себе, его назначени­ем стала передача эмоций. Свет как таковой в импрессионистическом театре должен был быть отвлечённым и непосредственным, вполне сво­бодным и подвижным, подобно звуку. Но импрессионизму присуща двойственность: он стремится уйти от конкретности и одновременно продолжает утверждать, что нельзя вступать в противоречие с естест­венным. Г. Банг, увидевший постановку Московского Художественного театра «Месяц в деревне», писал: «Происходит странная вещь: желая достигнуть высшей иллюзии жизни, уходят от жизни; стремясь к естес­твенности и правдоподобности, застывают в неестественности».9

Смена настроений на сцене от едва уловимых интонаций и движе­ний до бурных, акцентированных сцен должна была иметь и соответ­ствующее техническое обеспечение для своего выражения. Сценичес­кое оснащение позволяло быстро переносить освещение с одного места на другое, затемнять или освещать часть сцены, менять светофильтры. Но полностью возможности света в импрессионистическом театре бы­ли раскрыты и использованы после технического усовершенствования горизонтов. Наряду с гладкой, туго натянутой материей мягкого гори­зонта, полуцилиндром окружающего сцену (т.н. циклорама), появились разнообразные жёсткие горизонты. Их ровная, гладко оштукатуренная поверхность в виде полуцилиндра или купола над планшетом сцены — особенно удачная основа для разнообразных световых композиций. Их преимущественно белая, светло-серая или бледно-голубая окраска по­зволяет работать чистыми тонами, превосходно передавая переливы цветного освещения, а при умелом расположении источников света — и пространственную глубину.

Кроме световой живописи, достижением импрессионистического театра является создание светового занавеса между отдельными карти­нами или в переходах к антрактам. До этого техника сцены знала лишь так называемые «чистые перемены», то есть замену декораций при час­тично или полностью выключенном свете, а то и на глазах у публики. Теперь свет медленно гаснет до полной темноты, в которой меняются декорации, а затем постепенно усиливается. Разнообразные вариации переключений света и световые модуляции позволяют поддерживать нужное настроение зрителей даже в моменты сценических пауз.

Такие художественные и технические решения как постепенные пе­реходы света, сочетания контрастного освещения и мягких теней или яростного колорита чистых тонов и сложных переливов утончённо- блёклых оттенков были найдены в результате неустанных проб. В поис­ках нового Гартман экспериментировал с разнообразными матирован­ными фильтрами из стекла и желатина, а Д. Беласко, с целью получения мягкого спокойного света, изобрёл фильтр с мягкими краями, который составляется из нескольких V-образных слюдяных пластинок разной плотности, наложенных друг на друга.

Реалистический и импрессионистический театры различно толкова­ли само понятие реального («настоящего») на сцене. Так, руководив­ший Мюнхенским Художественным театром «импрессионист» Г. Фукс утверждал, что «настоящим в сценическом смысле мы должны считать всё то, что в наших зрительских впечатлениях связано с общим настро­ением драмы».10 Клод Брагдон следующим образом формулировал зада­чи осветителя, приступающего к новой постановке: «Освещение долж­но раскрывать настроение и психологический смысл пьесы». При этом он настаивал, что свет даже в самой реалистической постановке не дол­жен точно имитировать явление. «Небесный горизонт, освещённый дневным светом, — полагал Брагдон, — очень сильно искажает впечат­ление от игры актёров, и поэтому, чтобы достичь естественности, надо вообще отказаться от подражаний природе».

Свет, до этого лишь обозначавший, имитировавший и характеризо­вавший явления, становится почти самостоятельной частью оформле­ния сцены. Оказывается, например, что для создания впечатления ин­тимной, уютной комнаты вовсе не нужно пользоваться декорациями и мебелью — совершенно достаточно уменьшить просцениум и изме­нить силу света. «Это не сама комната, а лишь пространственное и све­товое отношение, необходимое для того, чтобы вызвать в фантазии зри­теля то представление, которое нужно автору в известный момент дра- мы».11 Такое толкование роли света на сцене вплотную сближает теат­ральное искусство с импрессионизмом в живописи, где предметы изо­бражаются намёком, неясным контуром, где решающую роль играют световые и цветовые соотношения. Фукс называет свет «важнейшим носителем тех действий, которые производит на нас пространство». Чтобы, используя возможности электротехники, «распределить и на­править эти огромные и разнообразные массы света, ...требуется твор­ческий дух художника. Если уж для париков, костюмов, занавеса и ков­ров считается необходимым артистический вкус, то тем более он необ­ходим для освещения, которое властно и правдиво выявляет перед зри­телем все эти вещи, выявляет самого актёра. И мы не должны отныне пренебрегать нашими инженерами и электротехниками, творчество ко­торых исполнено настоящего величия. Художник изобразительного ис­кусства должен протянуть им свою руку».12

Работы художника А. Зальцмана в Институте Ж. Далькроза в Хелле- рау (Германия) также были близки импрессионистическим исканиям в области света. Зальцман совершенно отвергал световые эффекты в их обычном понимании. Он стремился получить при помощи света на­строение, атмосферу — то, чего добивались в своих картинах импресси­онисты. Сам подход к построению световой композиции у Зальцмана был противопоставлен натуралистическому методу. Если для натура­лизма характерны точность, документальность, широкое использова­ние достижений науки и техники, то импрессионизм больше внимания уделяет субъективному восприятию света и его воздействию на психи­ку. Зальцман считал, что большинство людей не умеют правильно вос­принимать, точнее, интерпретировать зрительную информацию. «В этом легко убедиться даже самим техникам по вопросам освещения: они доверяют больше своим вычислениям, чем собственным глазам, и потому придают слишком большое значение высчитанным световым нормам. Для глаза, а, следовательно, и для воспринимаемого впечатле­ния существенны лишь самые воздействия, имеющие, правда, относи­тельное значение. Научиться испытывать на себе эти воздействия рав­носильно приобретению опыта зрительного восприятия».13 В личных ощущениях Зальцман видел основу для построения наиболее выраз­ительной световой композиции. «Солнечный или лунный свет, — писал он, — сам по себе для нас неинтересен; он интересует нас лишь как эле­ментарная форма душевного переживания. Свет как таковой должен быть вполне свободным и подвижным, подобно звуку; как последний, он должен быть отвлечённым и непосредственным».14 В театральном действии, по Зальцману, должен применяться так называемый тональ­ный свет. Его основа — рассеянный свет, похожий на дневной свет без солнца, усиливающий краски и дающий максимальную выразитель­ность контурам. Если необходимо усилить игру света и теней, добавоч­ное освещение должно быть применено в уже освещённом простран­стве. Прожектор Зальцман уподобляет солнцу и считает, что использо­вать его следует лишь тогда, когда нужна максимальная сила света. Все свои идеи Зальцман остроумно и с изящной простотой воплотил у Далькроза в его институте, построенном архитектором Тессеном. В за­ле длиной 46, шириной 19 и высотой 12 метров он затянул стены и по­толок белой тонкой тканью, а за ней разместил лампочки накаливания. Ткань смягчала и рассеивала лучи ламп, и всё помещение равномерно заполнялось светом. Теневой рисунок исчезал. Не было и традиционно­го контраста между затемнённым зрительным залом и освещённой сце­ной, поскольку не было обычной сцены, а оформление собиралось из отдельных модулей-кубов.

Управляя источниками света, объединёнными в отдельные секции, можно было усиливать свет до «лазурного fortissimo» или ослаблять его до «дрожащих трепетных сумерек», создавая «мистическое слияние всех ощущений».15 За десять с лишним лет до Зальцмана Фортуни также про­водил эксперименты с рассеянным светом. Однако он шёл другим пу­тем, приспосабливаясь к сцене-коробке, и, в отличие от Зальцмана, до­бивался с помощью своих аппаратов главным образом имитации естес­твенного освещения.

Зальцман применил свою систему и в России в 1916 г. при постанов­ке А. Я. Таировым «Фамиры Кифаред». Источники света на сцене были расположены за просвечивающими тканевыми экранами и давали ров­ный рассеянный свет, наполнявший сценическое пространство. Часть ламп накаливания была окрашена синим лаком. Отдельные ламповые секции включались через реостаты. Благодаря этим приспособлениям можно было варьировать освещённость в разных местах сцены и раз­личным образом сочетать свет белых и синих лампочек.

Эффект цветного освещения, проблемы воздействия света и цвета на психику чрезвычайно интересовали импрессионистов. В японском театре смена красочных костюмов обозначает изменившуюся ситуацию на сцене. Этот приём восхищал Фукса тем, что, по его мнению, произ­водил эффект значительно больший, чем привычные громы и бури за­падного театра. Европеец М. Рейнгард в одной из своих постановок из­менял с помощью освещения цвет неба в зависимости от сценического действия. Американец Вальтер Хампден в постановке «Макбета» вы­брал цветовое решение костюмов и декораций в соответствии с англий­ской цветовой символикой. Чёрный цвет обозначал зло, красный — кровь, убийство, золотой — честолюбие, королевское могущество, оранжевый — любовь, светло-зелёный — равнодушие и жестокость, ко­ричневый — мрак. Соответствующим было и освещение, тактично сде­ланное К. Брагдоном. Главным для Хампдена и Брагдона было создать впечатление тумана и мрака. Для этого были затемнены верхняя сцена и боковые пространства. Свет давался преимущественно локализован­ный. Исполнители появлялись среди тюлевых завес «неизвестно отку­да», по словам Брагдона, освещались лучами заходящего солнца и сно­ва уходили в неизвестность. После каждой сцены свет вырубался, зана­вес опускался в полной темноте.16 Следует заметить, что использование цветного освещения не всегда бывало удачным. Нередко, по словам Адольфа Виндса, свет превращал сценическую площадку в коробку с красками.17

Локализованное освещение занимало значительное место в импрес­сионистическом театре. Заимствованные у натуралистического театра солнечные и лунные блики, разного рода тени и контрасты между вы­свеченной и затемнённой частью сцены и использование принципа оп­равдания бытового или естественного источника света быстро уступили место локализованному освещению в чистом виде. Уже не требовалось сюжетное оправдание луча, падающего на сцену, не нужно было изо­бражать лунный столб, свет лампы и т.п. Приём освещения исполните­ля или части сцены белым или цветным лучом используется для созда­ния не только необходимого настроения, но и иллюзорной перспекти­вы. Так, М. Рейнгард в постановке «Смерть Дантона» создал локализо­ванными лучами рембрандтовское освещение, заставив зрителя пред­полагать, что за границами света на сцене, во тьме, скрываются огром­ные людские толпы.

Импрессионизм незаметно переходил в символизм. Символисты ис­кали свои способы воздействия на зрителя. Любимые символистами неразгаданную тайну и неумолимый рок надо было облекать в символы, обращаясь к обострённым чувствам человека. У символистов световая имитация создается не ради правдоподобия; в этом театре старинный эффект лунной ночи нужен для того, чтобы создать мистическое ощу­щение нереального, потустороннего мира. Стремление к недосказанно­сти, бестелесности приводит к тому, что сама техника иллюзорного ос­вещения начинает казаться излишней, поскольку создает впечатление реальности. Даже извечные рампа и софиты слишком подчёркивали подлинность обстановки на сцене, чрезмерно её материализовали. Вза­мен софита и рампы символический театр начинает применять ещё бо­лее локализованное освещение, сосредоточивающее все внимание зри­теля на одном маленьком участке сцены, погружая в темноту её глуби­ну и бока. При таком освещении видимый участок сцены изолировал­ся, «отрывался» от реальности, растворённой в темноте, и становился частью нового, неведомого мира.

Как пример наиболее последовательного использования «символи­ческого» сценического освещения можно привести постановку «Жизни человека» Л. Андреева в театре В.Ф. Комиссаржевской (1907 г.). В этом спектакле отказались от рампы, софитов и бережков, осветив каждую сцену лишь одним каким-то прибором. Очевидец пишет: «Из одного источника света ложится на какую-нибудь часть сцены световое пятно, которого хватает только на то, чтобы осветить около него размещённую мебель и того актёра, который поместился близко к источнику света. Затянув всю сцену серой мглой и освещая лишь отдельные места, при­том всегда только из одного источника света (лампа за диваном и лампа над столами в сцене пьяниц), удалось создать у зрителей представление, будто стены комнат построены, но их зрители не видят, потому что свет не достигает стен».18

Свет в сценографии Адольфа Аппиа. Выдающийся швейцарский ре­жиссёр и художник считал, что задача сценографии заключается в том, чтобы создавать соответствующие пространственные формы, которые в одних случаях должны быть статичными, в других — динамичными. Сцена представляет собой замкнутое пространство, организация кото­рого должна быть трёхмерной. При этом живописная иллюзия третьего измерения на сцене, где пространство — объективная реальность, им отвергалась. Аппиа считал, что «ни одно движение актёра не может быть приведено в жизненное соответствие с объектами, нарисованны­ми на полотне».19 В современном ему театре Аппиа выделял четыре группы пластических элементов сценического дизайна: вертикальный живописный задник, горизонтальный пол, движущегося актёра и осве- щённое пространство, в котором все это заключено. Аппиа выработал свою сценическую иерархию художественных компонентов. В его по­нимании первое место отводилось актёру, второе — пространству, тре­тье — свету, четвёртое — цвету. В своей первой и основной теоретичес­кой работе «Музыка и искусство сцены», опубликованной в 1899 г., Ап- пиа называл декорации и свет неотъемлемыми составными частями драмы и оперы. В своих проектах он стремился разрабатывать архитек- тоничные декорации, максимально раскрывающие возможности осве­щения. Аппиа считал, что декорации должны быть скорее текстурны­ми, нежели крашеными. Прогнозируя будущее театра, он писал: «Сце­ническая декорация не будет, как в настоящее время, комбинацией пря­моугольных щитов... но будет создаваться специально — комбинация различных плоскостей, простирающихся в пространстве».20

Новаторские решения Аппиа, разработанные для традиционной плоской сцены, сводились к использованию мощных горизонтальных поверхностей. Мерный ритм своих простых пространственных кон­струкций Аппиа разрушал резкими световыми эффектами. Мысли Ап- пиа относительно освещения были чрезвычайно смелыми и глубокими, физический феномен света он использовал как художественное сред­ство для создания светоносной среды сценического пространства. В его проектах свет выступал как «связующая сила, драматический свет, ди­намический свет, свет — совершенный помощник, объединяющий, проясняющий, наполняющий эмоциональным содержанием». Аппиа одним из первых осознал, что театральный свет по своему воздействию может быть равнозначен музыке: «поэт-музыкант рисует свою картину светом», «только музыка и свет могут выражать внутреннюю природу сущего. Даже если их относительная значимость в музыкальной драме не всегда одинакова, по своему эффекту они близки. Обоим требуется объект, поверхности которого они могут сообщить креативную форму. Поэт обеспечивает объект для музыки, актёр в сценической декора­ции — для света»,21 — писал он. По мысли Аппиа, тщательно отрежис­сированный свет должен быть своего рода двойником музыкальной программы. Подвижность, гибкость, возможность бесконечной нюан­сировки обеспечивают эмоциональное воздействие света на зрителя: «облики солистов и статистов, хористов или артистов кордебалета обре­тут истинную выразительность, если их озарит скользящий, движущий­ся свет». Говоря о «сценических картинах», Аппиа имел в виду не живо­пись, а цвет и свет. Так, избегая прямых живописных иллюзий, можно с помощью света вызвать у зрителя ощущение воды и глубины, бес­крайних воздушных просторов, отблесков пламени, солнечных бликов и зелёной прозрачности леса.

Аппиа подверг тщательному анализу проблемы, с которыми режис­сёр может столкнуться на практике. В своем творческом предвидении он в деталях предугадал техническую базу современной театральной си­стемы освещения и описал возможности применения света как для со­здания сценической атмосферы, так и для усиления драматической вы­разительности представления. Аппиа делил все источники света на две основные группы: рассеянного (диффузного) или общего света и света направленного (с переменной направленностью). Диффузный свет Ап- пиа считал слишком бесстрастным, неэмоциональным, и предназначал для освещения сцены. Основное значение он придавал направленному свету, хотя на рубеже XIX—XX вв. театр его избегал. Аппиа первым пе­ренёс драматический свет из живописи на театральную сцену. Он утвер­ждал, что дающий тени сфокусированный свет придает форме новую эмоциональную силу и значение, «открывает» и «определяет» её, лепит лицо «как скульптор», тогда как, например, рамповая подсветка снизу, напротив, сглаживает черты, уменьшает выразительность мимики, вы­нуждая актёров слишком активно пользоваться гримом. Однако Аппиа предостерегал от того, чтобы сужать возможности направленного света: «Свет не должен использоваться только для того, чтобы усиливать или ослаблять скульптурность лица; в ещё большей степени он должен слу­жить отделению актера от сценического фона естественным образом в зависимости от того, является ли данная роль в настоящий момент до­минирующей на сцене или второстепенной». Аппиа считал, что тень так же важна для театрального художника, как и свет, и возможна ситу­ация, когда одна единственная тень может раскрыть основную идею спектакля. Американский режиссёр Ли Симонсон писал: «Свет и тень с полотен Рембрандта, Домье, Пиронезе в качестве выразительного средства окончательно перекочевали в театр, и — в отличие от световых пятен на заднике в постановках романтиков — как заполнение про­странства, и как средство формирования объёма, окружающего актё­ра».22

Аппиа первым заговорил о создании проекционных декораций (на выставке в Копенгагене декорации Аппиа произвели сильное впечатле­ние на его современника режиссёра Гордона Крэга). Аппиа писал: «Свет может быть окрашен либо в силу естественных характеристик, либо ис­кусственно — цветными стеклянными светофильтрами; с его помощью можно проецировать изображения любой степени интенсивности, на­чиная от самых слабых световых пятен до графических структур. Хотя как для диффузного, так и для направленного света необходим объект для того, чтобы материализоваться на нём. Окраска света изменяет цвет поверхности, его отражающей, и посредством проецируемых картин или комбинаций цветного стекла можно создавать на сцене атмосферу или даже реальные предметы, которые до световой проекции не сущес­твовали». Аппиа показал, что иллюзия расстояния, пространства на те­атральной сцене может быть создана определённым соотношением яр­кости световых объёмов и поверхностей, при этом иллюзорная глубина так же убедительна, как реальная, которую можно было бы получить за счёт увеличения физического пространства. Аппиа ввёл в практику спе­циальные световые репетиции, чтобы настроить весь комплекс свето­вой аппаратуры в соответствии со своими творческими замыслами. Часть осветительных приборов направлялась на декорации, другая часть — на лица актёров. В представлении Аппиа организация освеще­ния напоминала дирижирование оркестром: по ходу спектакля каждая лампа, каждый световой прибор, подобно отдельным музыкальным ин­струментам, то солировали, вели главную тему, то аккомпанировали, создавая вместе световой симфонический эффект.

Поразительно тщательно Аппиа прорабатывал свои световые партитуры. Вот, на­пример, описание второго акта постановки «Тристана и Изольды». «Когда Изольда входит, она видит только две вещи: горящий факел — сигнал для Тристана — и окружающую тем­ноту. Она не видит замковый парк, светящееся пространство ночи для неё только жуткая пустота, которая отделяет её от Тристана. Только факел неопровержимо остается тем, что он есть — сигналом для любимого человека. Наконец, она тушит его. Время останавлива­ется. Время, пространство, звуки природы — всё поглощено. Ничто не существует, потому что Тристан в её объятиях.

Каким образом это должно быть реализовано сценически так, чтобы зритель, не об­ращаясь к логическому мышлению, без сознательных умственных усилий сумел бы без­оговорочно понять внутренний смысл этих событий?

При поднятии занавеса в центре сцены — большой факел. Сцена освещена достаточ­но для того, чтобы можно было отчётливо узнавать актеров, но не настолько ярко, чтобы забить пламя факела. Формы, ограничивающие сцену, едва видны. Несколько едва разли­чимых линий обозначают деревья.

Со временем глаз привыкает к сцене. Постепенно начинает вырисовываться более или менее отчетливая масса здания, примыкающего к террасе. На протяжении всей пер­вой сцены Изольда остается на этой террасе, и между ней и задней частью сцены можно видеть откос, но разобрать его точный характер невозможно. Когда Изольда гасит факел, декорация тонет в полумраке, в котором взгляд теряется.

Изольда погружена в эту шепчущую темноту в момент, когда она устремляется к Три­стану. В первые мгновения их встречи они остаются на террасе, потом приближаются к зрителям. Настолько медленно, что движение практически незаметно; они уходят с тер­расы и по едва видимым ступеням поднимаются на возвышение около задника. Затем, по мере того, как мы всё больше и больше убеждаемся в Смерти Времени, они, наконец, достигают глубины сцены, где, и мы замечаем это впервые, их ждет скамья.

...Тенистая тьма, окружающая их, становится ещё более однородной, формы терра­сы и замка растворяются. Даже различные уровни планшета сцены уже едва различимы.

Возможно из-за контраста темноты, сгустившейся после того, как погас факел, или потому, что наш взгляд проследил путь, которым Тристан и Изольда только что прошли, как бы то ни было — мы чувствуем, как мягко несут их окружающие предметы. В то время как начинает звучать песня, света становится ещё меньше; формы человеческих фигур те­ряют свои очертания. Затем, на первом фортиссимо оркестра, бледный отблеск света не­ожиданно падает в правый дальний угол сцены: появляются король Марк и его воины. Медленно усиливается холодный бесцветный блеск дня. Глаз начинает узнавать основные очертания сценических декораций, и их цвет проявляется во всей его жёсткости...

В декорациях холодных цветов, жёстких как кость, только одно пятно затенено от света разгорающегося дня и продолжает оставаться мягким и тенистым — скамейка и ос­нования террасы...» (Образцова А. Г. Синтез искусств и английская сцена на рубеже XIX— XX вв.).

Гордон Крэг, английский режиссёр, художник, историк и теоретик театра, противопоставлял символизм реализму, который он считал «вульгарным способом изображения, присущим слепым». Особое зна­чение он придавал световой композиции спектакля, полностью отка­завшись в ней от какого-либо правдоподобия и детализации. По Крэгу, главной целью освещения сцены должно было стать раскрытие внут­ренней динамики спектакля, а методом его, как и всей постановки, должно служить то, что он называл благородной искусственностью. Од­ним из первых (в 1902 г.) Крэг отказался от рампы и перешел на локали­зованное освещение.

Первая мировая война и последовавший за нею кризис потрясли прежние экономические и нравственные устои; люди лишились уве­ренности в завтрашнем дне. В этот период настроениям общества (осо­бенно в Германии) оказалось созвучно течение экспрессионизма. Час­тично смыкаясь с символизмом, экспрессионизм решительно противо­поставлял себя импрессионизму, а тем более реализму. Художник-экс­прессионист демонстрировал эпизоды распадающейся, как ему каза­лось, жизни. Ему незачем было изучать действительность, как это делал реализм, или передавать свои впечатления в художественной форме, как это было свойственно импрессионизму. Театральный, сценический экспрессионизм также не брал жизнь во всем её многообразии и цель­ности, а выхватывал отдельные события, торопливо чередуя их в пуль­сирующем ритме, отбрасывая прочь все детали и подробности. Акцен­тирование, подчёркнутость явлений — один из характерных приёмов этого стиля. Экспрессионизму чужда декоративная иллюзорность. Сце­ническое убранство лаконично, представлено чаще всего архитектур­ными формами и предназначено иллюстрировать значимость и расста­новку сил в сюжете пьесы. Динамичность присуща всему сценическому оформлению, даже статические станки устанавливаются в таком ракур­се, чтобы зритель всё время находился под впечатлением движения.

Интересны художественные эксперименты немецких экспрессио­нистов. Театр «Трибуна», один из первых немецких экспрессионистиче­ских театров (1919 г.), вовсе отказался от какой бы то ни было сцениче­ской обстановки. Его актеры играли в лучах прожекторов на простой эстраде. Но этот аскетизм не нашел последователей. Экспрессионисты по-прежнему пользовались сценой-коробкой.

Стремясь найти новые выразительные средства для передачи на­строений героев и мыслей автора, экспрессионисты значительно обога­тили технику сценического освещения. В театрах появилась новая про­жекторная аппаратура, начиная от ручного прибора с миниатюрной лампой накаливания и кончая снопосветами. Сценическое освещение приобрело новые черты и временами занимало совершенно исключи­тельное положение среди других технических средств. Быстрые свето­вые смены эпизодов, подчёркнутое выделение персонажей светом, вы­рывание отдельных мест сцены сильно концентрированным лучом, не­ясность контуров, мистические тени, тревожные колебания лучей про­жекторов — отличительные черты экспрессионистических спектаклей.

Арочная система с её довольно равномерным светом, покрывающим собой всю сценическую площадку, не устраивала экспрессионистов, требовавших от художника по свету, прежде всего, разнообразных при­ёмов локализованного освещения. Привычные софиты, рампу, бережки и щитки сменили линзовые прожекторы, снопосветы и горизонтные латерны. Первые два вида аппаратов давали направленный свет. Гори- зонтные приборы рассеянного света позволяли передать неясную рас­плывчатость дали, создать наиболее выразительную игру света и тени на горизонте. С их помощью также выполняли излюбленный экспрессио­нистический приём — силуэтное освещение: задние планы сцены осве­щаются сильнее первых, и на светлом фоне зрители видят лишь силуэ­ты персонажей.

Ведущая роль оставалась за локализованным освещением, и самым знаменитым, любимым приёмом были пятна прожекторов. Этот свет указывали в ремарках драматурги, постоянно использовали режиссёры, отмечали театральные критики. Сцена погружалась во тьму (чёрный фон, неосвещённый горизонт), лишь место действия было обозначено световым пятном, отчего создавалось впечатление пустоты, окружаю­щей героев. Г. Штрабах осуществил свою постановку пьесы Э. Толлера «Человек-масса» на чёрных платформах, перемещавшихся на фоне пу­стоты неосвещённой сцены. Платформы сливались с темнотой задних планов сцены и были почти невидимы. С открытием занавеса загора­лись три прожектора, освещавшие световыми пятнами три фигуры ис­полнителей на фоне чёрного провала сцены. Р. Грослей (Англия) при постановке той же пьесы пользовался прожекторами друммондова света, направляя их свет с одной стороны сцены на чёрный задник. Ко­леблющиеся, пульсирующие лучи прожекторов освещали отдельные фигуры исполнителей, воздействуя на зрителей, по словам Грослея, не менее сильно, чем актёрская игра.

Впечатление безграничности сценического пространства, достигае­мое с помощью распределения освещения сцены, особенно наглядно в постановках Берлинского Государственного театра «Отелло», «Ричард III» и «Дон Карлос». Громадный горизонт театра либо был совершенно тёмным, либо освещался цветным светом с таким расчётом, чтобы по­лучить наибольшую глубину сценического пространства, в котором размещались лестницы. В «Доне Карлосе» на первом плане был поме­щён второй чёрный портал, резко контрастировавший с позолоченны­ми ступенями лестницы и общим розово-красным освещением, кото­рое создавало впечатление неосязаемости вещей на сцене. В «Ричарде

***t***

III» с помощью локализованного освещения (белые пятна прожекторов на фоне ярко-красного освещения) выделялись наиболее значимые мо­менты спектакля. Эта постановка — кладезь самых различных приёмов экспрессионистического театра. Декорация представляла собой враща­ющуюся конструкцию из кубов и лестниц. Размещение актёров на пло­скостях и ступеньках соответствовало взаимоотношениям персонажей. На конструкции игрались только основные сцены, а промежуточные режиссёр вынес в зрительный зал. Двигались актёры подчёркнуто теат­рально; их костюмы были совершенно условными, лишёнными какой бы то ни было историчности. Покрой одежды, контрастные цвета и де­тали остро характеризовали героев, символизировали их качества. Бута­фория была минимальной. Свет в этом спектакле также выражал экс­прессионистические настроения. Вся сцена освещалась только прожек­торами, нередко сводившимися в одно место. Благодаря этому действу­ющие лица выходили на игровую часть сцены из полного мрака. Цвет­ное освещение было главным образом светло-синим, не искажающим цветовую контрастность; для общего освещения применяли фиолето­вый свет. В некоторых сценах фигуры героев в направленном свете про­жекторов отбрасывали на горизонт громадные тени, что усугубляло мрачный мистицизм постановки. Вообще теневой рисунок был попу­лярным приёмом экспрессионистического театра. Так, тень, которая подчёркнуто и преувеличенно повторяла обдуманную позу актёра, по­могала передать внутреннее состояние персонажа; изменяя сравнитель­ные размеры теней, можно было показать отношение автора (и режис­сёра) к героям или соотношение их сил в том или ином эпизоде; тень создавала «двойника» героя или изображала его второе «я».

Экспрессионизм оказал воздействие и на советский театр, особенно в начале нэпа (1920-е годы). В экспрессионистических постановках со­ветских театров к свету предъявлялись те же стилистические требова­ния: локализация, контрастность, динамика. Один из типичных экс­прессионистических спектаклей — «Эуген Несчастный» Э. Толлера в Малом Академическом театре (Ленинград, 1923 г.). Постановщик С.Э. Радлов и художник В.В. Дмитриев широко использовали приём транспаранта, позволяющий создать контрастность теней и характер­ную для экспрессионизма схематичность. Несколько экспрессионисти­ческих спектаклей поставили режиссёр В.Н. Соловьев и художник А.В. Рыков, проявляя большую изобретательность (используя, в част­ности, цветное освещение) в световой композиции спектакля. Громад­ное значение световому оформлению спектакля придавал Ленинград­ский ТРАМ (Театр рабочей молодёжи). В световой выписке спектакля «Клёш задумчивый» можно встретить самые разнообразные приёмы ра­боты со светом: общие вырубки (паузы в темноте), медленные затемне­ния, обычное прожекторное освещение, высвечивание узким цветным или белым лучом, быстрые смены цветного освещения как в отдельных приборах, так и в общем освещении сцены, перебрасывание луча, бес­покойное движение прожекторов, разноцветные мигания разнообраз­ных приборов. В довершение всего на сцене располагали зеркальное стекло, в котором появлялись изображения исполнителей. Это приём старинного аттракциона — иллюзиона, творчески переосмысленный трамовцами и созданный при консультации одного из мастеров эстрад­ных иллюзионов — Геева. Для смены освещения в ТРАМе применяли две лампы мощностью по 1000 Вт, включённые в цепь с реостатом.

Отражение в зеркале или зеркальном стекле применялось в целом ряде «иллюзио­нов», основанных на оптических обманах. Наиболее известен среди них аттракцион «Жен­щина-паук». Для этого номера строилась лесенка, у которой над тремя-четырьмя настоя­щими ступеньками помещалось под углом 45 градусов зеркало, в котором они отражались, создавалась иллюзия продолжения лестницы. Исполнительница сидела позади зеркала, положив голову на полукруглый вырез, сделанный в его верхней кромке. Над артисткой к лестнице подвешивали искусственную паутину с натуралистически выполненным бута­форским пауком. Отражения совмещались в системе зеркал, и зрители видели гигантско­го паука с женской головой. На подобном оптическом обмане построен и иллюзион «Го­ворящая голова».

Специальная оптическая система была создана также для аттракциона «Галатея, или Оживающая статуя». Зритель вцдел сначала мнимое изображение статуи, находящейся не­видимо для него сбоку или снизу от стекла. Затем свет, направленный на статую, убавляли с помощью реостатов или примитивных заслонок и одновременно начинали, постепенно усиливая, освещать актрису, стоящую в позе статуи за стеклом, которая раньше была скры­та в темноте. При полном освещении исполнительницы и полном затемнении статуи зри­тель видел на постаменте вместо мраморной фигуры живую женщину.

«Призраки», нередко появляющиеся на сцене в театральных спектаклях, тоже созда­ются по законам оптики. Актёр, играющий призрака, находится за кулисами или в трюме. Он ярко освещён направленным лучом. На сцене установлена оптическая система, даю­щая мнимое изображение актёра. Оно называется мнимым потому, что существует в дан­ном месте только в представлении человека (зрителя); его видит глаз, но на фотопластин­ке или экране изображения не будет. Стекло задекорировано чёрной тканью и совершен­но незаметно. В результате всех ухищрений на сцене возникает настоящий призрак: по хо­ду действия его пытаются схватить, но руки проходят сквозь тело, пытаются проткнуть шпагой, но клинок пронзает его, не разрушая.

Конструктивизм — ярчайшее явление советского искусства 1920-х го­дов — имел значительные художественные достижения и в области теа­трального искусства. Конструктивистский театр, решительно противо­поставивший себя иллюзорному театру, отказался от сцены-коробки со всей её машинерией и декорациями. В отношении света конструкти­визм также искал новые приёмы. На месте декораций появился станок (площадка, обтянутая чёрным сукном), не связанный с кулисами. На нем и развивалось динамическое сценическое действие. Этот станок режиссёр-конструктивист стремился осветить так, чтобы подчеркнуть динамизм его форм и полнее передать настроение спектакля. От рампы и софитов отказались полностью, они были заменены армейскими про­жекторами, которые открыто размещались в зрительном зале и были частью художественного замысла постановщика (1922 г.).

Со временем оформление сцены в конструктивистских спектаклях начало терять присущую ему в начале абстрактность. Станок стал живо­писным, а свет приобрёл динамизм. Свет перестал только освещать сце­ническую площадку станка. Вот несколько приёмов использования на­правленного света прожекторов в театре эпохи конструктивизма: лучи перебрасывались с одного участка сцены на другой, в зависимости от того, где разыгрывалось действие; исполнители освещались таким об­разом, чтобы на горизонте сцены появлялись чёткие, графические тени; в сцене погони актёры изображают бег меж движущихся декораций, а лучи прожекторов быстрым движением многократно пересекают сце­ну и создают полное впечатление непрерывного и напряжённого дви­жения.

Театр смело применял средства и находки киноискусства для усиле­ния выразительности спектакля, так же, как ранее он привлекал в этих целях возможности музыки, живописи, архитектуры. Взаимоотноше­ния кино и театра, в частности, своеобразие кинофикации театра и свя­занные с этим проблемы света горячо обсуждались в то время. Влияние кино на композицию спектакля, безусловно, признавалось (например, заимствование метода построения спектакля с быстро меняющимися эпизодами). Но кинематографические приёмы невозможно было меха­нически переносить на сцену; для того, чтобы адаптировать их к усло­виям театра, чаще всего использовали возможности театрального осве­щения. Переход от эпизода к эпизоду, который в кино осуществляется монтажом, в театре в пределах неизменной декорации выполняли пере­носом концентрированного луча с одного участка сцены на другой, бы­строй вырубкой всего освещения или сменой его цвета. Локализован­ное освещение позволяло также имитировать крупный план: луч выде­лял фигуру актёра или концентрировался на его лице. Игрой света до­бивались эффекта кинонаплыва. Экспрессионисты с помощью таких наплывов стремились добиться большего психологизма, показывая раз­двоение личности, борьбу чувств и мыслей и т.п. В советском конструк­тивистском театре наплывом пользовались, чтобы показать на сцене одновременно события разных времён, воспоминания героя о прошед­шем или его мечты о будущем и пр.

Конструктивисты широко использовали проекторы и киноаппара­ты, показывая зрителям, например, названия эпизодов, место действия, характеристики действующих лиц, географические карты, телеграммы, агитационные лозунги и цитаты. Для театральных постановок специ­ально снимались эпизоды, рисовались анимационные сюжеты, подби­рались и монтировались в соответствии с замыслом режиссёра кадры из фильмов. Интересные работы с применением кино делал художник и режиссёр Н.П. Акимов: в Москве — «Разлом» в театре Вахтангова, в Ленинграде — «Враги» в Большом драматическом театре. Для этой по­следней постановки Акимов сконструировал на основе эпидиаскопа прибор, названный теаскопом. Теаскоп позволял проецировать на эк­ран изображение действующих лиц крупным планом и давать наплывы одновременно с действием на сцене.

Конструктивисты использовали в своих спектаклях и кинопоказ. По ходу пьесы фильм проецировался на специальный экран или непо­средственно на декорации. В последнем случае демонстрация осущест­влялась одновременно на разных планах (павильон), и изображение прерывалось в тех местах, где попадало на мебель, окна, двери. Этот но­вый творческий приём назывался «рваный экран». Возникал яркий эф­фект, невозможный в обычном кинотеатре, совершенно изменявший восприятие зрителя. «Рваный экран» и наплыв применял, например, В.Н. Соловьёв в своих постановках в Ленинграде. Можно утверждать, что эти творческие приёмы — итог экспериментов Соловьёва, который был одним из первых и наиболее ярких представителей русского экс­прессионизма.

Особенно интересен по замыслу и выполнению анимационный фильм, сделанный по эскизам М.З. Левина для одной из постановок Большого драматического театра. Боль­шая часть действия проходила в вагоне идущего поезда. Декорация вагона в разрезе была установлена вдоль рампы за опущенным тюлевым занавесом. На занавес проецировался мультипликационный фильм, и перед зрителями мелькали станционные вывески и силу­эты построек, возникали клубы паровозного дыма, а под конец действия появлялся желез­нодорожный мост. Бегущее словно за окнами поезда изображение в сочетании с ритмич­ным стуком колес, который транслировался по радио, создавало впечатляющую динами­ческую картину.

Искусство художественно-светового оформления театральных спек­таклей развивалось на протяжении нескольких столетий. Свет на сцене, в конечном счёте, определялся принципиальными творческими поис­ками театра в рамках того или иного художественного стиля. Натура­лизм с его стремлением к конкретности и правдивости, в частности, в работе со светом, дал целый ряд ценных приёмов. Импрессионизм обогатил цветовое оформление спектакля: появились контрасты, по­степенные цветовые переходы, распределение яркости, цветное осве­щение. Символизм и экспрессионизм усовершенствовали технику ос­вещения и создали приёмы локализованного освещения.

История театра показала, что творческий процесс художественно- светового оформления спектакля требует строгого обдумывания и пра­вильного построения световой композиции. Сценическое освещение — это не просто сумма отдельных красок, эффектов, приёмов, это органи­ческая часть спектакля как художественного произведения в целом. Бы­ло бы ненужным и излишним требовать от режиссёра и художника вла­дения технической стороной сценического освещения, но владеть све­том как художественным материалом, уметь видеть и чувствовать значе­ние и возможности света, уделять ему серьёзное внимание сегодня не­обходимо.

Все сноски вынесены в конец книги в раздел ПРИМЕЧАНИЯ.

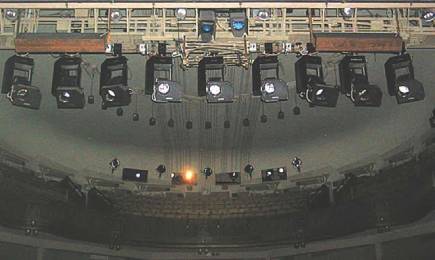
Глава 3

**Комплекс светотехнического оборудования сцены**

Все помещения театра можно разделить на две части: зрительскую и сценическую. К зрительской части относятся помещения, которые зрители посещают во время представления и до него: зрительный зал, фойе, вестибюли, гардеробы, буфеты. Эти помещения освещаются в со­ответствии с творческими замыслами архитектора — автора здания. Та­ким образом, это одна из разновидностей архитектурного освещения интерьера. В сценическую часть входит сцена, а также вспомогательные и технические помещения, которые используются для подготовки и проведения представления исполнителями и работниками театра.

К вспомогательным помещениям относятся технические помеще­ния, где готовятся к представлению. Это артистические уборные, гри­мёрные, костюмерные, осветительный цех, мебельные, реквизитор­ские. А также складские помещения: склады декораций, мебели, бута­фории, реквизита, костюмов и прочего. Вторая группа технических по­мещений служит для производства и изготовления материальной части представления: столярный, слесарный цеха, мебельные, бутафорские, пошивочные, макетные и другие мастерские. К техническим помеще­ниям относятся и административные помещения (бухгалтерия, репер­туарная часть и другие). Во вспомогательных помещениях делают рабо­ту различной сложности, требующую и различной степени освещённо­сти. Так, например, в пошивочных, макетных, постижёрских мастер­ских выполняются точные работы, для которых нужна хорошая осве­щённость. Требования к освещённости в складах различного назначе­ния, конечно, значительно скромнее. Осветительные установки во вспомогательных помещениях близки к осветительным установкам промышленного назначения. Нормирование, проектирование и экс­плуатация осуществляются в соответствии с общими положениями по освещению административных и промышленных зданий. Однако надо учитывать, что источники света должны по спектральному составу со­гласовываться со спектром сценического освещения. Это особенно ка­сается помещений, связанных с окраской изделий. В таких помещени­ях как артистические уборные, постижёрские и живописные мастер­ские пользуются лампами накаливания. Выбор источника света, распо­ложение рабочей поверхности, нормируемые значения горизонталь­ной, вертикальной и цилиндрической освещённостей регламентирова­ны «Отраслевыми нормами освещённости зрелищных зданий».

Для освещения сцены применяются светильники, прожекторы и проекционные приборы. Светильники, к числу которых относятся несколько модификаций приборов с диффузными и направленно-рас­сеивающими отражателями, а также осветительные приборы с зеркаль­ными лампами, применяются только для освещения плоских экранов-



Выносной софитный подъём в зрительном зале

задников, живописных декораций и занавесов. Все остальные задачи сценического освещения решаются с применением приборов прожек­торного типа. Проекционные приборы используются, помимо своего прямого назначения (создания статического проекционного изображе­ния на экране или заднике), для различного рода сценических эффек­тов, в том числе динамических.

Все приборы для освещения сцены позволяют устанавливать перед выходным отверстием рамку для светофильтров и защитную металличе­скую сетку, для чего предусмотрены соответствующие пазы. В сцениче­ской осветительной практике широко распространены приборы про­жекторного типа: однолинзовые, со сферическим отражателем, парабо­лическим отражателем и усложнённой оптической системой.

Прожекторы, используемые в театре, имеют устройство для регули­рования угла рассеивания светового потока. В однолинзовых прожекто­рах со сферическими отражателями это достигается с помощью фоку­сирующего устройства, а в приборах с усложнённой оптикой — с помо­щью различного рода диафрагм, профилирующих шторок-лекал и объ­ективов с переменным фокусным расстоянием. В однолинзовых про­жекторах фокусировка осуществляется за счёт плавного перемещения каретки с источником света по направлению к оптическому элементу, что приводит к увеличению угла охвата и КПД прибора при одновре­менном снижении силы света. Для однолинзовых прожекторов такая фокусировка позволяет изменять угол рассеивания в пределах 5—45 градусов. Для прожекторов с параболоидным отражателем этот диапа­зон небольшой — в пределах 5—10 градусов. В приборах с усложнённой оптической си­стемой используется схема с эллипсоид­ным отражателем. В плоскости кадрового окна устанавливается ирисовая диафрагма и профилирующие шторки-лекала, позво­ляющие изменить угол рассеивания свето­вого потока. Применение системы линз позволяет изменять угол рассеивания с од­новременным изменением освещённости.



Дистанционно управляемыйпрожектор

Для возможности управления прибо­ром, установленным в недоступном во вре­мя проведения спектакля месте, предусмо­трены модификации прожекторов с дис­танционным управлением. Прожекторы снабжены электроприводами, позволяю­щими дистанционно наклонять и повора­чивать их вокруг вертикальной и горизон­тальной оси. Предусмотрено не только ди­станционное управление поворотом прожектора в двух направлениях, но и фокусировка источника света, то есть изменение ширины светово­го потока. Дистанционная смена светофильтров в этом случае может осуществляться с помощью устройства смены светофильтров — скрол- лера.

Освещение сцены также осуществляется с помощью приборов ста­ционарного и переносного освещения. Стационарные приборы разме­щаются на специальных металлических фермах или конструкциях, не­подвижных или имеющих возможность перемещаться в пределах, допу­стимых механикой оборудования сцены. Переносные приборы устанав­ливаются на переносных штативах или монтируются на конкретную де­корацию. Они служат для освещения данного представления и разме­щаются на сцене только для его проведения. Стационарное сценичес­кое освещение осуществляется с помощью групп осветительных прибо­ров, размещённых на сцене и за её пределами. В зависимости от того, где они размещены, осветительные приборы подразделяются на верх­нее, боковое и выносное освещение сцены.

**ВЕРХНЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

Создаётся осветительными приборами, установленными на софит- ных металлических фермах. Фермы перемещаются в вертикальной пло­скости с помощью электрических лебёдок. Основное назначение верх­него освещения — создание необходимого уровня освещённости на жи­вописных задниках и декорациях (включая и цилиндрическую поверх­ность заднего фона — горизонта), а также на объёмных и плоскостных декорациях, размещённых по всей глубине сцены (кроме первого плана и авансцены). Этими приборами создаётся равномерная освещённость по вертикали и горизонтали в пределах плоскости освещаемого занаве­са или горизонта. Поскольку расстояние от софитного подъёма до осве­щаемого занавеса в 3—4 раза меньше высоты занавеса, то создание рав-



Софитный подъём № 3

номерной по вертикали освещённости возможно лишь с помощью при­боров, концентрирующих световой поток в направлении нижней части занавеса, то есть приборов с асимметричным отражателем (светильни­ков). Чтобы создать возможность цветного освещения, приборы на со­фитах снабжаются стеклянными или плёночными светофильтрами, по­зволяющими, благодаря оптическому смешению, получить широкую гамму цветовых оттенков. Для оптического смешения цветов нужно, чтобы приборы со светофильтрами одного цвета создавали равномер­ную освещённость по горизонтали. Регулирование освещения происхо­дит за счёт изменения светового потока у групп приборов с одинаковы­ми светофильтрами.

I

***Sw .CdnrbH***

Скроллер —устройствосмены

светофильтров

На софитных фермах, представляющих собой свар­ные конструкции из водо-газопроводных труб и угло­вой стали, начиная с первого плана, монтируются све­тильники с симметричным и асимметричным отража­телем. Эти светильники крепятся с помощью хомутов к продольным трубам фермы. Для сцены с небольшим, рассчитанным, например, на 600 зрителей, залом, при­меняют, как правило, однорядное расположение све­тильников. Для больших сцен применяется двух- или трёхрядное расположение осветительных приборов.

**Софитные подъёмы должны быть оснащены:**

1. Прожекторами разных оптических систем с дис­танционным управлением, то есть перемещением по

J

Софитный подъём № 2 и № 3

вертикали и горизонтали, изменением фокусного расстояния, скрол- лером или синтезом цвета. Используются лампы с галогенным и газо­разрядным циклом (возможно универсальные).

1. Интеллектуальными приборами последнего поколения:

* с поворотным зеркалом;
* вращающаяся голова.
  1. Светильниками рассеянного света с цветными плёночными свето­фильтрами.
  2. Светильниками рассеянного света с синтезом цветов.
  3. Проекционным оборудованием для создания световых эффектов.
  4. Световыми занавесами.
  5. Дымовыми и снеговыми машинами с минимальным шумом.
  6. Специальным оборудованием для пиротехнических эффектов.
  7. Телескопическими одиночными подъёмами для индивидуальной специальной подвески светотехнического оборудования.
  8. Следящими прожекторами на софит-мосту первого плана.

**ОСОБЕННОСТИ ПЕРВОГО И ПОСЛЕДНЕГО СОФИТНОГО**

**ПОДЪЁМА**

Горизонтный софит по числу светильников и габаритам отличается от остальных тем, что число камерных светильников на нём в два или три раза больше, чем на любом другом, и размещаются они обычно в 2—4 ряда и более.

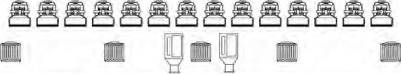


***Ч'***

■ f I I ,

В оперно-балетных театрах количество светильников и цветов боль­ше. Они разделяются на «центр», «левую сторону» и «правую сторону».

• • \*



Софит-мост первого плана

Первый софитный подъём бывает стационарным или подъёмно- опускным. Существует такое понятие как софит-мост — двух- или трё­хуровневая конструкция с прожекторами различных оптических сис­тем. По софит-мосту можно ходить.

Последние софитные подъёмы целесообразно использовать и для монтажа прожекторов, создающих контражурное освещение сцены. Для этого на ферме последнего софита размещаются в зависимости от размеров сцены прожекторы с безлинзовой оптикой с параболоидными отражателями.

**БОКОВОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

х 25



Передвижная осветительная башня

Создаётся осветительными приборами, размещёнными на фермах подвижных порталов, ос­ветительных галерей и передвиж­ных световых башен (портальная башня). Основное назначение приборов бокового освещения — создание необходимого уровня вертикальной освещённости на первых планах сцены в зоне игро­вой площадки. Локальное освеще­ние отдельных актёров и мизанс­цен требует применения приборов прожекторного типа с регулируе­мым углом рассеивания светового потока. Освещение с осветитель- ских галерей осуществляется при­борами, установленными на ниж­них боковых галереях. Приборы расположены на подвижных ка­ретках, способных перемещаться в глубину сцены. Этими прибора­ми освещают объёмные декорации и игровые места на средних по глу­бине планах сцены. Освещение сцены сбоку возможно через узкие просветы между кулисами или де­корациями, поэтому в качестве приборов бокового освещения применяют приборы прожектор­ного типа с углом рассеивания не более 15-25 градусов, индивиду­альной регулировкой светового потока, с усложнённой оптичес­кой системой.

Для бокового освещения сцены целесообразно использовать про­жекторы повышенной мощности с высокой концентрацией свето­вого потока. Мощные приборы Стационарный осветительный портал больших габаритов лучше распо­лагать на первой галерее на карет­ках, с помощью которых их можно перемещать по глубине сцены, как говорилось выше. На боковых подвесных передвижных световых баш­нях размещают различную прожекторную аппаратуру (например, про­жекторы, как со шлифованными линзами, так и со ступенчатыми, по­зволяющими в широких пределах варьировать угол рассеивания; при­боры с усложнённой оптической системой).

**ФРОНТАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ЗРИТЕЛЬНОМ ЗАЛЕ**

Служит для создания вертикальной освещённости на авансцене и первых планах сцены для освещения актёров и декораций. Осуществ­ляется группами осветительных приборов, вынесенных за пределы сце­нического пространства в зрительный зал, и подразделяется, в соответ­ствии с местами установки, на верхнее фронтальное, диагональное и нижнее фронтальное (рампу). Приборы выносного освещения долж­ны посылать световой поток лишь в пределах сцены и авансцены, не ос­вещая зрительный зал. Верхнее фронтальное освещение осуществляет­ся приборами прожекторного типа, размещёнными вне поля зрения зрителей: за уступом потолка зрительного зала, в технических помеще­ниях, позволяющих вести обслуживание приборов. В старых театрах оно иногда осуществляется с помощью софит-мостов. Если доступа к обслуживанию осветительных приборов нет, то они должны быть ди­станционно управляемыми.

Для обеспечения распределения теней на лицах актёров, близкого к естественному освещению, углы падения светового потока на план­шет сцены у края авансцены должны лежать в пределах 30—40°.



Нижнее фронтальное освещение создаётся с помощью рампы. Она со­стоит из осветительных приборов рассеянного и направленного света, размещённых по краю сцены, и ис­пользуется для фронтального осве­щения актёров на первом плане и авансцене. Назначение рампы — снижение контраста теней, возника­ющих при освещении лиц актёров приборами верхнего и диагонально­го освещения. Верхний край защит­ного кожуха рампы не должен воз­вышаться над уровнем пола первого

ряда зрителей более чем на 1,1м при высоте сцены 60—80 см.

Рампы бывают стационарные и переносные (подъёмно-опускные).

Диагональное (выносное) освещение устанавливается в специаль­ных помещениях, скрытых от зрителя уступами стен и имеющих воз­можность доступа для обслуживания. В зрительных залах ярусного типа боковые ложи переоборудуются для установки прожекторов: подводит­ся вентиляция, монтируются специальные металлоконструкции.

В качестве осветительных приборов используют прожекторы со шлифованной линзой, с линзой Френеля, профильные, низковольтные прожекторы. У прожекторов разных оптических систем разное предна­значение. Так, прожекторы со сферическим отражателем с линзой Фре­неля особенно хороши для освещения мягких живописных кулис пер­вого—третьего планов. Профильные прожекторы с эллиптическим от­ражателем создают геометрию на планшете и декорациях, освещают ак­тёров. Низковольтные прожекторы с параболическим отражателем слу­жат для выявления элементов декорации.

Паразитная засветка зрительного зала будет исключена, если в каче­стве приборов верхне-фронтального освещения будут использованы прожекторы с усложнённой оптической системой, позволяющей огра­ничить распределение светового потока в пространстве с помощью спе­циальных диафрагм и шторок-лекал. При отсутствии таких приборов устанавливают однолинзовые прожекторы со шлифованными линзами и цилиндрическими отсекателями-тубусами на выходных отверстиях приборов.

Фронтальная светопроекционная оборудуется в специальных поме­щениях, где устанавливаются проекционные аппараты, с помощью ко­торых создаются различные статические и динамические световые эф­фекты («пожар», «вода», «дождь», «снег» и т.п.).



Осветительные ложи

Используются следующие проекторы: 2 кВт, 5 кВт (галогенный цикл), 1200 Вт, 2500 Вт, 4000 Вт, 6000 Вт, 12000 Вт (газоразрядный цикл).

**СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СЦЕНЕ**

В постановочном освещении сцены широко применяется цвет. Цветное освещение получается за счёт применения светофильтров тре­буемого цвета, перекрывающих выходное отверстие прожекторов и све­тильников, или же за счёт оптического смешения разноцветных излуче­ний от групп осветительных приборов. Верхнее освещение и рампа по­зволяют воспроизвести нужный цвет на основе оптического сложения нескольких цветных излучений. Использование принципа оптического смешения двух или нескольких цветов, сильно отличающихся по цвет­ности, не рекомендуется из-за появления цветных теней при освеще­нии объёмных декораций и актёров. Выбор основных цветов для софи­тов и рампы обусловливается требованием получения наибольшего цве­тового охвата для каждого вида освещения. Так как последние софиты должны воспроизводить на экранах и задниках цвет неба в различное время суток, то суммарная мощность здесь предусматривается большей, чем на остальных софитных подъёмах. Так как рампа служит в первую очередь для выравнивания теней на лицах актёров, то здесь предпочти­тельнее использовать разнообразные оттенки розового, пурпурного и жёлто-розового освещения.

Исходя из этих требований, в рампе предусматривают четыре регу­лируемые группы осветительных приборов. В трёх группах устанавлива­ют красные, синие и жёлтые светофильтры, а одна группа используется без светофильтров. В софитах при четырёх регулируемых группах в ка­честве основных цветов целесообразно использовать синий, зелёный, голубой и оранжевый. На горизонтном софите мощность регулируемых цветовых групп делается неодинаковой, а число их берётся не больше 6—8 цветов. Основными цветами являются синий, голубой, зеленовато- голубой, зелёный, жёлтый, красный. Число осветительных приборов,



Вид фронтальной светопроекционной

образующих каждый цвет, различно и обратно пропорционально коэф­фициенту пропускания установленных светофильтров.

Ниже показаны коэффициенты пропускания различных светофиль­тров.

*Таблица*

**Марки светофильтров и их коэффициенты пропускания**

**(толщина стекла 2 мм)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Цвет светофильтра | Обозначение светофильтра | Коэффициентпропускания |
| Красный | КС-3 | 0,10 |
| Оранжевый | ОС-4 | 0,37 |
| Жёлтый | ЖС-8 | 0,83 |
| Зелёный | зс-з | 0,20 |
| Голубовато-зелёный | СЗС-3 | 0,12 |
| Голубой | СС-2 | 0,23 |
| Синий | СС-3 | 0,02 |

Глава 4

**Театральные световые приборы (ТСП)**

Театральный световой прибор (ТСП) предназначен для художествен­ного освещения сценической площадки (эстрады, арены и др.) с распо­ложенными на ней декорациями, а также для освещения актёров.

**КОНСТРУКЦИЯ ТСП**

Театральный световой прибор — устройство, состоящее из следующих конструктивных элементов:

1. Источник света — генерирует электромагнитные волны оптичес­кого диапазона (электрические лампы любого типа).
2. Оптическая система — перераспределяет световой поток необхо­димым образом, в зависимости от назначения прибора (отражатели, комплекты линз, набор объективов).
3. Электрическая система — обеспечивает работоспособность источ­ника (электрический патрон, электропроводка, при необходимости — трансформатор, пускорегулирующий аппарат и прочее).
4. Электронный блок — обеспечивает управление различными функ­циями прибора по сигналу DMX.
5. Механическая часть — обеспечивает крепление источника и опти­ки таким образом, чтобы иметь возможность фокусировки и юстиров­ки[[2]](#footnote-3) прибора (каретки перемещения оптики или лампы; юстировочные винты; устройства формирования луча: шторки, заслонки, ирисовые диафрагмы, держатели светофильтров, гобо, бленды, отсекатели, тубу­сы и др.).
6. Защитный корпус — обеспечивает защиту лампы и оптики от меха­нических повреждений;

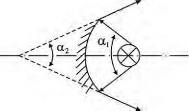
* обеспечивает воздушный теплоотвод от источника, т.е. естествен­ную циркуляцию воздуха внутри прибора (при необходимости в защит­ном корпусе может располагаться устройство принудительного охлаж­дения — вентилятор);
* исключает паразитные засветы.
  1. Лира — элемент крепления, обеспечивает подвеску или установку прибора на осветительную конструкцию, на штатив и другие места рас­положения.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ТСП**

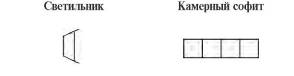
**(по характеру светораспределения потока излучения в пространстве)**

1. Светильник — световой прибор, который с помощью оптической системы захватывает световой поток источника в большом телесном уг­ле и перераспределяет его также в большой телесный угол (плоский

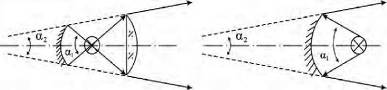
угол раскрытия - а1« а2« 2П).



Обозначение:



2. Прожектор — световой прибор, который с помощью оптической системы захватывает световой поток источника в большом телесном уг­ле и концентрирует его в малый телесный угол (плоский угол раскрытия 1° -г- 50° ; OCj » а2).



**Сфера**

**Парабола**

Линзовый с гладкой линзойРС

Линзовый с линзойФренеля

Обозначение:

Безлинзовый (PAR)

с лампой-фарой

I С

Низковольтный

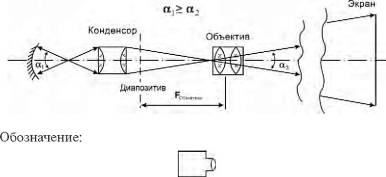


Профильный

Профильный Zoom

(с переменным фокусным расстоянием)

3. Проекционный прибор — световой прибор, который с помощью оптической системы захватывает световой поток источника в большом телесном угле и концентрирует его в малом объёме в плоскости диапо­зитива (т.е. фокальной плоскости объектива), а затем снова перераспре­деляет световой поток в большой телесный угол.



4. Сканер — световой прибор, который с помощью оптической сис­темы захватывает световой поток источника в большом телесном угле и концентрирует его в малый телесный угол, при этом технически обес­печивается возможность позиционирования луча в пространстве.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕАТРАЛЬНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ (по назначению)**

1. Светильники — предназначены для получения заливающего свето­вого потока:

* однокамерные;
* многокамерные;
* симметричные;
* асимметричные;
* ультрафиолетовые (направленные и рассеивающие);
* с газоразрядными лампами.
  1. Прожекторы — предназначены для получения направленного све­тового потока:
* с отражательной оптикой:
* безлинзовые низковольтные;
* прожекторы PAR с лампой-фарой;
* прожекторы PAR с комплектом сменных стёкол (Source Four PAR);
* простые однолинзовые:
* с линзой РС;
* с линзой Френеля;
* профильные:
* с фиксированным углом;
* Zoom, с диапазоном углов;
* следящего света:
* с лампой накаливания;
* с металлогалогенной лампой;
* дневного света с металлогалогенной лампой.

1. Проекционные приборы — предназначены для получения изобра­жения:

* с лампой накаливания;
* с металлогалогенной лампой.

1. Интеллектуальные приборы — предназначены для получения дина­мического света:

* со сканирующим зеркалом (сканеры);
* с вращающимся корпусом («головы»).

1. Приборы эффектного света — предназначены для получения раз­личных световых эффектов:

* простые эффекты:
* стробоскопы;
* люминесцентные подсветки;
* динамические эффекты:
* со звуковой анимацией;
* эффекты с внешним управлением, когда функции программи­руются заранее и в нужный момент используются оператором;
* центральные эффекты — приборы расположены в центре пло­щадки и имеют зону охвата 360°;
* встроенные непрограммируемые эффекты (веер лучей, непре­рывная смена цветовой заливки, сканирующие гобо, стробирова- ние и др.);
* лазерные эффекты.

6. Приборы наполнения атмосферы — предназначены для получения необходимой плотности и фактуры воздушного сценического про­странства (машины для получения дыма, тумана, снега, радуги, дождя, мыльных пузырей и др.).

**ТРЕБОВАНИЯ, предъявляемые к Театральным Световым Приборам:**

1. — качественное регулирование интенсивности светового потока (электрическим или механическим способом);
2. — равномерное распределение освещённости по световому пятну (без провалов);
3. — температура нагрева корпуса прибора не должна превышать 150°;
4. — простой доступ к обслуживанию источника;
5. — удобная регулировка параметров луча: «шире—уже», фокусировка: «жёсткий луч — мягкий луч»;
6. — надёжная фиксация прибора;
7. — отсутствие паразитных засветов;
8. — низкий уровень шума.

**§ 1. ТЕАТРАЛЬНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ (ТС)**

ТС — приборы заливающего света, предназначенные для равномер­ного освещения больших плоскостей и пространств.

Различают светильники с симметричной и асимметричной залив­кой. Асимметричные светильники, как правило, используются для вер­тикальной заливки, симметричные — для горизонтальной заливки.

Источники света, применяемые в ТС, — трубчатые галогенные лам­пы накаливания типа КГ.

Пример обозначения: КГ-220-1000-4: КГ — кварцевая галогеновая, 220 — напряжение питания, 1000 — мощность,

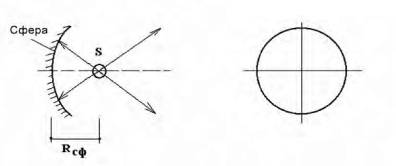
4 — код типа цоколя и длины колбы (как правило, используется цо­коль R7s).

Театральные светильники больше 2000 кВт не применяют. Если не­обходимо увеличить яркость освещаемой поверхности, надо использо­вать большее количество приборов.

**ОТРАЖАЮЩИЕ СИСТЕМЫ:**

**1. Сферический отражатель — Контротражатель**

Форма поперечного сечения луча



Источник помещают в центр сферической зеркальной отражающей поверхности, следовательно, значительная часть светового потока воз­вращается отражателем в объём источника. Таким образом, коэффици­ент использования светового потока источника увеличивается на 20­50%.

Поверхность сферы иногда совмещают с колбой лампы — получают­ся зеркальные лампы. Такие источники часто используются в низко­вольтных приборах.

Контротражатель широко применяется в прожекторах всех типов, в проекционных приборах и т.д.

**2. Параболоидный круглосимметричный отражатель**



Форма поперечного сечения луча



Параб"™



**^параб.**

Поверхность образована вращением параболы вокруг своей оси — параболоид вращения.

По направлению оптической оси мы видим круглое световое пятно, диаметр которого может изменяться в небольших пределах смещением источника относительно фокуса параболы вдоль оптической оси.

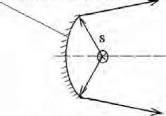
Данный отражатель формирует конусообразный пучок света.

Применяется в безлинзовых прожекторах и прожекторах типа PAR.

**3. Симметричный цилиндрический отражатель**

Форма поперечного сечения луча

Цилиндрическая поверхность по направляющей параболе

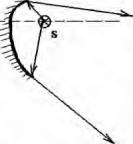


Поверхность образована продольным смещением параболы вдоль оси, перпендикулярной к плоскости, в которой расположена парабола, и проходящей через её вершину.

В профильном сечении такой отражатель работает как парабола, в продольном сечении — как плоское зеркало. По направлению оптиче­ской оси мы видим прямоугольное световое пятно с равномерным рас­пределением освещённости. Данный отражатель формирует веерооб­разный световой пучок.

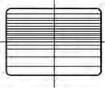
Существуют зеркальные симметричные отражатели, образованные цилиндрической поверхностью по направляющей гиперболе. Приборы с такими отражателями позволяют получить большую площадь освеща­емой поверхности по сравнению с параболоцилиндрическими отража­телями.

Оба вида отражателей применяются в приборах заливающего света.



**4. Асимметричный цилиндрический отражатель**

Форма поперечного сечения луча



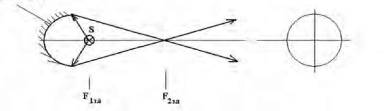
Цилиндрическая поверхность отражателя образована по сложной кривой направляющей, параметры которой специально рассчитывают­ся. По направлению оптической оси мы видим прямоугольное световое пятно с неравномерным распределением освещённости.

Данный отражатель формирует световой пучок сложной структуры.

Применяется в приборах заливающего света для освещения больших плоскостей с близкого расстояния при несимметричном расположении светильника относительно освещаемой плоскости (горизонтное осве­щение, рамповое освещение).

**5. Эллипсоидный круглосимметричный отражатель**

Форма поперечного сечения луча

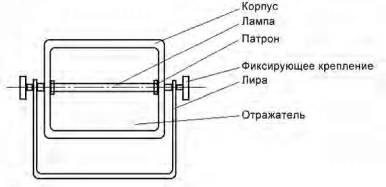


Поверхность образована вращением сегмента эллипса вокруг своей оси. По направлению оптической оси мы видим круглое световое пят­но.

Отражатель даёт максимально возможную концентрацию светового потока в небольшом объёме в области второго фокуса. Это важно в про­екционной оптике, в прожекторах профильного типа.

Пучок лучей концентрический конусообразный.

**КОНСТРУКЦИЯ СВЕТИЛЬНИКА**

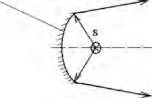


В комплект прибора входят:

* рамка для светофильтра,
* защитная сетка,
* **четырёхстворчатая кашетирующая шторка. ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ДЛЯ СИММЕТРИЧНОГО СВЕТИЛЬНИКА**

Форма поперечного сечения луча

Цилиндрическая поверхность го направляющей парабопе



Параболоцилиндрический симметричный отражатель имеет опреде­лённую фактуру — рифление или матирование для лучшего рассеяния.

Корпус светильника изготовлен из листовой стали и снабжён жалю­зи для обеспечения естественного вентилирования внутренней полос­ти.

Старые отечественные светильники работали только со стеклянны­ми фильтрами, так как плёночные фильтры не выдерживали высокой температуры. Современные светильники имеют либо теплозащитные стёкла, либо специальный профиль для рамки светофильтра, обеспечи­вающий теплоотвод. Кроме того, современные светофильтры термоус­тойчивы и позволяют работать при высоких температурах.

СИ-1



СВТГ-1

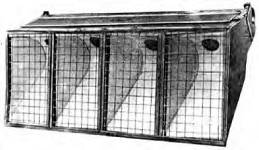


**Старые отечественные приборы**

Рампа - софит - подсвет (РСП-4к)

Ш \*

Камерный зеркальный софит КЗС-4



Светильник универсальный УСРП-4



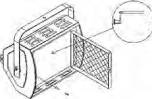
***I***

**Современные театральные светильники зарубежных производителей**

Ribalta 6 300/500 al



Sequenza 1500 al/s



*%*

К театральным светильникам относятся и такие приборы как камер­ные софитные секции или КЗС — камеры заливающего света. Они представляют собой ячейки с отражателями, объединённые в одном ме­таллическом корпусе, куда вставляются зеркальные лампы.

Для рампового заливающего освещения применяются камерные секции РСП — рампа, софит, подсвет. По своему устройству они не от­личаются от КЗС.



**§ 2. ТЕАТРАЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ**

Театральные прожекторы предназначены для локального освещения направленным светом актёров и декораций на сцене.

С точки зрения светотехнических параметров, прожектор — это при­бор, который с помощью оптической системы захватывает световой по­ток источника в большом телесном угле и концентрирует его в малый телесный угол.

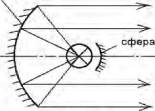
**Особенность конструкции прожекторного прибора:**

1. наличие точного юстировочного и фокусирующего устройства, совмещающего центр светового тела источника с осью оптичес­ких элементов;
2. высокая точность обработки и крепления всех оптических и механических деталей.

Прожекторы — более сложные, а, следовательно, более дорогие при­боры по сравнению с театральными светильниками.

**ПРОЖЕКТОРЫ С ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ОПТИКОЙ**

* Безлинзовые низковольтные прожекторы;
* Прожекторы PAR с лампой—фарой;
* Прожекторы PAR со сменными стёклами (Source Four PAR).



**const**



Оптическая схема:

парабопа

**F параболы R сферы**

Светооптическая система состоит из источника света, расположен­ного в фокусе параболического отражателя и одновременно в центре сферического контротражателя. Световой поток, отразившись от пара­болы, приобретает форму параллельного пучка. Контротражатель, как обычно, предназначен для увеличения коэффициента использования светового потока.

Контротражатель закреплён неподвижно (const) относительно ис­точника света; в низковольтных прожекторах контротражателем часто служит часть колбы лампы с зеркальным покрытием. В лампах—фарах и прожекторах Source Four PAR контротражателя может не быть.

**НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ**

В низковольтных прожекторах лампа вместе с контротражателем имеет возможность немного смещаться относительно фокуса параболы. Это смещение позволяет регулировать диаметр луча в небольших преде­лах. Однако изменение диаметра незначительно и несопоставимо с воз­можностями линзовых прожекторов.

Выходной диаметр луча низковольтного прожектора определяется размером параболического отражателя, поэтому это приборы большой мощности, крупногабаритные (диаметр отражателя низковольтника в 1 кВт не более 60 см).

**Основные недостатки низковольтных прожекторов:**

* невозможность регулирования угла раскрытия луча в широких пре­делах;
* необходимость использования понижающих трансформаторов, что требует дополнительного крепления (трансформаторы порой тяжелее самого прибора) и дополнительной коммутации; кроме того, трансфор­маторы часто издают ненужный шум; это индуктивная нагрузка, что не­обходимо учитывать при настройке диммерных блоков.

**Основное достоинство низковольтных прожекторов:**

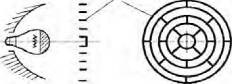
* очень высокая осевая сила света по сравнению с линзовыми про­жекторами, а, следовательно, значительная яркость освещаемых объек­тов. Подобное качество света необходимо для контрового освещения, которое всегда должно быть более насыщенным и ярким, чем любой свет, падающий под другим углом.

В современных низковольтных прожекторах используют встроен­ный трансформатор. Это более компактно, однако при выходе транс­форматора из строя починить его или заменить достаточно трудоёмко.

Низковольтный прожектор устроен таким образом, что лампа уста­навливается в отверстие отражателя. Поскольку отражатель имеет зна­чительные размеры, а качественно изготовить оптическую поверхность большой площади сложно, возможно появление паразитных бликов. Для их устранения на выходе прожектора устанавливают кольцевой от- секатель, окрашенный в чёрный матовый цвет. Такой отсекатель назы­вается светозащитная бленда.

Схема устройства низковольтного прожектора:

светозащитная бленда



Отражатель может быть не гладким, а иметь фа- цетную структуру, то есть фацетное зеркало. Оно, в свою очередь, должно иметь суммарную огибаю­щую кривую в виде параболы. Такой отражатель лег­че изготовить, он даёт более однородный по осве­щённости, но более широкий луч.

Отражатели могут быть изготовлены на металли­ческой или стеклянной основе. Металлические от­ражатели, на которые методом напыления нанесён чистый алюминий, обладают самым высоким КПД. Существует технология нанесения зер­кального покрытия гальваническим способом. Самые низкокачествен­ные — шлифованные отражатели, когда штамповкой из листа изготав­ливают форму, а затем шлифуют её поверхность. Стеклянные отражате­ли хрупки и неудобны в эксплуатации.



**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ**

Прожектор театральный ПТ-250:

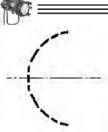
* источник — прожекторная зер­кальная лампа ПЖЗ-24-250-3 (P40s);
* мощность 250 Вт, напряжение питания 24 В;
* напряжение питания сети 220 В (через понижающий трансформа­тор);
* осевая света 1св 350 000 кд;
* габариты прожектора с лирой — 400х360х260 мм, вес 6,5 кг; габариты трансформатора — 250х230х146 мм, вес 10 кг.

Прожектор театральный ПрТП-0,5:

* источник — прожекторная зеркальная лампа ПЖЗ-24-500-3 (P40s);
* мощность 250 Вт, напряжение питания 24 В;
* напряжение питания сети 220 В (через понижающий трансформа­тор);
* осевая света 1св 430 000 кд;
* габариты прожектора с лирой — 440х382х285 мм, вес 5,5 кг; габариты транс­форматора — 250х230х146 мм, вес 10 кг.

Прожектор театральный ПТ-1000:

* источник — прожекторная зеркальная лампа ПЖЗ-24-1000 (К39Д);
* мощность 1000 Вт, напряжение питания 24 В;
* напряжение питания сети 220 В (через понижающий трансформатор);



* осевая света 1св 900 000 кд;

- габариты прожектора с лирой — 580x630x494 мм, вес 17 кг; габа­риты трансформатора — 250х230х146 мм, вес 20 кг. Среди зарубежных низковольтных прожекторов, широко использо­вавшихся в нашей стране в 70-е гг., наибольшее распространение полу­чили приборы немецкой компании NARVA (ГДР): Прожектор ПРБ-720 с лампой ПЖЗ-24Г200 (B24s-3), ПРБ-721 с лампой ПЖЗ-24х500 (Е40), ПРБ-723 с лампой ПЖЗ-24х1000 (К39Д), ПРБ-724 с лампой ПЖЗ-24х1000 (К39Д).

Идея объединения низковольтников в одном корпусе и использова­ния такого приборадая контрового освещения впервые была предложе­на и осуществлена Йозефом Свободой, одним из прославленных дизай­неров современности. В честь него такой прибор назван «СВОБОДА».

«TechnoART» DPR 9x250

***тощ***



DPR 200DPR 500

DPR 1000

*J J*

**Современные низковольтные прожекторы**

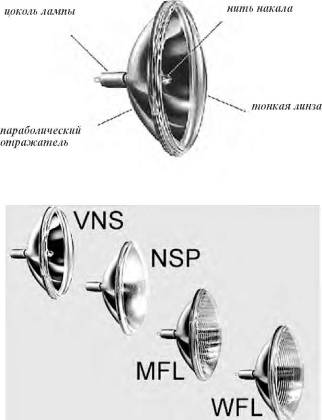
«Strand Lighting»Beamlight 1000

«TechnoART»

**ПРОЖЕКТОРЫ PAR С ЛАМПОЙ-ФАРОЙ**

Приборы этой группы разработаны по той же оптической схеме с па­раболическим отражателем, как и низковольтные прожекторы, с тем отличием, что в них не всегда присутствует контротражатель.

Параболический отражатель является неотъемлемой частью колбы лампы. Источники такого типа называются лампами-фарами.



**VNS - (Very Narrow Spot) - очень узкий луч NSP - (Narrow Spot) - узкий луч MFL - (Middle Flood) - среднее рассеивание WFL - (Wide Flood) - широкое рассеивание**

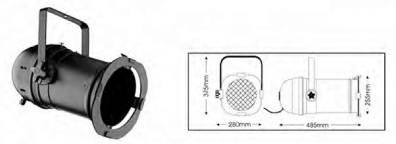
Корпус прибора представляет собой металлический тубус, в котором размещается лампа-фара, электрические компоненты, детали крепле­ния для подвески прибора и для установки светофильтров. Удлинение тубуса обеспечивает необходимую защиту от паразитной засветки.

В случае применения ламп со встроенным контротражателем тубус мо­жет быть коротким.

Основным недостатком прожекторов с лампой-фарой является не­возможность регулировки ширины луча. Чтобы изменить угол раскры­тия луча, необходимо заменить в прожекторе источник, т.е. установить другую лампу. Промышленность выпускает лампы-фары, дающие уз­кий, средний, средне-широкий и широкий лучи.

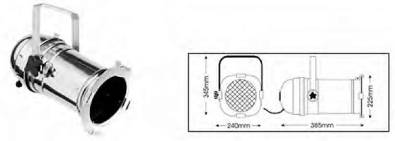
Благодаря необыкновенной простоте конструкции, прочности и надёжности эти приборы нашли широкое применение, особенно там, где нужны десятки лучей одинаковой формы. Корпуса прожекторов этой группы унифицированы по дизайну и размерам, поэтому различия продукции разных фирм невелики.

**PAR 64**



Вес прожектора 2,2 кг, работает с источниками: лампа-фара 220 В х 1000 Вт, лампа-фара 220 В х 800 Вт, лампа-фара 220 В х 500 Вт, лампа-фара 120 В х 1000 Вт, лампа-фара 120 В х 500 Вт.

**PAR 56**



Вес прожектора 1,2 кг, работает с источниками: лампа-фара 220 В х 300 Вт, лампа-фара 12 В х 300 Вт, лампа-фара 12 В х 100 Вт.

Возможно исполнение прибора с коротким тубусом:



**PAR 36**

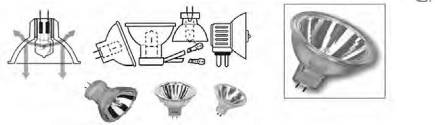


вес прибора 1 кг, работает с источниками: лампа-фара 120 В х 650 Вт, лампа-фара 12 В х 50 Вт, лампа-фара 6 В х 30 Вт. Этот прибор, имеющий другое название — Pinspot, даёт точечный свет. Узкий, яркий, как световая линия, луч при сочетании со сцениче­ским дымом используют для создания световой графики. Существуют модели со встроенным в корпус прибора трансформатором.

**PAR 16**



Миниатюрные прожекторы небольшой мощности используются для локальных световых акцентов с небольшого расстояния, как правило, для интерьерной, витринной подсветки. Источниками являются лампы типа MR.



*Таблица*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ТЬп | Мощность(Вт) | Напряж.(В) | Уголрасходим.лучей(градус) | Осевая силасвета (кд) | Номин.среднийсрок службы(часы) |
| С отражателем (низковольтные 12 В) | | | | | |
| Дихроичное зеркало — диаметр 35 мм | | | | | |
| MR11/FTD | 20 | 12 | 30 | 700 | 2000 |
| MR11/FTH | 25 | 12 | 30 | 1350 | 2000 |
| Дихроичное зеркало - диаметр 50 мм | | | | | |
| MR16/BAB | 20 | 12 | 36 | 525 | 2000 |
| MR16/FMW | 35 | 12 | 38 | 1200 | 2000 |
| MR16/EXN | 50 | 12 | 38 | 1800 | 2000 |
| MR16/EYC | 75 | 12 | 38 | 2400 | 2000 |
| С отражателем (высоковольтные 220 В) | | | | | |
| JCDR | 35 | 220/240 | 40 | 800 | 1500 |
| JCDR | 50 | 220/240 | 40 | 1000 | 1500 |
| JCDR | 75 | 220/240 | 40 | 1200 | 1500 |
| JCDR | 100 | 220/240 | 40 | 1400 | 1500 |

Лампы MR — это компактные галогенные лампы с микрорефлекто­ром. Выпускаются лампы, дающие заливающий свет и направленные световые потоки. Электрические параметры ламп самые разнообраз­ные.

***й***

**ПРОЖЕКТОРЫ SOURCE FOUR PAR СО СМЕННЫМИ СТЁКЛАМИ**

Уникальная разработка фирмы «ЕТС» — прожектор Source Four PAR — использует параболический отражатель с дихроичным покрыти­ем, поглощающим до 90% теплового спектра. В качестве источника ис­пользуется галогенная лампа, совмещенная с алюминиевым радиато­ром, — HPL-575, HPL-750.

Изменение угла раскрытия прожектора достигается простой сменой одного из пяти съёмных стёкол, которые условно называют линзами. Каждый тип стекла имеет свой профиль и свой тип рифления поверх­ности. Линзы, формирующие широкий луч, трансформируют световой поток в эллипс (луч становится не круглым, а эллипсоидным в сече­ 99

нии).

Стёкла-линзы устанавливаются во вращающийся обод на корпусе прибора. Вращая линзу, можно добиться необ­ходимой позиции луча.

Разработана версия прожектора с одновременной уста­новкой двух линз: одна — неподвижная, другая — во враща­ющемся ободе. Такая версия называется Source Four PAR Nel. Подбирая нужные линзы и вращая обод, можно полу­чить эффект «шире-уже» (одно стекло «собирает» луч по го­ризонтали, другое — по вертикали).

**Сменные стёкла:**

* Clear Flat — чистый луч;
* VNS (Very Narrow Spot) — очень узкий луч;
* NS (Narrow Spot) — узкий луч;
* MF (Middle Flood) — среднее рассеивание;



* WF (Wide Flood) — широкое рассеивание.

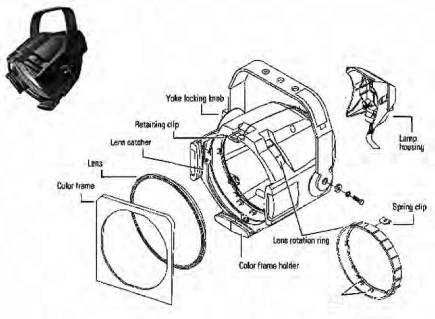


Схема из руководства по устройству и эксплуатации прожектора SF PAR

Tats



Линзовые прожекторы с точки зрения сложности оптической систе­мы можно разделить следующим образом: простые однолинзовые:

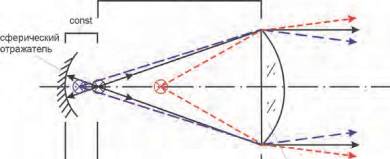
* с гладкошлифованной линзой РС,
* с линзой Френеля; профильные:
* однолинзовые,
* многолинзовые Zoom; следящего света:
* с лампой накаливания,
* с металлогалогенной лампой;

дневного света с металлогалогенной лампой.

**ПРОСТЫЕ ОДНОЛИНЗОВЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ**

Оптическая схема:

var



Линза - обьектив

R-сферы F-линзы

Оптическая схема простого однолинзового прожектора состоит из источника света, сферического отражателя и плоско-выпуклой линзы, которая выполняет функции объектива. Плоской частью линза обраще­на к источнику.

**ПРОЖЕКТОРЫ С ЛИНЗОЙ РС**

Плоско-выпуклая линза называется линзой РС (аббревиатура от Plano-Convex или Pebble—Convex). Это деталь из оптического стекла, од­на поверхность которого является плоской, а другая сферической. Дру­гое название этой линзы — гладкошлифованная, что говорит о качестве поверхности и виде обработки оптического стекла. Линза РС позволяет более чётко (или, как говорится, более «жёстко»), чем линза Френеля, очерчивать границы луча. Прожекторы, в которых используется линза РС, называются Plano Spot или Pebble Spot.

Источник света расположен в центре сферического отражателя. Све­товой поток, отразившись от сферы, возвращается по обратному ходу лучей в объём тела накала. Здесь формируется изображение источника таким образом, чтобы изображение спиральных витков располагалось между самими витками. Благодаря этому используется весь световой поток: половина от самого источника в прямом ходе лучей, половина от изображения источника в обратном ходе лучей.

С центром сферического отражателя, а, следовательно, с самим ис­точником совмещён фокус линзы. На линзу приходит расходящийся световой поток, после преломления линзой формируется параллельный пучок света. Поскольку мы имеем дело не с точечным источником, а с реальной лампой, генерирующей поток с различными длинами волн и обладающей протяжённым телом накала, реально на выходе прожек­тора всегда имеется «естественная» расходимость луча.

Источник света соединён со сферическим отражателем жёстко, су­ществует лишь небольшой технологический зазор для юстировки про­жектора. Юстировать в переводе с немецкого — «точно выверять».

Юстировкой называется точная наладка прибора, когда все элемен­ты оптической системы выстраиваются строго по оптической оси и жёстко фиксируются, в противном случае функции прибора будут на­рушены. Осуществляется юстировка с помощью юстировочных винтов на специальной оптической скамье — чугунной станине в виде стола с очень точными направляющими. После настройки юстировочные винты контрятся. В процессе эксплуатации прожектора соосность оп­тических элементов может быть нарушена, поэтому необходимо время от времени делать глубокую профилактику оптической системы.

Если источник света выводить из фокуса линзы в ту или иную сторо­ну вдоль оптической оси, на выходе прожектора будет изменяться угол раскрытия луча. Это свойство изменения диаметра светового пятна в ши­роких пределах, а именно в десять раз, является основным свойством и главным достоинством линзовых прожекторов.

Изменять расстояние между источником и линзой технически мож­но двумя способами:

* перемещением линзы;
* перемещением каретки, на которой установлен источник и от­ражатель.

Оба способа одинаково распространены, однако предпочтительнее перемещать линзу, так как при смещении источника легко стряхнуть нить накала (особенно если прожектор давно не чистили и не смазыва­ли).

В паспорте прожектора, как правило, приведена таблица, где есть информация об угле раскрытия светового пучка и радиусе светового пятна на конкретном расстоянии.

Главным недостатком линзы РС является наличие хроматической аберрации — искажения. По краю светового пятна появляется радуж­ный ободок. Это явление дисперсии — различные длины волн имеют разный коэффициент преломления одним и тем же оптическим стек­лом. Для устранения этого недостатка плоскую сторону линзы выпол­няют не гладкой, а придают ей определённую волнистую или ребристую фактуру, либо наносят матовое покрытие прямо на линзу. Такие линзы более дорогие. Подобная ребристая поверхность представляет фактиче­ски набор призм, которые выравнивают световой поток по пучку, устра­няя «завалы» освещённости и радужную кромку.

**ПРОЖЕКТОРЫ С ЛИНЗОЙ ФРЕНЕЛЯ**

В линзовых прожекторах наряду с линзой РС широко применяются линзы Френеля — Fresnel lens. Такие прожекторы называются Френе- левскими (Fresnel Spot) в честь разработчика Жана Августина Френеля.

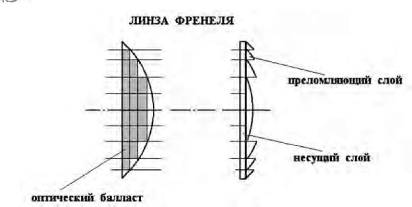
Жан Августин Френель (1788—1827) был инженером мос­тов и дорог при правительстве Франции. В свободное от рабо­ты время, увлекаясь физикой, он проводил опыты и изучал те­орию оптики. Френель разработал общую волновую модель света, успешно объяснявшую отражение, преломление, ин­терференцию и поляризацию. Предложенная им для приме­нения в маяках система линз используется и по сей день.

Линза Френеля (Fr) имеет те же параметры, что и обычная линза РС, но лишена ряда недостатков, свойственных гладким линзам. Условно механизм конструирования линзы Френеля можно представить следу­ющим образом. Если обычную линзу разделить вертикальными плоско­стями и цилиндрическими поверхностями, соосными с оптической осью, то очевидно выявление оптического балласта. Это та часть линзы, которая работает как плоскопараллельная пластина, то есть она не пре­образует световой поток, а лишь сдвигает наклонные лучи.

В преобразовании светового потока участвуют лишь сегменты лин­зы, содержащие сферические фрагменты. По оптическому действию эти сегменты приближённо можно приравнять к оптическим клиньям и призмам.

Таким образом, френелевская линза состоит из центрального плос­ковыпуклого элемента и определённого числа кольцевых элементов. Число элементов может быть разным и зависит от параметров линзы, желаемой оптической точности и способа её изготовления.

Первая, или внутренняя, преломляющая поверхность линзы может быть плоской или сферической (криволинейной). Вторая, или внеш­няя, преломляющая поверхность имеет ступенчатую форму. Она в каж­дом ступенчатом элементе представляет собой тороидальную поверх­ность, профиль которой образован дугой с определённым радиусом и центром кривизны.

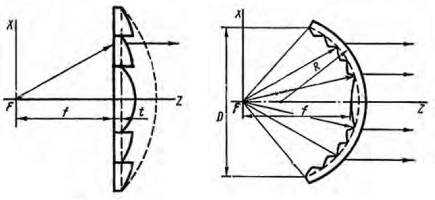


Конструктивные элементы френелевской линзы: несущий слой:

* прямой или криволинейный,
* внутренний или наружный; преломляющий слой:
* тороидальный,
* конический,

- алларовский.

**Конструкции линз Френеля:**

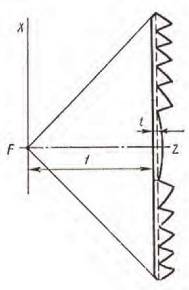


Профиль френелевской линзы спрям***ы***м несущим слоем

Профиль френелевской линзы с наружнымкриволинейным несущим слоем

Френелевские линзы изготавливаются двумя способами. Линзы большой оптической точности выполняются в виде отливок, из кото­рых шлифуют оптические элементы с последующей их установкой и юстировкой в металлическую обойму. Более дешёвые линзы для про­жекторных приборов массового применения изготавливаются прессо-вкои стекла.

Недостатком френелевских линз яв­ляется быстрое загрязнение и запыле- ние ступенчатых элементов. Очистка таких линз очень трудна, поэтому часто две линзы герметично соединяют с на­ружным и внутренним несущими слоя­ми.



Алларовский профиль френелевскойлинзы

Основными достоинствами линзы Френеля являются мягкий контур луча и высокая равномерность освещённос­ти по световому пятну, причём эта рав­номерность сохраняется при измене­нии ширины луча. Как правило, для уз­конаправленного света линзы Френеля не используются, они работают только с широкими пучками.

**ЛИНЗОВЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ С КОНДЕНСОРОМ**

В теле-, кино- и фотостудиях боль­шое значение имеет равномерность распределения освещённости по свето­вому пятну, так как чувствительность плёнки отличается от чувстви­тельности человеческого глаза. Для улучшения равномерности распре­деления освещённости по световому пятну используют прожекторы с конденсорным ламповым блоком. Конденсор в данном типе прожек­торов — это собирающая линза.



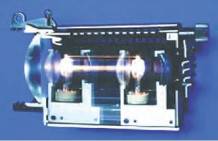
В качестве объектива может быть использована как линза РС, так и линза Fr. Примером такого типа прожекторов могут служить приборы фирмы «Dedolight».

Линзовые прожекторы — это самая многочисленная и разнообраз­ная группа осветительных театральных приборов. Хотя все прожекторы

г

работают примерно по одной оптической схеме, разнообра­зие её воплощения в конкрет­ных моделях приборов удивля­ет.

По мощности линзовые прожекторы имеют следующую линейку: 250 Вт, 300 Вт, 500 Вт, 575 Вт, 650 Вт, 750 Вт, 1000 Вт, 1100 Вт, 1200 Вт, 2000 Вт, 2500 Вт, 3500 Вт, 4000 Вт, 5000 Вт, 10000 Вт, 20000 Вт (лампы для киноаппаратуры).



В качестве источников в линзовых прожекторах используются лам-

**- Л**

пы самого различного типа: простые лампы накаливания, малогабарит­ные лампы накаливания, галогенные, металлогалогенные лампы и дру­гие.

Аксессуарами для линзовых прожекторов являются:

* **рамка для светофильтра,**
* **защитная сетка,**
* barndoor — четырёх- или шестилепестковые вращающиеся кашетиру- ющие шторки, устанавливаемые на выходе прожектора и служащие для частичного изменения формы светового пятна, а также для перекрытия нежелательных засветов,
* ирисовая диафрагма — используется в линзовых прожекторах сле­дящего света, где имеется конденсорная система.

Основными параметрами, характеризующими прожектор, являются следующие (рассмотрим на примере прожектора Quartet PC «Strand Lighting»):

Напряжение питания 220 В

Мощность 650 Вт

Тип источника КГМ 220-650, GY9,5



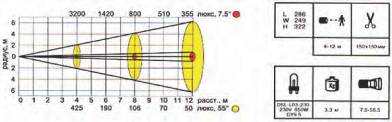
Рабочий угол светового пучка 7,5° ~ 55°

Эффективный радиус работы

Габариты

Вес

Зависимость освещённости в центре пятна от ширины раскрытия луча — в виде диаграммы.



Размер светофильтра

Нормальная освещённость лица актёра на сцене — 300 лк; для те­ле/видеокамер — 800 лк; слабое освещение сцены — 50 лк (полумрак).

**Характеристики отечественных прожекторов 70-х и 80-х годов**

* 1. **Прожектор ПР-0,25-100:**

напряжение питания 127 В, мощность 250 Вт, источник — прожекторная лампа ПЖ220-250, диаметр линзы РС 100 мм. В осветительной практике эти приборы называют «бебиками».

* 1. **Прожектор ПР-0,5-115 м:**

напряжение питания 220 В, мощность 500 Вт, источник — прожекторная лампа ПЖ220-500, диаметр линзы РС 115 мм. В осветительной практике эти приборы называют «пушками».

* 1. **Прожектор ПР-0,5-150 м:**

напряжение питания 220 В, мощность 500 Вт, источник — прожекторная лампа ПЖ220-500, диаметр линзы Френеля 150 мм.

* 1. Прожектор ПрТЛ-0,5:

напряжение питания 220 В, мощность 500 Вт, источник прожекторная лампа КГМ220-500.

4 м ~ 12 м 286х249х322 мм 3,3 кг 150х150

* 1. **Прожектор ПрТЛ-1 (ПрТЛ-2, ПрТЛ-3):**

напряжение питания 220 В, мощность 1000 Вт, источник — прожекторная лампа КПЖ220-1000.

**6. Прожектор ПрТЛ-У-1 (ПрТЛ-У-2, ПрТЛ-У-3):**

напряжение питания 220 В, мощность 1000 Вт, источник — прожекторная лампа КПЖ220-1000.

* + 1. Прожектор ПрТЛГ-1:

напряжение питания 220 В, мощность 1100 Вт, источник — прожекторная лампа КГМ220-1100.

* + 1. Прожектор ПР-300 м:

напряжение питания 220 В, мощность 300 Вт, источник — кинопроекционная лампа накаливания К220-300. В осветительной практике эти приборы называют «пистолетами». Прожектор имеет конденсор, ирисовую диафрагму и объектив.

* + 1. **Прожектор ПрТКМ-0,575:**

напряжение питания 220 В, мощность 575 Вт, источник — металлогалогенная лампа ДРИШ-575-1. Прожектор имеет конденсор, подвижные шторки, ирисовую диафрагму, сложный объектив, блок ручной смены светофильтров. Питание прожектора осуществляется через балластный ин­дуктивный аппарат — блок поджига и мгновенного перезажигания лампы.

**Отечественные прожекторы 70-х и 80-х годов**

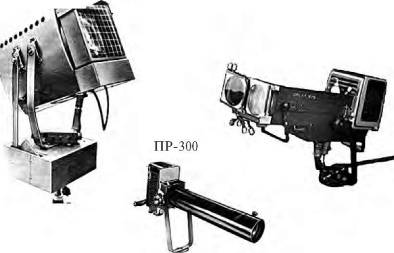
ПР-0,25-100 ПР-0,5-115м ПР-0,5-150м



ПрТЛ-0,5



ПрТЛ-У-1



ПрТКМ-0,575

; :/

ПрТЛ-1



**Современные линзовые прожекторы**

«IAMPO» AIDA



**§ 4. ПРОФИЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ**

Своё название приборы получили благодаря особым возможностям формирования светового луча.

Профильные прожекторы имеют возможность формировать задан­ный профиль луча с помощью специальных лезвиеобразных заслонок и ирисовой диафрагмы, расположенных в фокусе прожектора. Перво­начальное название лезвиеобразных заслонок — профилирующие но­жи. Иногда по аналогии с обыкновенными линзовыми прожекторами их называют шторками, что не совсем верно.

Первые профильные прожекторы появились в США в 1933 году. Так, в пышном зрелище на открытом воздухе «Romance of the People», кото­рое прошло в Поло Граундз в Нью-Йорке (1933 г.), компанией «Kliegl Brothers» был использован эллипсоидный прожектор, названный «Klieglight». В это же время компанией «Century Lighting» был разрабо­тан аналогичный прожектор под названием «Lekolite» или «Leko». Джо­зеф Лив (Leve) и Эдвард Ф. Кук (Kook), учредители компании «Century Lighting», запатентовали в 1933 г. новый тип рефлекторного прожекто­ра. Каждый из них дал по половинке своего имени «Le» и «Ko» новой совместной разработке. Так появился «Leko». Прожектор и по сей день производится компанией «Strand Lighting», хотя, разумеется, за эти го­ды он претерпел множество усовершенствований. Права на использова­ние названия «Leko» принадлежат исключительно компании «Strand Lighting».

Современные профильные прожекторы получили широкое распро­странение с конца 60-х годов. Бурное развитие театральных технологий и увеличение требований к сценическому постановочному освещению привели к созданию нового инструмента для художника по свету. При­бор должен был обладать следующими функциями:

* совмещать достоинства прожекторов с линзой РС и линзой Fr;
* изменять диаметр луча без потери светового потока (т.е. без по­мощи ирисовой диафрагмы);
* иметь возможность профилирования луча с резким контуром границы светового пятна;
* иметь возможность проецирования изображения, подобно про­екционному прибору.

Итогом работ исследовательских центров и фабрик по разработке осветительных театральных приборов стало появление профильных прожекторов нового типа — ZOOM—прожекторов. Эти приборы имеют переменное фокусное расстояние, что позволяет изменять размер изо­бражения без потери его качества и освещённости.

Изображение формируется в фокальной плоскости оптической сис­темы прожектора («F-системы») с помощью следующих элементов:

* лезвиеобразных заслонок;
* ирисовой диафрагмы;
* металлических или стеклянных трафаретов, называемых гобо (Gobo);
* стеклянных пластин с фотоизображением (фотогобо);
* термостойких слайдов с приставками принудительного охлаж­дения.

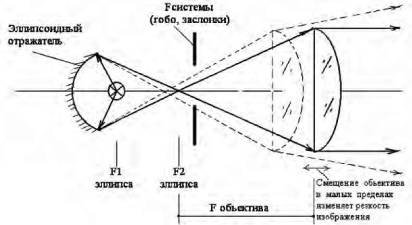
Не в каждом прожекторе имеются все вышеперечисленные элемен­ты, но лезвиеобразные заслонки есть обязательно.

Таким образом, профильные прожекторы можно разделить на два основных типа: однолинзовые

* эллипсоидные прожекторы;
* конденсорные прожекторы. многолинзовые
* эллипсоидные ZOOM-прожекторы;
* конденсорные ZOOM-прожекторы.

**ПРОФИЛЬНЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ С ФИКСИРОВАННЫМ УГЛОМ Профильный прожектор с эллипсоидным отражателем**

Оптическая схема прибора:



На главной оптической оси расположен источник света в ближнем фокусе F1 эллипсоидного зеркала (эллипсоидного отражателя). После отражения световой поток собирается в дальнем фокусе F2 эллипса, приобретая форму конусообразного светового пучка с ограниченным углом светораспределения. Далее на оптической оси расположен объек­тив, чаще в виде плоско-выпуклой линзы. Передний фокус объектива совпадает со вторым фокусом эллипса. В результате на выходе прожек­тора в идеальном случае (при точечном источнике света) мы получаем параллельный световой поток.

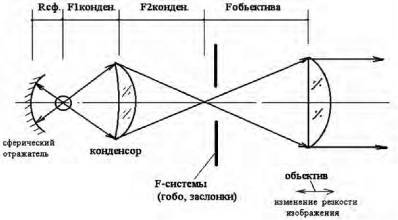
Реально выходной поток в прожекторах всегда имеет небольшую расходимость. Более того, прожекторы рассчитываются таким образом, чтобы получить заданный фиксированный угол раскрытия выходного по­тока. Угол раскрытия луча однозначно определяется фокусным рассто­янием объектива и указывается в паспорте прибора. Очевидно, что этот параметр определяет размер получаемого изображения. В каждом про­жекторе имеется возможность небольшого смещения объектива для из­менения резкости изображения.

Наиболее распространены модели со следующими углами: 5°, 10°, 19°, 26°, 36°, 50°.

Чтобы вместо узкого луча получить широкий, надо либо поменять объектив прожектора, что конструктивно не всегда возможно, либо по­менять целиком прибор. Это ограничение является основным недостат­ком прожекторов данного типа.

**Профильный прожектор с конденсором**

Оптическая схема прибора:



Конденсор (от латинск. Condenso — сгущаю, уплотняю) — оптичес­кая система, состоящая из одной или более линз, имеющая малое зна­чение фокусного расстояния (короткофокусная система f ~ 15 + 50 мм). Используется в оптических приборах для концентрации светового по­тока и равномерного распределения освещения всего поля изображе­ния, то есть позволяет увеличить освещённость проецируемого (или рассматриваемого в микроскопах) изображения.

Оптическая система профильного прожектора с конденсором пред­ставляет собой следующее.

Источник света расположен на оптической оси в фокусе сферичес­кого зеркального отражателя. После отражения лучи возвращаются в объём источника, что уменьшает световые потери, и далее проходят через конденсор. Конденсор преломляет и перераспределяет световой поток, собирая его в заднем фокусе (F2). С задним фокусом конденсора совмещён передний фокус объектива ^об). На выходе объектива сфор­мирован параллельный пучок лучей (идеальный случай с точечным ис­точником).

Как и в случае с эллипсоидным прожектором, угол раскрытия луча однозначно задан и определяется фокусным расстоянием объектива. Изменение резкости изображения производится небольшим смещени­ем объектива.

По своим светотехническим параметрам прожекторы с конденсором имеют большие потери света за счёт меньшего охвата конденсором све­тового потока по сравнению с эллипсоидным отражателем, но по каче­ству светового пятна, равномерности распределения светового потока, чёткости изображения значительно превосходят эллипсоидные прибо­ры.

Профильный эллипсоидныйпрожектор Source Four jr



В качестве примера эллипсоидных профильных прожекторов с фикси­рованным углом можно привести приборы американской фирмы «ЕТС».

Профильный эллипсоидныйпрожектор Source Four



В качестве примера профильного конденсорного прожектора с фикси­рованным углом можно привести прибор итальянской фирмы «LAMPO».



Профильный конденсорныйпрожектор RIGOLETTO 26



Основным достоинством профильных прожекторов класса Zoom яв­ляется возможность перераспределения светового потока при измене­нии угла раскрытия луча, то есть появляется функция масштабирова­ния изображения без потери его качества (без потери освещённости и чёткости). Это стало возможным при использовании объектива с пе­ременным фокусным расстоянием — Zoom-объектива.

Zoom-объектив представляет собой сложную оптическую систему, состоящую из двух и более линз, способных перемещаться по общей на­правляющей. Изменение фокусного расстояния происходит при изме­нении взаимного положения линз относительно друг друга вдоль опти­ческой оси (поперечное смещение линз недопустимо; это может приве­сти к искажению изображения или вовсе к его исчезновению). Иногда такой объектив называют трансфокаторным, подразумевая трансформи­рование фокуса.

В прожекторе предусмотрено двойное смещение линз: относительно друг друга и относительно конденсора. Производится это двойное сме­щение одновременно, при этом достигается необходимый размер изо­бражения и его резкость.

В случае, когда в устройстве объектива имеется механизм, отслежи­вающий одновременное сохранение резкости при изменении размера изображения, мы получаем вариообъектив, используемый в кинокаме­рах и дающий эффект «наезда» в кино.

В связи со сложной оптикой Zoom-объектива имеются большие по­тери светового потока на поглощение, поэтому в прожекторах класса ZOOM необходимо использовать более мощные лампы, чем в обычных профильниках. Как и обыкновенные профильные прожекторы, Zoom- приборы делятся на эллипсоидные и конденсорные.

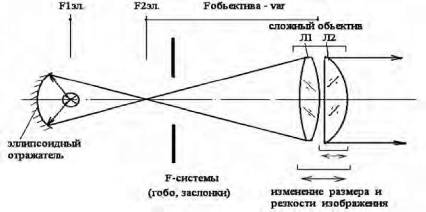
Предел изменения величины угла раскрытия светового потока не произволен, а ограничивается определёнными интервалами. Это связа­но с тем, что ограничено смещение линз объектива. Для расширения этого интервала понадобилось бы использование ещё одного объекти­ва, но тогда потери светового потока будут очень значительными, и ис­пользовать прожектор как осветительный прибор будет невозможно.

Примерное значение интервалов для Zoom-прожекторов:

9° — 22° (8° — 17°; 11° — 26°) 15° — 30° (16° — 28°; 18° — 30°) 25° — 50° (22° — 40°; 37° — 48°).

**Профильный Zoom-прожектор с эллипсоидным отражателем**

**Оптическая схема**



Примером данного типа прожекторов служит прибор американской фирмы «ЕТС».

Все прожекторы серии Souce Four оснащены литыми отражателями с дихроичным покрыти­ем, которое гасит до 20% теплового спектра, что положительно сказывается на сроке службы лезвиеобразных заслонок, диафрагмы и трафа­ретов гобо. Оптика высокого качества снабжена фокусирующим механизмом, обеспечивающим хорошую повторяемость результатов. Прибор работает с галогенной лампой HPL575 или HPL750.

Профильные прожекторы, благодаря их воз­можности проецировать изображение, иногда называют проекционниками или прожекторами с проекционной оптикой. Это неверно с точки зрения оптической системы, однако название

распространено в театрах. Проекционные приборы — это более слож­ный и значительно более дорогой класс осветительной аппаратуры.

В качестве трафаретов для получения изображений с помощью про­фильных приборов используются металлические пластинки — гобо.



Профильныйэллипсоидный Zoom-прожектор Source FourZoom

Гобо можно изготовить самостоятельно «домашним способом» (ме­тодом химического травления из медной пластины, из листа жести, из алюминиевой фольги), но эти изделия будут недолговечны, так как гобо работают в зоне высокого температурного нагрева. Кроме того, ху­дожественное качество «домашних» гобо невысоко. Рекомендуется ис­пользовать фирменные гобо, которые предлагают разные производите­ли. Наиболее интересный каталог гобо предлагает фирма ROSCO, явля­ющаяся лидером в области сценических аксессуаров.



**Профильный Zoom-прожектор с конденсором**

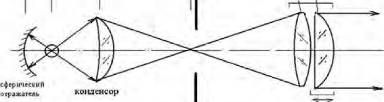
**Оптическая схема:**

Гибьекпш^ - vai

Rcrf pi коплен Г2Кч»ЩЯ

■OTCURHblfl OflbtMl®

**m .12**



f ClK 1смь (Гобо. JACJtOHkni

В»инени1! ришфп it режостн шобриження

Гобо может быть металлическим, стеклянным, с нанесением фото­изображения на стеклянную подложку, цветным, монохромным. Каж­дый год появляются новые предложения. Сегодня гобо изготавливают на заказ по предоставленному эскизу. Появились охлаждающие насад­ки к профильным прожекторам, позволяющие использовать плёноч­ные гобо, на которые изображение наносится красками художником или печатается на обычном принтере.

Гобо вставляются в специальную рамку, называемую гободержателем (Gobo holder), а рамка вставляется в прожектор. Размер гобо может быть разным и обозначается латинской буквой. Этот размер указан в паспорте к прожектору. Существуют насадки для вращения гобо. Гобо могут накладываться одно на другое — получается третье изображение.

Три классических стандартных размера трафаретов GOBO от компа­нии ROSCO:

«А» — размер изображения 75 мм (наружный размер 100 мм) «В» — размер изображения 64,5 мм (наружный размер 86 мм) «M» — размер изображения 49,5 мм (наружный размер 66 мм)

*Наружный размер*

*Размер изображения*



Примерами

ры:

прожекторов с конденсором служат следующие прибо-

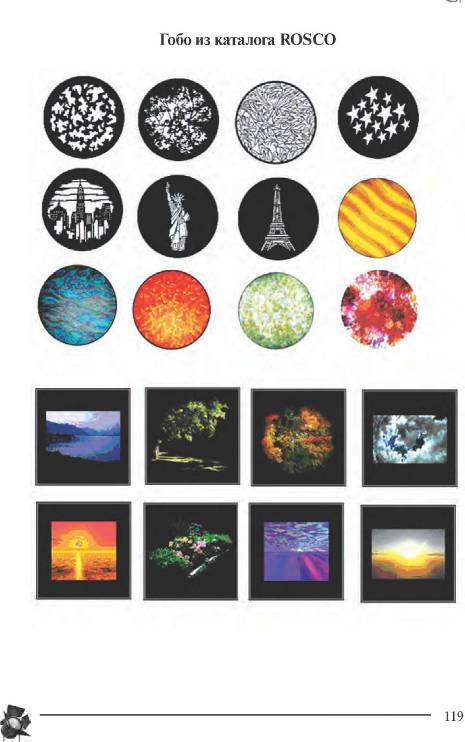


Профильный Zoom-прожектор с конден-сорным ламповым блоком TOCCATA 15/38Strand Lighting



*О*

Профильный Zoom-прожектор с кон-денсорным ламповым блоком RIGO-LETTO 22/35 LAMPO



**Профильные прожекторы**

«SELECON»Toccata 10 - 28



«STRAND LIGHTING»Toccata 10 - 26



«STRAND LIGHTING» SL



i



m



«IAMPO»Rigoletto 37-48



Глава 5

**Системы управления светом**

Возможность регулировки освещения в театре появилась вместе с газовыми светильниками. Были сконструированы централизованные системы дистанционного управления — газовые столы.[[3]](#footnote-4) К 1817 г. совер­шенствование технологий театрального газового освещения практичес­ки прекратилось ввиду бесперспективности использования газа в теат­ре.

После введения в театре электрического освещения (1890-е гг.) воз­никла потребность в дистанционном изменении мощности конкретно­го источника света. Эта задача была решена не сразу. Сначала были изо­бретены выключатели и переключатели (рубильники и коммутаторы), но они не содержали управляющих органов. Устройства, распределяю­щие электрическую нагрузку потребителей и управляющие мощностью осветительных каналов, появились позднее. Они получили название диммеров. С появлением диммерных устройств начала свое развитие уп­равляемая осветительная техника и стало возможным создание системы управления театральным освещением (СУТО). Это была истинная ре­волюция в освещении. Для формирования светового пространства ста­ло возможным использование фиксированного количества осветитель­ных приборов без потери динамики. В начале XX века регуляторы осве­щения стали центром светотехнического комплекса.

Первые СУТО устанавливались в специальном несгораемом поме­щении в передней части первого трюма таким образом, чтобы осветите­лю была видна вся сцена через открытый люк. Современные СУТО — часть электротехнического комплекса — предназначены для управле­ния всеми видами освещения и контроля над ними. При помощи СУТО щитами регулируемых и нерегулируемых потребителей управляются помещения театра: репетиционное, дежурное, рабочее, постановочное.

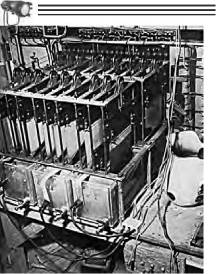
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДИММЕРЫ**

Как бы ни совершенствовались диммеры в ходе технического про­гресса, их идея консервативна и принцип их действия остаётся неиз­менным: нагрузка, управляющий элемент и орган управления. Первые простейшие диммеры — это реостаты. Реостатами называются опреде­лённые сопротивления, величину которых можно менять.[[4]](#footnote-5) Соляной диммер (жидкостный реостат) представлял собой ёмкость, заполненную соляным раствором, в котором был закреплен один электрод. Опуская или поднимая второй электрод, меняли сопротивление электрической цепи и силу тока (накал лампы). Такие устройства были громоздкимии неудобными, к тому же кипящий соляной раствор сильно нагревал воздух во всем пространстве за кули­сами.

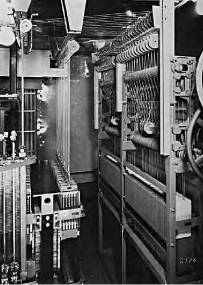
Вскоре на смену соляному при­шел резистивный диммер — хорошо известный реостат со скользящим контактом (щёткой). На керамичес­кий (изолирующий) цилиндр нави­валась длинная проволока (обмот­ка). Перемещением щётки в элек­трическую цепь включалась большая или меньшая часть обмотки, и накал ламп уменьшался или увеличивался. Реостат включался последовательно с одной или несколькими лампами накаливания. Щётки перемещались рычагами с помощью тросов, намо­танных на барабаны; это делалось вручную или с помощью электромо­тора. Управление производилось ди­станционно со светораспределитель- ных щитов, на которых монтирова­лись рубильники, переключатели и предохранители.

Распределительные щиты были довольно большими и тяжёлыми. Во многих применялась сложная си­стема выключателей и блокирующих переключателей. Главные переклю­чатели позволяли оператору управ­лять несколькими диммерами одно­временно. Плавность регулировки обеспечивалась системой противо­весов. Для достижения эффекта плавного затемнения требовались значительная сноровка и опыт.

На смену реостатам пришли бо­лее совершенные технически и более экономичные устройства — авто­трансформаторы, позволяющие из­менять напряжение переменного то­ка, подаваемое на осветительный прибор. Принцип управления тот же, что и при работе с реостатами: яркость освещения регулируется плавным перемещением щёток (с помощью системы тросов и противо­весов) по контактам секций трансформатора.



***Силовой автотрансформатор с подвижными щётками***



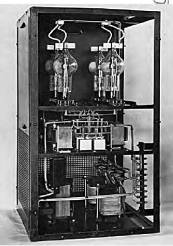
***Регулятор типа РТМ (вид сбоку)***

Диммеры на основе автотрансформаторов были более удобным средством регулировки яркости электрических осветительных прибо­ров в театрах, чем их предшественники.

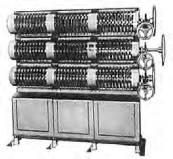
Первый поворотный автотрансформа­тор был разработан и запатентован в нача­ле 1930-х годов американской компанией «General Radio». Это устройство предлага­лось под торговой маркой «Variac». В 1960-х гг. американская компания «Superior Electric» выпускала для театров и телевидения большое количество сис­тем управления яркостью источников све­та с использованием автотрансформато­ров. Продукция продавалась под торговы­ми марками «Luxtrol» и «Powerstat» и была широко известна в США и Канаде. В ос­новном это были переносные системы из 6-12 диммеров в одном корпусе. Каждый диммер был снабжён ручкой для индиви­дуальной регулировки. Имелась также «мастер-рукоятка», которой можно было регулировать положение нескольких дим- меров одновременно. Такие устройства просуществовали в театрах до конца 1970- х годов.

В отечественной практике в 1950-е го­ды широко применялись пульты управле­ния освещением типа РТМ.

РТМ (регулятор театральный механиче­ский) предназначен для управления токо- съёмными щётками регулировочного ав­тотрансформатора ТР-100/30м — трёхфаз­ного автотрансформатора стержневого типа с однослойными оголёнными об­мотками и воздушным охлаждением.



***Силовой щит***



***Регулятор РТМ***

Регуляторы, в зависимости от количе­ства щёток, делятся на однорядные и многорядные. Регулятор обеспе­чивает возможность управлять как отдельной щёткой, так и группой щёток. Каждая щётка имеет свой рычаг управления. Все рычаги наса-

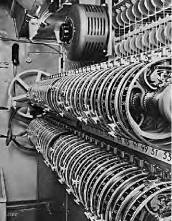
*Таблица 1*

**Пульты управления типа РТМ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип** | Кол-во регулируемых цепей | Кол-во автотранс­форматоров | **Габариты,** | **мм** | **Масса, кг** |
| **РТМ-30** | **30** | **1** | **7J5 х 997 х** | **1355** | **540** |
| **РТМ-60** | **60** | ***2*** | **715 х 1715 х** | **1355** | **950** |
| **РТМ-90** | **90** | **3** | **715 х 1715 х** | **1675** | **1150** |
| **РТМ-120** | **120** | **4** | **715 х 2234 х** | **1675** | **1500** |

живаются на общую ось, которая поворачивается вручную с помо­щью штурвала или электромото­ром. Специальное устройство позволяет отсоединять отдель­ные рычаги от общей оси, чтобы управлять тем или иным источ­ником по индивидуальной про­грамме. Можно заранее устано­вить рычаги в определённое фик­сированное положение, задав та­ким образом соотношение ярко­сти отдельных приборов (групп приборов).

РТМ выпускались в четырёх исполнениях, отличавшихся количест­вом регулируемых цепей.



***Регулятор механический иностранного производства***

К недостаткам РТМ относятся: наличие движущихся контактов, ма­лое количество программ в рабочей цепи, пожарная опасность, боль­шие габариты.

**АНАЛОГОВЫЕ ДИММЕРЫ**

Прогресс сильно изменил театральную технику. Современный прин­цип управления мощностью основан на свойствах полупроводников, в частности тиристоров и семисторов, которые являются основным уп­равляющим элементом всей диммерной техники. Полупроводниковый канал у этих элементов, в отличие от транзисторов, может прокачивать значительную мощность, не требуя особого охлаждения, при этом схе­ма управления ими проста.

В 1958 г. инженеры компании «General Electric» объявили о начале выпуска SCR (англ. silicon controlled rectifier — кремниевый управляе­мый диод) — полупроводниковых прибо­ров (тиристоров) для театрального и теле­визионного применения. На базе тирис­торов были разработаны компактные, ди­станционно управляемые диммеры, не имеющие механически движущихся час­тей.

В типичном современном SCR-димме- ре применяются два полупроводниковых устройства. На управляющие электроды этих устройств подаётся сигнал, в соответ­ствии с которым диммер изменяет силу тока (электрическую нагрузку) в лампах и, соответственно, яркость их света. Управ­ляющий сигнал может изменяться в ин­тервалах от —5 до +5 вольт или от 0 до +10 вольт.

***Обводные блоки тросовой системы***

По способу управления нагрузочными каналами современные диммерные уст­ройства подразделяются на аналоговые и ци­фровые. Первыми появились аналоговые диммерные блоки. Среди отечественных регу­ляторов освещения, работающих от аналого­вого сигнала, наибольшее распространение получили регуляторы типа «Старт».

Регуляторы типа «Старт» представляют со­бой комплексную установку, состоящую из силовой части и пульта управления тиристор- ными регуляторами (иногда их называют ти- ристорные блоки).

Силовая часть включает:

* вводное устройство с автотрансформа­тором ВУ-250 (для обеспечения питания ти- ристорных блоков);
* шкаф тиристорных регуляторов напря­жения ШТР-15-5 (или ШТР-15-10) с тирис- торными регуляторами типа РТ5-220 (или РТ10-220);
* шкаф избирательной коммутации (ШИК), где происходит соеди­нение выходных цепей тиристорных регуляторов с групповыми линия­ми нагрузки при помощи электрических соединителей и гибкого кабе­ля по схеме, составленной для конкретной сцены или даже для конкрет­ного спектакля.

Управление осуществляется с пульта, на который выведены показа­ния индуктивных датчиков. Пульты управления (ПУ) выпускаются в разных версиях (с разным количеством регулируемых цепей): Старт- 24, Старт-60, Старт-120, Старт-200.



***Стойка тиристорных силовых блоков***



***Внешний вид пульта иностранного производства***

ПУ обеспечивает предварительный набор четырёх программ, кото­рые имеют индивидуальное управление. Пульт не имеет программируе­мой памяти; программирование осуществляется вручную оператором каждый раз перед спектаклем по ранее записанной партитуре. У каждой программы — свой цвет ручек регулировки цепей, как правило, крас­ный, жёлтый, белый и синий. При воспроизведении одной программы остальные можно независимо корректировать. Переход с одной про­граммы на другую осуществляется с по­мощью поворотных элементов управле­ния, называемых латерами. Напряже­ние питания на пульт подаётся главным латером, им можно осуществлять одно­временную корректировку уровней ос­вещённости по всем программам.

**Схема рабочих панелей пульта «Старт»**

***Регуляторы освещения "Старт-60П", "Старт-120П"***

**Левая панель Плнеть управления Правая панеть**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 12 3 4 5 6 | f  0  лев | f \ прав  **("V/ L** | *2 3* 4 5 6*...*  I |
| 52 S3...  1 1 1 - ■■ — - — «1 | (2) <S> 1  К Б Ж С  1 | | 52 S3..  1 |

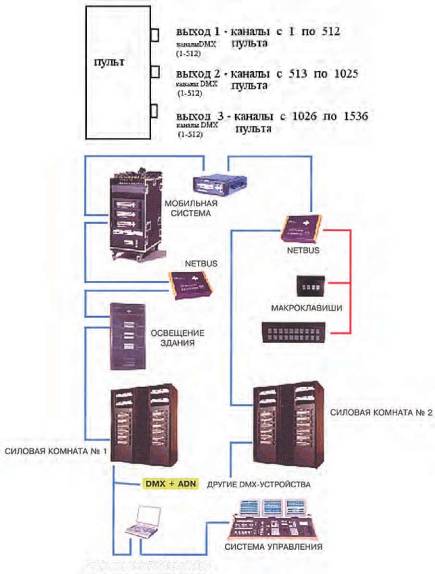
Внешний вид пульта

***А***



**ЦИФРОВЫЕ ДИММЕРЫ**

Аналоговые системы управления диммерами (по одному проводу на диммер) громоздки и дороги. Появление цифровых пультов оказало на театральное освещение огромное влияние. Цифровые диммерные уст­ройства, подобно лампам накаливания, открыли новую эру в художест­венном свете.



УПРАВЛЯЕМЫЙ КОМПЬЮТЕР

***Система дистанционного управления диммерными блоками***

Современные цифровые пульты — это мощные компьютеры со спе­циально разработанным программным обеспечением, со своим интер­фейсом, со своими библиотеками приборов, эффектов и пр.

Пульт создан по модульному принципу. В зависимости от желания и возможностей пользователя производится набор модулей с нужной конфигурацией. Условно модули (или панели) можно разделить по принципу действия следующим образом:

* панель записи световых картин;
* панель записи световых эффектов;
* панель программирования функциональных возможностей кла­виш и субмастеров (макрокоманд);
* панель воспроизведения;
* панель управления параметрами дистанционно-управляемых при­боров;
* панель субмастеров (супермастеров, грандмастеров).

По исполнению пульты можно разделить на 4 группы. Первая, и на­иболее распространённая, это специализированные компьютеры. Внутрь их корпуса встроен центральный процессор, который управляется про­граммой, записанной на микросхеме. Эта группа составляет основную массу всех работающих сегодня пультов.

Вторая группа — так называемые контроллеры. Логика построения основана на том же принципе, но с тем различием, что функционально они не приспособлены к самостоятельной рабо­те. Они позволяют лишь управлять пара­метрами определённой группы приборов.

Третья группа — модифицированные компьютеры. Стандартный системный блок или встроен внутрь пульта, или рас­полагается рядом с ним. Пульт стыкуется с компьютером при помощи интерфей­сной платы.

К четвёртой группе можно отнести компьютерные программы, такие как DAS LIGHT, SHOW CAD, MARTIN 3064, DMX LIGHT и другие, где сам компьютер становится пультом управления, а свето­вые источники управляются через интер­фейсную плату или блок.

**ПРОТОКОЛ DMX512**

Первые пульты работали в индивиду­альном цифровом стандарте, т.е. обща­лись с диммерами на своем специальном техническом коде, который тщательно скрывался фирмой-изготовителем. Когда



осветительные приборы, управляемые Внешний вид современных цифровым сигналом, получили широкое пультов управления распространение, встал вопрос совмести­мости аппаратуры. В 1986 г. Комиссия USITT (US Institute for Theatre Tehnology — Институт театральных технологий США) разработала «Протокол DMX512» — публичный стандарт цифровой передачи дан­ных между пультом управления светом и диммерами.

DMX512 (англ. digital multiplex — цифровой умножитель) разработан с целью стандартизации управления диммерами с осветительного пуль­та. Он представляет собой уплотнённый цифровой протокол, способ­ный работать с 512 устройствами. Сегодня роль этого протокола значи­тельно шире, чем предполагалось первоначально. С осветительного пульта можно управлять целой сетью различных устройств: не только диммерами, но и скроллерами, нерегулируемыми источниками света, а также настраивать параметры подвижных прожекторов.

Основа протокола — пространство двоичных кодов (сочетаний еди­ниц и нулей). Каждый код — это уникальная последовательность высо­ких и низких уровней сигнала, называемых битами и посылаемых через определённый интервал времени. Каждый код в DMX512 содержит 8 бит. Группа из 8 бит называется байтом. Уровень диммера кодируется одним байтом. Байт определяет 256 различных кодов от 0 до 255.

Чтобы приёмник мог определить начало байта, к байту добавляется 3 стартовых бита (низкий уровень сигнала) и 2 стоповых (высокий уро­вень). Для пересылки байта передатчик посылает стартовый бит, сооб­щающий приёмнику о начале обмена. Скорость передачи измеряется в бодах (1 бод=250000 бит/сек).

Информация в закодированном виде непрерывно передаётся по од­ному контрольному кабелю пакетами (один за другим) с частотой от 20 до 40 раз в секунду.

DMX512 поддерживает работу 512 каналов, последовательно пере­сылающих данные, от канала 1 и до канала с самым большим номером, существующим в данной консоли (пульте). Консоли, обеспечивающие работу с более чем 512 диммерными выходами, имеют несколько пор­тов DMX512. Нельзя путать каналы DMX512 с каналами консоли или диммера. В случае, когда в системе более 512 каналов принимающих ус­тройств, применяются дополнительные DMX512 линии. Например, консоль, имеющая 1024 выходных канала, будет снабжена двумя выход­ными портами DMX512, консоль с 1536 каналами — тремя DMX512 и т.д.

Залогом успешной и надёжной работы DMX512 является примене­ние качественных кабелей и разъёмов определённых типов. Для переда­чи данных DMX512 используется кабель, соответствующий специфика­ции EIA RS 422/485. Сигнал передаётся по витой паре (так называется пара проводов, скрученных вместе). Вторая витая пара является резерв­ной или используется для «обратной связи» или других приложений. Обычно применяются разъёмы типа XLR с пятью контактами:

* контакт 1 — экран — земля;
* контакт 2 (чёрный) — данные (—);
* контакт 3 (белый) — данные (+);
* контакт 4 (зелёный) — свободный, данные (—);
* контакт 5 (красный) — свободный, данные (+).

Устройства подключают последовательно, начиная с пульта управле­ния. К последнему устройству в цепочке подключают специальную за­ 129

глушку-терминатор (резистор), чтобы предотвратить отражение сигна­ла, способное привести к ошибкам. Некоторые устройства, будучи под­ключёнными последними в цепочке, сами подавляют отражения сигна­ла и не нуждаются в дополнительной заглушке.

DMX512 создавался как протокол управления диммерами. Теперь с его помощью управляются цифровые световые приборы, колорченд- жеры, лиры, стробоскопы, дымовые машины, лазеры, фонтаны, сцени­ческая машинерия.

По стандарту DMX512 каждый передатчик сигнала может управлять приборами — диммерами, сканерами, скроллерами и так далее — в ко­личестве 32. Все эти приборы соединяются последовательно. Для ис­пользования более чем 32 приборов необходим разветвитель DMX Splitter, имеющий один вход и несколько выходов, на каждый из кото­рых может быть «посажено» до 32 приборов.

**ТЕАТРАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ КАК СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТЬЮ КЛАССА ETHERNET**

Внедрение новейших компьютерных и информационных техноло­гий привело к качественному скачку в осветительной индустрии. Кар­динально изменились и взгляд на роль систем управления светом в теа­трах, и подход к их проектированию. Снижение стоимости систем уп­равления способствовало тому, что они стали применяться не только на сцене. Их назначением стало обеспечение целостности восприятия спектакля.

Световые эффекты начинаются на подходе к зданию театра и про­должаются в театральном интерьере. Световое оформление вводит зри­теля в атмосферу представления. Даже такое простое действие как при­глашение в зал может сопровождаться эффектом «световой волны» в направлении от гардеробов и буфетов к залу. Затем следует само пред­ставление. Всё оборудование, обеспечивающее визуальные эффекты, связано в единую, синхронно работающую систему, которая контроли­рует цвет и яркость освещения, управляет изменениями позиций про­жекторов и специальных приборов. Система предполагает также объ­единение пультов осветителя, помощника режиссера и механика сце­ны, что позволяет синхронизировать световые переходы, движение де­кораций и механизмов, работу актёров. В антрактах и после окончания спектакля система включает необходимое освещение в заданной после­довательности и с заданной яркостью для обеспечения быстрого и удоб­ного выхода зрителей из зала и театра.

Обеспечение безопасности зрителей в помещении театра — важная функция современной системы управления. В экстренных ситуациях (пожар, отключение питания и пр.) система должна гарантировать ава­рийное освещение. Кроме того, в систему входят приборы дистанцион­ного контроля технического состояния диммеров и других периферий­ных устройств.

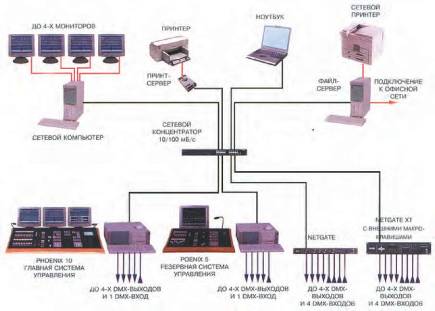
Системность предполагает возможность подключения любого обо­рудования в любом месте здания с небольшой настройкой сети с любо­го управляющего устройства. При соблюдении этих условий время, тре­буемое для изменения конфигурации системы, сокращается до мини­мума. Отдельные устройства, входящие в систему, должны располагать­ся в наиболее подходящих для них местах. Это даёт экономию кабеля и облегчает обслуживание.

Согласно предварительным расчётам, для управления светотехниче­ским комплексом потребуется около 5000 DMX каналов. Работа с таким количеством возможна только при использовании сетевых технологий. Оптимальной основой всей театральной системы управления светом является компьютерная сеть класса Ethernet, обеспечивающая работу не­обходимого количества выходных каналов. Для передачи информации (управляющих сигналов) в сети такого класса достаточно одного кабе­ля. Это может быть обычный электрический кабель с медной жилой. Но оптический кабель более надёжен, обладает большей пропускной способностью и лучше защищён от помех. Оптический кабель дороже электрического, но в эксплуатации он гораздо более выгоден — он вла- гоустойчив, не окисляется и не подвержен старению.

К сети подключаются многие устройства, важнейшими из которых являются пульты управления светом, управляющие и резервирующие контроллеры, файловые серверы, компьютеры управления.

Функции пультов понятны из названия, добавляются только различ­ные дополнительные функции, связанные с сетевой системой.

Управляющие контроллеры автоматизируют часть рутинных задач операторов, облегчая их работу. Резервирующие контроллеры бездей­ствуют, пока всё управляющее оборудование работает в штатном режи­ме, но продолжают ведение спектакля в автоматическом или ручном ре­жиме в случае возникновения неисправности.



***Система дистанционного управления осветительным оборудованием Ethernet***

Необходимой частью системы являются файловые серверы, предна­значенные для хранения файлов со спектаклями и имеющие защиту от несанкционированного изменения и стирания файлов. Отдельное уст­ройство для хранения информации гарантирует её сохранность в случае выхода из строя пультов и контроллеров. Во время создания и записи новых спектаклей можно моментально извлекать из файлов уже гото­вые сцены или их части и вставлять в создаваемый спектакль.

Компьютеры управления предназначены для редактирования спек­таклей и управления отдельными устройствами в системе. На одном из таких компьютеров возможна реализация управления архитектурным и внутренним освещением.

Важной особенностью современных систем является внутреннее ог­раничение доступа. Это означает, что каждому устройству и каждому че­ловеку, работающему в системе, можно запретить определённые функ­ции и действия. Необходимо предусмотреть распределение функций и прав: начинающий оператор может вести спектакль, но не может из­менять его, опытный оператор может и то и другое; художник может из­менять спектакль, но не может вести спектакль; дежурный оператор мо­жет управлять архитектурным освещением, но не имеет доступа к спек­таклям и так далее.

Непосредственно в сети Ethernet также должны работать современ­ные диммерные стойки. Встроенные процессоры стоек, являющиеся сами по себе миниатюрными контроллерами, совместно с дополни - тельными станциями самостоятельно выполняют простейшие задачи управления. Диммерные стойки должны обеспечивать в современном театре управление освещением всех сценических, репетиционных и зрительских помещений. Основная группа диммеров управляет по­становочным светом; часть из них необходимо включать для репетици­онного и технологического освещения. Другая группа управляет светом в зале, зрительской и закулисной частях.

**ЗРИТЕЛЬСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ТЕАТРАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Театральное освещение должно воздействовать на чувства зрителя в соответствии с эмоционально-образным содержанием спектакля, усиливая и обостряя впечатление от сюжета и игры актёров. Действи­тельно, свет и цвет влияют на настроение, на образ и направление мыс­лей. Но влияние это неоднозначно, индивидуальный результат его не всегда предсказуем. Возможности восприятия, в том числе восприятия света и цвета, ограничены объективными свойствами зрения (неодина­ковой чувствительностью глаза к разным амплитудам и длинам волн света), субъективными свойствами психики, физическим состоянием человека.

Создавая световую партитуру спектакля, художник должен учесть и согласовать возможные варианты воздействия, основываясь, в пер­вую очередь, на своих впечатлениях и представлениях, своем воспри­ятии и личном опыте.

На повсеместно распространённых до недавнего времени СУТО (си­стемы управления театральным освещением автотрансформаторного



типа) управление осуществлялось вручную, и рукоятки имели, как пра­вило, значительную длину рабочего хода. Наблюдая за спектаклем, оце­нивая реакцию зала, оператор мог нужным образом корректировать скорость ввода каждой цепи и добиваться художественной целостности световой и цветовой гаммы перехода.

Сегодня театральная мировая светотехника располагает многопро­граммными СУТО. Они оснащены компьютерами и микропроцессора­ми, хранят в памяти до тысячи световых картин, имеют массу эффект­ных приспособлений. Световой переход осуществляется нажатием кнопки, напряжение синхронно изменяется во всех регулируемых груп­пах. Технические возможности освещения возросли, но, как показыва­ет практика, качественного скачка не произошло: новое оформление спектаклей не обогатило зрительские эмоции. Причина проста: ни один даже самый совершенный технический комплекс не может пока уста­новить обратную связь со зрителем и приспособиться к изменениям в его настроении и восприятии.

Огромные возможности компьютерных технологий при построении световой партитуры спектакля могут быть реализованы при условии, что компьютер «научится» световому регулированию в соответствии с законами зрительного и эмоционального восприятия. Можно наде­яться, что в будущем программа управления будет учитывать спектраль­ную характеристику глаза, его чувствительность к амплитудным коле­баниям, особенности адаптации к темноте и свету, специфику реакции на изменение яркости и частоты световых импульсов, утомляемость зрения и психики, эмоциональный настрой зрителей. В идеале управле­ние сценическим светом будет доверено компьютеру, программа и па­мять которого ориентированы на:

* приём и передачу информации от датчиков физических величин характеристик постановочного освещения;
* определение характеристик зрительного восприятия в данный мо­мент;
* выбор определённой характеристики зрительного восприятия и её изменение в соответствии с содержанием и эмоциональной задачей сценического действия;
* формирование управляющих команд для светотехники на основа­нии анализа физической характеристики света, особенностей состоя­ния зрительного восприятия и эмоциональной динамики театрального действия.

Предстоит проанализировать опыт художников по свету, найти зако­номерности восприятия и ввести их в программу управляющего ком­пьютера. Пока этого не сделано, компьютеру будет отведена важная, но скромная роль «секретаря», который должен запомнить необходи­мое количество световых картин и выдать их по требованию художника.

Глава 6

Основные типы освещения

Характер светотеневого рисунка зависит от взаимного расположе­ния источника света и объекта. Рассмотрим элементарные случаи осве­щения.

При перемещении источника света по вертикали (рис. а): А1 — верхнее освещение;

А2 — тональное освещение (объект и источник света находятся на одном уровне);

А3 — нижнее освещение.

При перемеще­нии источника света по горизонтали (рис. б):

Б1 — фронталь­ное освещение;

Б2 — диагональ­ное освещение;

Б3 — боковое ос­вещение;

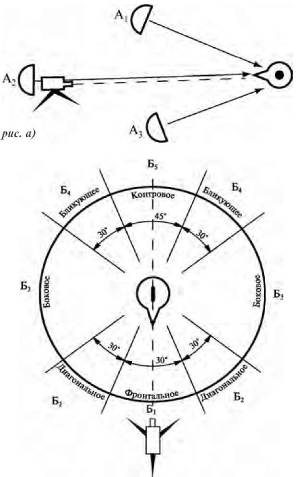
Б4 — бликующее освещение;

Б5 — контровое освещение.

Образование ви­дов света:

а — простран­ственные координа­ты источников света по вертикали;

б — простран­ственные координа­ты источников света по горизонтали.



***рис. б)***

Положение ис­точника света отно­сительно объекта оп­ределяется тремя ко­ординатами — на сцене это ширина, глубина и высота. Недостаточно задать или вычислить толь­ко одну координату, чтобы верно опреде­лить расположение источника в пространстве. Определяя место уста­новки прибора, надо учитывать его характеристики и предвидеть эф­фекты от сложения его света со светом соседних источников. Рассмот­рим особенности различных видов освещения.

**ФРОНТАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

Существуют два основных варианта освещения: тональное, или бес­теневое, и светотеневое. Тональное освещение, очень часто встречаю­щееся в театральной практике, имеет место, если источник света нахо­дится на одной высоте с объектом. В этом случае формы и цвет предме­тов не подчёркиваются и не видоизменяются светотенью. Освещение может быть как направленным, так и рассеянным.

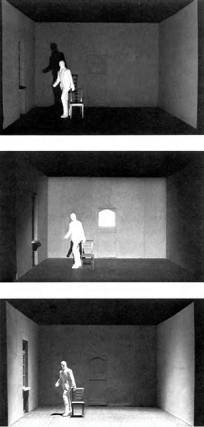
Верхнее фронтальное освещение (источник направленного света рас­положен перед объектом и выше него) даёт ярко выраженный теневой ри­сунок, который подчёркивает объём. Такое освещение выявляет факту­ру материалов. При портретной съёмке в верхнем фронтальном освеще­нии желательно установить источник так, чтобы свет падал на лицо под углом 30—55° от вертикали.

В случае нижнего фронтального освещения возникает характерный светотеневой рисунок, сильно искажающий естественные формы объ­екта. Например, в свете рампы на лице актёра образуются резкие тени от носа, идущие вверх, лоб притемняется, а подбородок и шея освеща­ются чрезмерно ярко. Нижнее освещение источником небольшой мощ­ности часто используют в сочетании с другими видами освещения, если нужно выразительно осветить глаза модели.

Освещение называется диагональным, если источник смещён на 15—45° относительно центральной оси объекта. При этом часть объекта освещается ярко, а часть уходит в тень. Чаще всего встречается верхне­диагональное освещение: свет падает на актёров из осветительной ложи под углом 30—40°. Это несимметричное освещение прекрасно выявляет формы лица, позволяет скорректировать его недостатки. Нижнее диа­гональное освещение для лица применяется очень редко.

Боковое освещение часто используется в творческой практике и со­здаёт особенно богатые и разнообразные по рисунку светотени на объ­ектах. Луч света, скользящий по поверхности, превосходно выявляет ее микрорельеф, подчёркивает фактуру, профили декораций, лепит объём. При боковом освещении возникает рисунок с большими площадями затенения, и это даёт возможность в значительной степени корректиро­вать внешний вид объекта. Боковое освещение хорошо сочетается с другими видами освещения, в частности, с фронтальным бестеневым. Боковое освещение используется и для того, чтобы высветить воздуш­ную среду, создать впечатление пространства, акцентировать положе­ние предметов.

Контровым называется освещение объекта сзади. В этом случае по контуру фигуры возникает светлый ореол. Чаще ставится верхнее конт- ровое освещение. В случае нижнего контрового освещения источник света скрывают (например, за непрозрачными предметами обстанов­ки). Контровое освещение применяется, главным образом, для того, чтобы подчеркнуть форму объекта, выделить его в пространстве, отде­лить от фона и других объектов. Ореол возникает, даже если освещае­мый объект и фон имеют одинаковую тональность. Эффект усиливает­ся в задымленном воздухе: свечение становится еще более заметным, зрительно изменяя и увеличивая пространство даже в небольших поме­щениях или декорациях.



Если источник расположен не строго сзади, а под углом, то одна сто­рона объекта будет обрисована тонким светящимся контуром, а на дру­гой образуется световой блик, более широкий, чем ореол при контро- вом освещении. Поэтому такое освещение называется бликующим. Бли- кующее освещение применяется в большинстве случаев в системе об­щего освещения.

**ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ**

В однородной среде свет всегда распространяется прямолинейно. Линии, вдоль которых распростра­няется энергия излучения источни­ка, называются световыми лучами.

Луч света, встречая на своём пути какое-либо тело, одновременно час­тично поглощается им и частично отражается от его поверхности. За телом образуется неосвещённое пространство. Мы называем его те­невым пространством, а поверхность тела, на которую не попадают лучи света, — теневой или затемнённой по­верхностью.

Абсолютно чёрные (полностью поглощающие), абсолютно зеркаль­ные (полностью отражающие) или абсолютно прозрачные (полностью пропускающие) тела — теоретичес­кая абстракция. Пример практичес­ки полного поглощения — «чёрная дыра» в астрономии, полного пропу­скания — «Человек-невидимка» Г. Уэллса. Почти полного отражения можно добиться, если отполировать зеркало. Обычные тела часть света отражают, часть — поглощают. Соот­ношение поглощённого и отражён­ного излучения у разных тел различ­но.

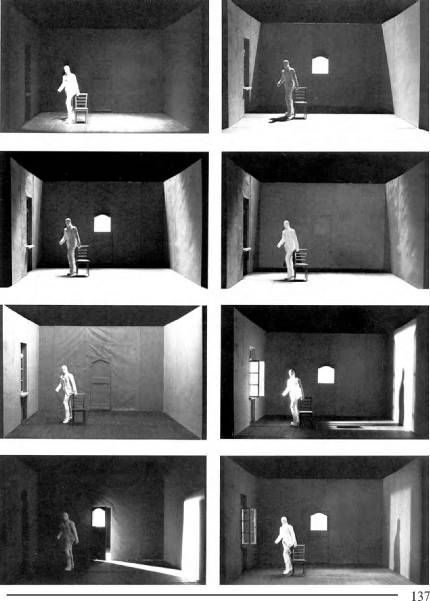
От освещения зависит, сложится ли у нас адекватное представление о предмете — его форме, объёме, фактуре, цвете. В конечном итоге освещение определяет нашу способ­ность верно ориентироваться в пространстве и воспринимать движе­ние.

**Предмет можно осветить:**

* локальным (направленным) светом;
* рассеянным (рассеянно-отражённым) или тональным светом;
* *комбинацией направленного и рассеянного света (такое освеще­ние называется смешанным или пространственным).*

Характер освещения выбирается в зависимости от того, какой эф-

**Схемы освещения**



фект мы хотим получить. Рассматривая темную (неосвещённую) фигу­ру на ярко освещённом фоне, мы увидим только ее контуры — линии, разделяющие чёрное и белое тональные поля. Плоскостное однотонное изображение фигур и предметов (обычно темное на более светлом) на­зывается силуэтным. Силуэт объекта подобен его тени. Он не имеет све­тотеневого рисунка и не даёт представления об объёме. Силуэтное изо­бражение может быть построено и на плоскости, и на пространствен­ной фигуре.

Если объект и фон имеют одинаковый цвет и освещены одинаково (или не освещены совсем), то различить их невозможно. Если же хотя бы часть фона отличается от фигуры по цвету или степени освещённо­сти, то мы увидим часть силуэта. Подбирая контрастное освещение фи­гуры и фона, на сцене можно «рисовать» (точнее, обрисовывать) фигу­ру по частям. Чтобы передать рельеф, его выпуклости нужно обрисовать контрастным цветом (тоном) или тенью.

Первое правило освещения: для того чтобы обрисовать на сцене кон­туры какой-либо фигуры, освещение фигуры и фона должно быть раз­личным.

Если исключить рассеяние и отражение света в помещении (для это­го пол и стены покрывают чёрным бархатом), освещение можно орга­низовать только направленным светом (лучом). Мы увидим поверхность объекта, обращённую к источнику, остальное окажется в полной темно­те. Переход от мрака к свету будет резким, светотеневой рисунок не воз­никнет. В этом случае наблюдается эффект света в чистом виде. Ни объ­ём, ни форму, ни фактуру, ни цвет объекта при таком освещении полно­стью передать не удастся.

Второе основное правило освещения: для того чтобы выявить действи­тельную форму, цветовую тональность и фактуру объекта, его нужно ос­ветить рассеянным светом.

Третье основное правило освещения: для того чтобы получить резкие тени и ясно выраженный эффект света, нужно освещать объект направ­ленным светом.

Рассеянный свет даёт светотеневой, объёмный рисунок объекта. На­правленный свет не подчёркивает объём, и объект кажется плоским.

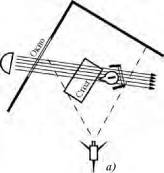
Светотеневой рисунок — это чередование света и тени на объекте, изменение основной освещённости объекта от падающих теней или оживляющих бликов света. Светом можно вылепить объём и подчерк­нуть фактуру. Светотеневое изображение воспроизводит объёмно-про­странственную форму объекта.

Для общего освещения используют источники света, находящиеся в разных точках пространства. С помощью источников с различными светотехническими характеристиками можно по-разному осветить объ­ект.

**Характер освещения объекта зависит:**

* от фактуры объекта;
* от источника света, его интенсивности и спектрального состава;
* от направления светового потока.

Локальное (направленное) освещение (схема №1, рис. а, б). В этом случае ограничиваются одним источником (например, светом из окна). В театральной практике используют один мощный прожектор. Так как



***Схема №1. Локальный (направленный) свет***

весь свет при этом падает на объект с одной стороны, рисунок светоте­ни резко выражен. По существу это рисующее освещение. Особенности локального освещения:

* сторона объекта, обращённая к источнику, ярко освещена, а про­тивоположная сторона погружена в тень;
* освещаемый объект отбрасывает тень на другие предметы;
* тени и полутени зависят от угла падения светового потока;
* блики на отражающей поверхности.

При локальном освещении часто требуется подсветка теневой сторо­ны.

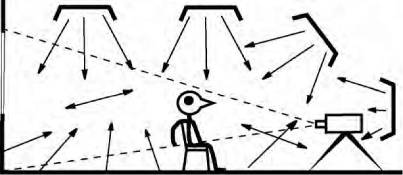
Рассеянное освещение (схема №2). Если свет равномерно распреде­лён в пространстве и объект одинаково освещён со всех сторон, освеще­ние считается идеально рассеянным. В этом случае:

* поверхности, одинаково отражающие свет, будут переданы одним светотеневым рисунком;
* полностью будут отсутствовать тени и полутени;
* детали и отдельные поверхности объекта и фона видны только за счёт различия тональности (цвета и светоотражательной способности предмета).



***б)***

**Рассеянный свет**



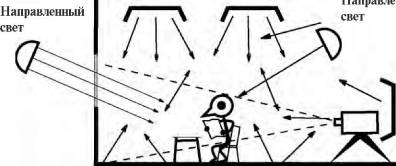
***Схема №2. Рассеянно-отражённый свет***

При идеально рассеянном свете будет более или менее точно переда­ваться фактура, тональность и форма объекта. Но из-за отсутствия по­лутеней, которые выделяют рельеф и объём на поверхностях, будет со­здаваться впечатление плоского рисунка.

Чтобы создать идеально рассеянный свет на сцене, источники рас­полагают близко к объектам. Так освещаются декорации и задники. По светотональному характеру этот способ противоположен локально­му.

Смешанное (пространственное) освещение (схема №3), воспроизводя­щее естественное освещение в природе, используется чаще всего. Оно создаётся одновременно несколькими источниками направленного или рассеянного света, расположенными в разных точках пространства. По существу это сочетание локального и рассеянного освещения. В об­щей световой картине рассеянное освещение выполняет функцию «све­тового грунта», на который локальное освещение накладывает четкий светотеневой рисунок.

**Рассеянный свет**



***Схема №3. Отражённый рассеянный свет***

**нный**

Система сценического освещения основана на комбинировании приборов, обладающих различными светотехническими характеристи­ками. Так как оформление каждого спектакля различается по картинам и мизансценам, то и система освещения должна быть гибкой.



**Глава 7** Освещение декораций

**§ 1. ОСВЕЩЕНИЕ ФАКТУР**

Для передачи фактуры освещение имеет решающее значение. Мато­вые, относительно гладкие поверхности свет рассеивают, и глаз не ви­дит их фактуры. Световая проработка таких поверхностей выполняется комбинированным светом от различных источников, установленных в разных точках (количество источников может меняться).

Для проработки поверхностей с крупной структурой нужно исполь­зовать скользящий свет (направленный и направленно-рассеянный). Он выявляет микрорельеф шероховатой поверхности, делая заметными даже мелкие впадины и выпуклости. Если свет падает на поверхность под прямым углом, то рельеф не виден.

Глянцевые поверхности по характеру отражения находятся между зеркальными и матовыми. При освещении под определёнными углами на них появляются блики. Чтобы уменьшить блики, необходимо ком­бинированное освещение под разными углами. Во избежание образова­ния больших контрастов следует использовать световое заполнение (рассеянный свет).

Зеркальные поверхности наиболее сложны для освещения. Они да­ют яркие жёсткие блики в местах касания световых лучей и отражают сам источник света. Получается очень высокая контрастность. Необхо-



***Пример освещения фактур***



***Примеры освещения фактур***

димо использование мягкого рассеянного света.

Для тонкой проработки фактуры лица необходимо найти правиль­ное соотношение направленного и рассеянного света. Направленный свет выявляет структуру поверхности и создает рисунок светотени, не­обходимой для лепки объёмно-пластической формы лица. Для сглажи­вания возникающих контрастов необходимо использование рассеянно­го света.

**§ 2. РАБОТА С ОДИНОЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ СВЕТА**

Казалось бы, для имитации солнечного освещения наилучшим об­разом подходит одиночный источник света — ведь солнце на небосводе одно. Но это неверное рассуждение. По сравнению с гигантским Солн­цем Земля имеет микроскопические размеры. Иными словами, для на­шей планеты Солнце не одиночный, а «множественный», точнее, плос­кий источник света, настолько большой, что его лучи, достигающие земной поверхности, практически параллельны. Поэтому тень, кото­рую отбрасывает освещённый солнцем предмет, не увеличивается в раз­мерах, как бы далеко она ни простиралась. Из-за того, что свет в возду­хе рассеивается, границы солнечной тени слабо размыты одинаково по всей её длине.

Театральный источник света относительно мал, поэтому на освеща­емый им объект падает конусовидный пучок лучей. В расходящихся лу­чах тень, по мере удаления от объекта, увеличивается в размерах, а кон­туры её становятся все менее чёткими. На расстоянии этот эффект уже хорошо заметен. Есть и еще одно отличие: по сравнению с прямым сол­нечным светом студийный источник света дает значительно более глу­бокие контрастные тени.

Главный секрет работы с одиночным источником заключается в уп­равлении областью теней, в выделении границы между светом и тенью, которая подчёркивала бы контуры, выделяла бы те или иные особенно­сти объекта. Хорошо известно, как меняется лицо в зависимости от ос­вещения: при одних углах падения света резко выделяются скулы и че­люсть, при других — подчёркивается нос, а можно направить свет так, что черты лица смягчаются, разглаживаются. Широкое лицо можно зрительно сузить, изменив направление луча всего на несколько граду­сов.

При фотосъёмке различных предметов техника единственного ис­точника требует очень аккуратного «обращения с тенью». Многие пред­меты имеют уродливые плотные тени, которые портят композицию. Но некоторые объекты, например драгоценности, отбрасывают мягкие, завораживающие тени, которые могут стать важнейшим художествен­ным элементом кадра. В каждом конкретном случае фотограф выбира­ет между жёстким и мягким освещением, используя для управления светом зонтики и рассеиватели.

Характер светового потока определяется выбором: большой нейло­новый зонтик позволяет получить более мягкое освещение, чем ма­ленький зонтик параболоидной формы с металлическим покрытием. Тонкая регулировка освещения достигается с помощью специальных экранов. Источники, дающие узкий направленный пучок света, и оди­ночные источники внутри больших световых боксов с оконным осве­щением описаны в следующей главе.

Перед тем как перейти к рассмотрению отдельных примеров осве­щения одиночным источником, полезно напомнить закон обратных квадратов: освещённость обратно пропорциональна квадрату расстоя­ния от объекта до точечного источника. Если уменьшить расстояние

в два раза, то освещённость увеличится в четыре раза, если увеличить расстояние втрое — освещённость упадет в девять раз и так далее. Закон обратных квадратов строго соблюдается для точечных источников (т.е. таких, размеры которых малы по сравнению с расстоянием до освещае­мой поверхности).

Этот закон находит практическое применение при использовании рассеивателя. Чем больше его поверхность, тем легче обеспечить равно­мерную освещённость по глубине пространства, в котором расположе­ны фотографируемые предметы, и избежать пересвечивания объектов, находящихся на переднем плане. Есть и еще одна закономерность: раз­меры рассеивателя должны быть тем больше, чем крупнее объекты съёмки.

**§ 3. ОСВЕЩЕНИЕ ЛИЦА**

Для портретной съёмки применяется не более четырёх источников света: основного, заполняющего, для освещения волос и фонового. Ко­личество источников почти без ущерба можно уменьшить до трёх, если вместо источника заполняющего света применить подходящий рефлек­тор. Даже для самых сложных схем освещения, которые применяются только при фотографировании натюрмортов или при создании специ­альных фотоэффектов, используют не более пяти индивидуальных ис­точников света. Причём пятый может потребоваться только для созда­ния регулируемого светового пятна небольшого размера, подчёркиваю­щего определённую деталь сюжета или освещающего фон. Рассмотрим типичные схемы использования одиночного источника и дополнитель­ных приборов при портретной съёмке.

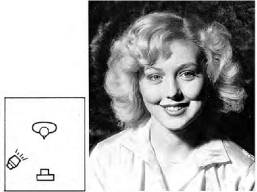
**1. Прямое фронтальное освещение**

Источник света расположен непосредственно над фотоаппаратом, точно над оптической осью объектива. Обратите внимание на резкий теневой контур подбородка и на чрезмерно глубокие тени от пышных волос на заднем плане. Глаза, однако, освещены хорошо. Волосы в пря­мом свете красиво блестят. Свет не моделирует форму лица, и оно полу­чается довольно широким, с мелкими чертами.



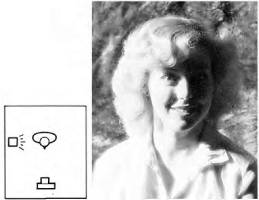
**2. Прямое освещение под углом 45°**

Источник света смещён приблизительно на 45° влево от оси камеры и приподнят на 45° над головой натурщицы. Его положение отрегули­ровано так, что тень от носа попадает в треугольник, образованный верхней губой и носогубными складками, которые углубляются при улыбке. Теней на нижней части носа нет, оба глаза полностью освеще­ны. Обратите внимание: левая сторона лица обрисована тяжёлой боко­вой тенью на щеке. Освещение под углом 45° считается наилучшим для обычной портретной съёмки.



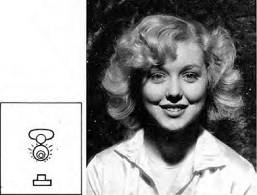
**3. Прямое освещение под углом 90°**

Чисто боковое освещение резко делит лицо на освещённую и зате­нённую половины. В результате лицо кажется значительно более узким, но теневая сторона выглядит шире, чем освещённая. Этого можно избе­жать, если задний план сделать очень тёмным. Глаза освещены слабо, нос зрительно удлиняется. Волосы отбрасывают тень на лоб. По мере приближения к границе раздела света и тени структура кожи на осве- щённой стороне лица становится все более заметной.



**4. Прямое освещение сверху**

При освещении сверху источник находится прямо над головой и чуть впереди модели. Нос отбрасывает чёткую вертикальную тень на губу, глаза затенены бровями и лбом, на который в свою очередь падает тень от волос. Чётко выявляются скулы. Перемещая источник по верти­кали, освещение регулируют таким образом, чтобы тень от носа оказа­лась над верхней губой, а глаза полностью осветились. Такая схема мо­жет дать хорошие результаты с некоторыми типами лица.



**5. Прямое освещение снизу**

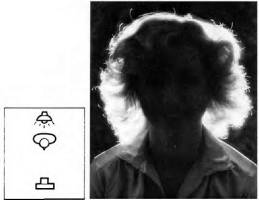


При освещении источником, расположенным перед натурщицей на уровне пола, картина получается неестественной — драматичной и призрачной. Если применить сильные рассеиватели, смягчающие свет, освещение снизу может быть использовано для создания плени­тельного изображения. Обратите внимание, как изменяется форма ли­ца при нижнем освещении. Театральное освещение с нижних точек обеспечивает такой же эффект.

**<5> а**

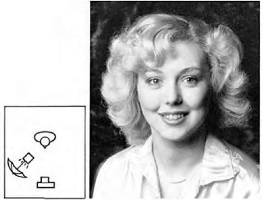
**6. Прямое освещение сзади**

Если расположить источник точно позади натурщицы, то поток све­та образует светящийся ореол (нимб) над головой и плечами. Форма ореола настолько точно обрисовывает контуры, что модель можно уз­нать, хотя на лице не проработано ни одной детали. Это освещение на­зывается также контровым (задним). Обычно контровое освещение ис­пользуется в комбинации с передним источником света, чтобы сделать видимым лицо и сохранить выразительный эффект ореола. Дополни­тельный источник может быть расположен вне кадра над головой моде­ли.



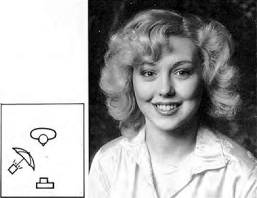
**7. Освещение под углом 45° с использованием отражающего зонтика**

В схему 2 внесены изменения. Натурщица снимается не анфас, а в повороте, и поток света направлен не на лицо, а на отражатель — бе­лый зонтик диаметром один метр, который расположен на расстоянии 2 м от модели. Тень от носа по-прежнему попадает в область, образован­ную носогубными складками и верхней губой. Тень под подбородком чрезмерно размыта.



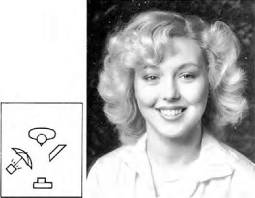
**8. Освещение под углом 45° с использованием рассеивающего зонтика**

Световой поток рассеивается нейлоновым зонтиком (площадь его поверхности около 80 см2), размещённым между источником света и объектом съёмки примерно на расстоянии 1м от лица натурщицы. По сравнению со схемой 7 расстояние между отражателем (рассеивате- лем) и моделью сократилось вдвое. Хорошо заметен эффект смягчения освещения. Тень от подбородка получается теперь вполне приемлемой.



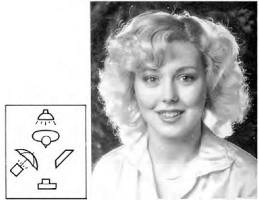
**9. Добавление отражающего экрана**

Перед натурщицей на уровне её плеч с левой стороны поставлен бе­лый матовый рефлектор (экран), немного наклонённый вверх для под­светки теней. Эффект подсветки нижних теней (под подбородком и во­лосами) выражен очень ярко, тень под носом высвечена слабее. Моде­лирование лица остается хорошим. Такой экран является обязательным элементом основного осветительного оборудования при работе с оди­ночным источником света в портретной съёмке и требует минимума времени для его установки.



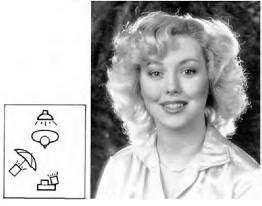
**10. Усиление освещения волос**

К схеме 9 добавляется контровое освещение (схема 6), которое со­здает сверкающий ореол в нормально освещённом сюжете. Задняя под­светка должна быть тщательно отрегулирована по мощности, чтобы из­бежать передержки ореола. Если контровый свет прямой, а источник расположен близко к голове натурщицы, следует прикрыть его свето­фильтром, чтобы ослабить световой поток до приемлемой величины. При съёмке на цветной материал светофильтр может быть цветным. Ес­ли у модели тёмные волосы, используют красный светофильтр, если светлые — тёмно-жёлтый.



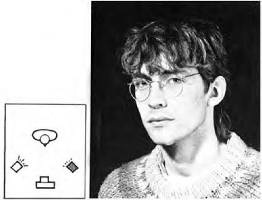
**11. Добавление фронтального заполняющего освещения**

Как показано выше (схема 1), фронтальное освещение обеспечивает хорошую проработку глаз. В данной схеме основные источники света дополнены маленькой маломощной электронной вспышкой, разме­щённой прямо на камере. Всполох относительно неяркого света в мо­мент съёмки отражается в глазах модели. Только такая схема освещения позволяет передать на портрете яркий блеск глаз.



**12. Прямое освещение от вспышки и заполняющее освещение**

При съёмке мужского лица мягкие тени от источника рассеянного излучения снижают выразительность изображения. Для мужского пор­трета более уместно прямое освещение, создающее жёсткую тень. В данной схеме для заполняющей подсветки была взята такая же элек­тронная вспышка с отражающим зонтиком, как в схеме 11. Режим рабо­ты вспышки нужно установить на полную мощность и расположить её ближе к модели, чтобы уравнять избыточную интенсивность прямого освещения.



**13. Боковое освещение волос**

Контровое освещение подчёркивает пышность волос и изящество женской прически, но не подходит для мужских портретов. Здесь более уместно боковое освещение, при котором отблеск на волосах создается только с одной стороны. Дополнительный источник для подсветки во­лос располагается за пределами кадра сзади и сбоку, немного выше го­ловы натурщика. Обычно его устанавливают на одной оси с основным источником, чтобы портрет выглядел более естественным.



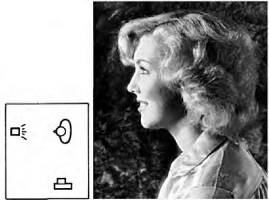
**14. Двойное прямое боковое освещение**

Особенно сильное, выявляющее все детали освещение для мужских портретов может быть создано с помощью двух источников прямого света, расположенных на некотором расстоянии друг от друга позади модели на высоте головы. Дополнительно устанавливают либо рефлек­тор (экран) перед натурщиком, сразу за нижним срезом кадра, либо одиночный источник рассеянного заполняющего света прямо над ка­мерой. Эта схема используется для того, чтобы подчеркнуть характер­ные черты модели, а не смягчить их.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ***ШШ*** |
| О -<> |  |
|  |  |
| а |

**15. Боковое освещение профиля**

Для съёмки в полный профиль источник устанавливают строго сбо­ку (перпендикулярно оптической оси фотоаппарата). Глаза получаются полностью освещёнными. Чтобы избежать лёгкой тени на лице со сто­роны носа, источник располагают между моделью и камерой. Можно добавить заполняющий свет или освещение волос, чтобы ослабить тень позади головы. Освещение может быть прямым или рассеянным в зави­симости от желания фотографа подчеркнуть или смягчить черты лица и контуры.



**16. Обрамляющее освещение**

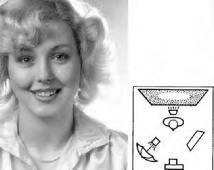
Такая схема используется главным образом при фотографировании лица в повороте. Комбинируют одиночный (дополнительный) источ­ник, расположенный позади модели под углом 45° к оптической оси ка­меры, и значительно менее мощный источник рассеянного света, уста­новленный около камеры и направленный навстречу дополнительному источнику. Такое освещение оттеняет волосы, лоб, глаза, нос, рот, чёт­ко обрисовывает контур подбородка. Оно может быть использовано, чтобы выделить объект на нейтральном или слишком пёстром фоне, на­пример, при съёмке в производственном помещении.



**17. Фоновое освещение**

Если в качестве фона используется стена или специальная рулонная бумага, можно получить дополнительные световые эффекты. Для этого на фон направляют свет маломощного источника, установленного на полу. За головой модели на фоне образуется световое пятно, яркое в центре и понемногу сходящее на нет к краям кадра, которое акценти­рует внимание зрителя на портрете. Для изменения или усиления цвета заднего плана можно использовать цветные фильтры. Красный фон вы­глядит более интенсивным, когда дополнительно освещается красным светом.

*W*

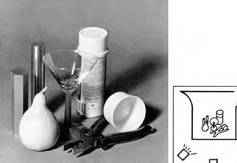


**§ 4. ОСВЕЩЕНИЕ НАТЮРМОРТОВ**

Так же, как и при портретной съёмке, существуют правила освеще­ния и при съёмке натюрмортов. Рассмотрим их на примерах.

**18. Освещение натюрмортов одиночным источником света**

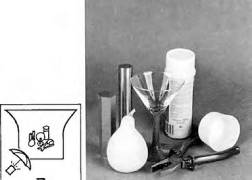
Для съёмки небольшого натюрморта можно использовать направ­ленный свет единственного источника. Предметы, составляющие на­тюрморт, имеют, как правило, относительно простую форму, и на них не появляются искажающие тени, поэтому натюрморт снимать проще, чем портрет. Однако и здесь есть тонкости. Если источник расположен над камерой несколько сбоку, на отражающих поверхностях появляют­ся блики, а тени, создаваемые светом от источника, выглядят грубо. На материале фона (обычно это рулонная бумага) хорошо видны все ре­льефные дефекты — складки, трещины и прочее.



***Т***

**19. Освещение под углом 45° с использованием отражающего зонтика**

Если к схеме 18 добавить большой полупрозрачный зонтик, не ме­няя положения источника, то, как и в случае портретной съёмки, мож-



но значительно улучшить освещение. Изображение мягче, блики на блестящих поверхностях значительно ослаблены. Однако результат не идеален. Глубокие тени с нерезкими краями создают впечатление рас­плывчатости, неопределённости замысла художника, а фон по-прежне­му выглядит неприятно серым.

**20. Двойное боковое освещение с отражателями**

tr



Два источника равной мощности с одинаковыми отражающими зонтиками расположены перед композицией по обе её стороны под уг­лом 45° к продольной оси камеры. Эту осветительную схему традицион­но используют при фотографировании небольших натюрмортов, забы­вая о её недостатках. В центре композиции тени уничтожаются, но на краях остаются, отчего предметы на снимке теряют объёмность.



&

**21. Комбинация одиночного основного источника и фонового освеще­ния**

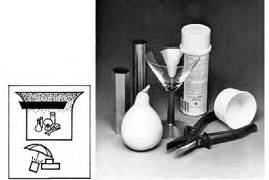
Чтобы устранить тени, одиночный источник рассеянного света нуж­но поместить непосредственно над камерой. Моделирование формы предметов и передача глубины пространства не вполне удовлетвори - тельные, но изображение становится значительно чище, яснее. Чтобы фон не был серым и освещался равномерно, следует установить второй источник света позади композиции и немного выше неё. Одновремен-



но этот источник даёт подсветку сверху и сзади всей предметной поста­новке.

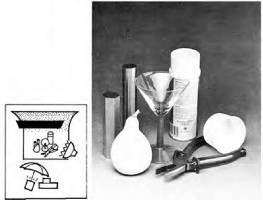
**22. Притемнение фона**

Чтобы получить изображение на тёмном фоне, многие фотографы направляют свет основного источника вдаль за пределы снимаемой композиции. Этот приём редко обеспечивает идеальное освещение. Бо­лее надёжный способ — затемнение задника. Сзади на несколько сан­тиметров выше предметов съёмки горизонтально прикрепляют широ­кую полосу бумаги или материи чёрного цвета. Полоса отбрасывает на фон глубокую тень с расплывчатыми краями, хорошо выделяя задний план.



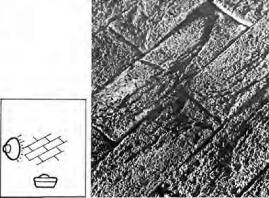
**23. Добавление моделирующего бокового освещения**

К схеме 22 добавлен маломощный небольшой источник рассеянно­го света, находящийся за пределами кадра перед натюрмортом справа от него, почти перпендикулярно к оси камеры. Расположение светоте­ни не изменилось, но удалось ослабить блики на одной поверхности предметов и одновременно притемнить противоположную поверх­ность, за счёт чего кадр приобрёл большую глубину. Дополнительная лампа здесь действует подобно электронной вспышке, которая освеща­ет глаза при портретной съёмке (схема 11).



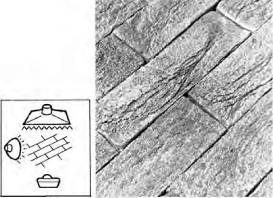
**24. Скользящее освещение для выявления текстуры поверхности**

Если объект имеет явно выраженную текстуру поверхности, направ­ленное освещение является более выигрышным для его съёмки, чем рассеянное. Источник света располагают так, чтобы его лучи скользили по поверхности. Для достижения равномерности освещения в пределах кадра расстояние до источника должно быть достаточно большим (око­ло 2 м). Источник света расположен немного сзади и сбоку от объекта. Освещение по характеру напоминает вечернее освещение.



**25. Общая подсветка**

Чтобы при фотографировании предметов с ярко выраженной текс­турой поверхности уменьшить плотность теней, необходимо использо­вать дополнительный источник рассеянного излучения. Его располага­ют над поверхностью и немного разворачивают так, чтобы луч падал не отвесно, а под углом в направлении света основного источника. Рез­кость теней сохраняется, а детали прорабатываются лучше, чем в пре­дыдущем варианте.

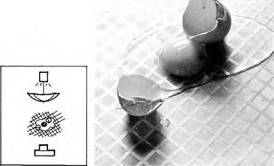


ОСВЕЩЕНИЕ ДЕКОРАЦИЙ =



**26. Рассеянное фоновое освещение**

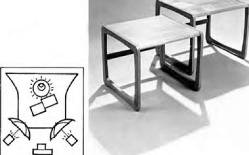
Такое освещение создаётся применением электронной вспышки с белым рассеивающим нейлоновым зонтиком. Источник расположен за пределами кадра позади объекта и выше него, поток света падает не вертикально, а под углом. Рулон бумаги, служащий фоном, прикреплён непосредственно к штативу источника. Зонтик-рассеиватель, располо­женный ниже фотоаппарата, подсвечивает тени. Освещение подчерки­вает блеск, структуру и полупрозрачность объекта съёмки, поэтому дан­ная схема идеальна при фотографировании продуктов питания, изде­лий из кожи и других отражающих предметов, имеющих выраженную текстуру поверхности.



**27. Дополнительное фоновое освещение**

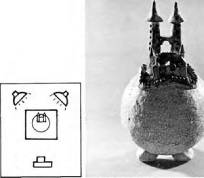
Чтобы предметы в кадре отбрасывали тени в сторону камеры, для съёмки применено направленное фоновое освещение. Без заднего освещения не удалось бы, например, передать рисунок, блеск и глад­кость полированных деревянных столешниц. Кроме того, заднее осве­щение высветляет фон, которым служит рулонная бумага. Основное рассеянное освещение создаётся двумя источниками с большими рас­сеивающими зонтиками, расположенными по обе стороны от аппарата.

■



**28. Акцентирующее освещение**

Можно поставить любое число акцентирующих источников света, поскольку их эффект основан в большей степени на отражении, чем на освещении, и может регулироваться либо с помощью поляризационно­го фильтра, установленного на камере, либо изменением мощности этих источников. При акцентирующем освещении на фотоснимках во­круг некоторых объектов появляется световая кайма.



**29. Освещение снизу**

Подобная схема применятся, если нужно подсветить нижнюю сто­рону предмета. Иногда можно ограничиться фоном из белой бумаги, который отражает достаточно света для устранения теней. Для объектов более сложной формы, имеющих крутые передние выступы или глубо­кие ниши, может понадобиться освещение одиночным источником, расположенным ниже камеры. В такой схеме нужны отражатели боль­ших размеров, и их не всегда удаётся разместить в нужном положении. Если применяется источник направленного света, его мощность долж­на быть малой.



**§ 5. ОСВЕЩЕНИЕ ПЛОСКОСТНЫХ ДЕКОРАЦИИ**

Плоскостные декорации — задники, падуги, ширмы, стенки — мо­гут быть однотонными (белыми и цветными) или живописными.

Живописные декорации, особенно написанные клеевыми краска­ми, очень часто имеют мятую поверхность, складки, совершенно иска­жающие рисунок. Чтобы исправить положение, прибегают к системе четырёхстороннего или двухстороннего освещения верхними, нижни­ми и боковыми осветительными приборами.

Наилучшим способом освещения задника был бы прямой рассеян­ный свет от источника, расположенного прямо перед задником. Но, по­скольку установить прибор на сцене нельзя, используется четырёхсто­роннее или двухстороннее освещение. Тональное или бестеневое осве­щение, которое создаётся четырёхсторонним уравновешенным светом, не даёт тени. При таком освещении даже предметы с ярко выраженной формой словно теряют свой объём и кажутся плоскими. Чередование света и тени на складках живописных декораций исчезает, грубая фак­тура холста становится незаметной, и декорации кажутся гладкими.

Бестеневое освещение идеально для плоскостных декораций, но оно же превращает актёра в плоское существо на фоне иллюзорно объём­ной живописи. Тональный свет лишает выразительности лица и фигуры исполнителей, объёмные декорации, драпировки, бутафорию. Это трудноразрешимое противоречие в значительной степени ограничивает применение живописных декораций на первых планах сцены, где в ос­новном строятся объёмные декорации.

Освещение плоскостных декораций боковым светом нежелательно.



***Пример освещения плоскостной декорации***

Появляющиеся светотени дробят зрительный ряд, разрушают целост­ность картины.

Вместе с установлением общей интенсивности освещения часто бы­вает нужно распределить свет и по отдельным участкам сцены, чтобы



***Примеры освещения плоскостных декораций***

или уравновесить его, или, напротив, создать разную освещенность на разных планах. При таком распределении света обязательно обращают внимание на образование теней от исполнителей, а также падуг и дру­гих объектов. Эти тени, падая на боковые декорации и задник, придают им ненадлежащий вид. Современное сценическое освещение позволя­ет не только убрать ненужные тени, но и создать нужную тень (напри­мер, от исполнителя в солнечный день).

На плоскостной декорации художник изображает не только предме­ты, но и светотени. Может получиться так, что декорация освещена бо­ковым светом справа, в то время как художник написал тени слева. В та­ких случаях надо следовать указаниям художника.

Живописная картина сама по себе есть распределение красок и те­ней, череда определённых контрастов светлого и тёмного. Чтобы мак­симально точно передать игру цвета и света, созданную кистью живо­писца, художник по свету должен обеспечить освещение сцены рассе­янным (тональным) светом. Декорации пишутся в расчёте на заранее определённую постановщиками интенсивность и окраску света, но не­обходимы световые репетиции для окончательной «подгонки» света и цвета — для выбора освещения живописи. Самое главное — найти оп­тимальную яркость света, на которую рассчитана картина. Если яркость чрезмерна или недостаточна, в картине возникают искажения. Чем яр­че мы освещаем живописную декорацию, тем менее насыщенными и чистыми выглядят на ней цвета, тем заметнее становится фактура, на которой написана картина (полотно, фанера, их кромки и стыки).

Все эффекты светотени, окраска предметов, их фактура и рельеф на плоскостных декорациях (кулисах, падугах, задниках) изображаются



***Пример освещения плоскостной декорации***



живописными средствами. Для наилучшей видимости эти декорации освещаются рассеянным белым светом. Но применяется и цветное ос­вещение. Цветной свет не только усиливает яркость изображения, но и даёт ряд несложных постановочных эффектов — утро, вечер, су­мерки, ночь, рассвет и т.п.

Освещение голубым светом голубого неба создаёт ощущение воз­душности, маскируя фактуру клеевой краски.

Освещение зелёной падуги зелёно-жёлтым светом создаёт впечатле­ние сочной живой листвы.

Отметим ряд моментов, которые необходимо учитывать при освеще­нии плоскостных декораций.

Общий равномерный рассеянный свет позволяет добиться ясной ви­димости декорации и слияния отдельных её деталей в цельную картину.

Местное освещение (все переносные источники света, прожекторы и светильники) за счёт выявления отдельных элементов оформления усиливает выразительность, создаёт иллюзию объёма, придаёт компо­зиции завершённость. Специальное освещение (световые проекции), дающее эффект листвы, звёздного неба, заката, превращает плоскост­ные декорации в объёмные и пространственные.

Правильно найденная для освещения световая гамма делает картину более выразительной и образной. Светофильтры должны соответство­вать цветовой гамме декораций.

Нужно определять оптимальное количество света и цвета при осве­щении живописных декораций.

Недостаточная освещённость снижает яркость красок, причём не­равномерно. В XIX веке чешский естествоиспытатель Ян Пуркине (Пуркинье) обнаружил, что при уменьшении освещённости тёплые то­на, относящиеся к красной части спектра, начинают терять свою окра­ску и становятся бесцветными раньше холодных тонов, относящихся к синей части спектра. Синий цвет при очень низкой освещённости те­ряет яркость последним.

При освещении плоскостных живописных декораций нужно равно­мерно распределить свет по планам сцены, чтобы зритель не восприни­мал границ кулис и падуг. Все приборы должны быть скрыты от зрите­ля.

Тени от осветительных приборов на сцене должны ложиться анало­гично нарисованным теневым сторонам на декорациях, то есть в том же направлении и под тем же углом.

**§ 6. ОСВЕЩЕНИЕ ОБЪЁМНЫХ И РЕЛЬЕФНЫХ ДЕКОРАЦИЙ**

При необходимости одновременно освещать на сцене актёров, объ­ёмный реквизит и плоские живописные декорации весьма трудно полу­чить равные по выразительности, правдоподобию и художественности результаты. Поэтому художники и режиссёры пришли к решению стро­ить объёмные декорации на первом плане сцены. Действительно, рель­ефные ветви деревьев, объёмная, круглая в сечении колонна произво­дят при правильном освещении куда более правдивое впечатление, не-



жели написанные на плоскости колонна или листва. Основные задачи освещения таких декораций — это выявление их объёма, рельефа и со­здание теневого рисунка. Чтобы добиться нужного эффекта, применя­ют направленный верхний, боковой и контровый свет.

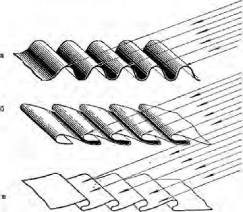
Боковое освещение объёмных фактур даёт выразительную светотень и выявляет рельеф. При освещении предметов контровым светом зри­тель лучше воспринимает глубину сценического пространства. Заднее освещение особенно необходимо для объёмных декораций деревьев и кустов, листва которых сделана из полупрозрачного материала, на­пример, из марли, оклеенной с обеих сторон папиросной бумагой.

Для правильного освещения объёмных пейзажных декораций необ­ходимо понимать значение общего освещения сцены. Оно должно быть как можно ближе к естественному, природному освещению, при кото­ром наш глаз привык воспринимать реальность. В солнечный день все предметы освещены, во-первых, солнцем, создающим резкий светоте­невой рисунок, и, во-вторых, мягким, рассеянным светом голубого не­ба, который выравнивает резкие светотени. В театре солнечное освеще­ние имитируется направленным светом прожекторов.

Сценические интерьеры приходится освещать специальными при­борами, так как потолок и стены декорации делают невозможным или недостаточным освещение только верхним и боковым светом. Надо за­метить, что правильное освещение интерьера требует немало изобрета­тельности, особенно при отсутствии выносного света из зрительного зала.

Комбинированное освещение даёт общее заполнение светом. Чтобы подчеркнуть объём и рельеф декораций игрой светотени, требуется кон­трастное освещение источниками направленного (прожекторного) ти­па. Однако надо понимать, что резкая граница света и тени на любой поверхности зрительно дробит её, мешая целостному восприятию объ­ёма. Для того чтобы глаз воспринимал объёмность декораций, направ-

**Освещение фактур**



***а — симметричные бантовые складки б — складки заложены по направлению света в — складки заложены против света***



***Примеры освещения объемных декораций***

ленный и рассеянный свет на сцене должны быть сбалансированы.

Поэтому очень важно расположить приборы так, чтобы световой по­ток мог быть направлен на любой участок декорации.

Заметим, что на восприятие объёма влияют не только светотень, но также цвет и фактура поверхности предмета.



***Пример освещения объёмных декораций***

**§ 7. ОСВЕЩЕНИЕ ПАВИЛЬОННЫХ ДЕКОРАЦИЙ**

Освещение павильонных декораций, то есть интерьера комнаты с потолком, имеет свои особенности. Прежде всего необходимо по­мнить самые простые вещи: днем комната освещается через окно, а ве­чером должен быть другой источник (источники) света.

Дневное освещение может быть разнообразным, комбинирован­ным. Оно определяется сюжетом пьесы и зависит от времени дня, пого­ды, места действия. Одно довольно часто нарушаемое правило нужно соблюдать неизменно: днем за окнами должно быть светлее, а ночью темнее, чем в павильоне. Опуская первую падугу и применяя источни­ки света, установленные на малогабаритном первом софитном подъёме, можно осветить тот сектор павильона, куда не попадает свет от вынос­ного софит-моста.

Нижний свет рампы отбрасывает громадные неестественные тени на стены и потолок, поэтому нельзя пользоваться только одной рампой для освещения павильона: нужен верхний свет для ослабления теней.

При освещении павильона необходимо затемнять (а не освещать) верхнюю часть стен. Надо освещать пространство за окнами или дверя­ми и ослаблять комбинированным светом резкие тени.

Система объёмных декораций требует обязательного оснащения сцены достаточным количеством переносной аппаратуры (прожекторы и светильники разных оптических систем).

Стационарное осветительное оборудование верхнего и нижнего ос­вещения сцены, установленное на софитных подъёмах и рампе, даёт об­щий рассеянный свет. Светильники и прожекторы, специальная аппа­ратура для световых эффектов частично используются как переносные приборы, что позволяет изменять светотехническую систему примени­тельно к задачам освещения конкретного спектакля.

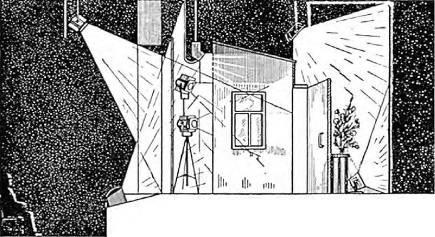
В любом павильоне существуют разные бутафорские источники све­та: окна, двери, люстры, бра, торшеры. Они создают иллюзию реально­сти, освещая актёров и элементы декораций. Но видимость обеспечива­ется дополнительными, скрытыми от зрителя осветительными прибо­рами.

-..- . • .. ... •

.й "" "--v. ■



***Пример освещения павильонных декораций***



***Схема размещения осветительного оборудования при освещении павильона***

Для того чтобы освещение способствовало решению сложных поста­новочных задач, надо расположить осветительные приборы соответ-



***Пример освещения павильонных декораций***

ственно планировке декораций и мизансцен.

Можно применять различные приборы для освещения сложных, разнородных по приёмам выполнения декораций. Чтобы на сравни­тельно невысокой и неглубокой сцене изобразить воздушные просто­ры, недостаточно системы живописных падуг, кулис и задников. Лучше всего использовать так называемый «воздух» или «полукруглый гори­зонт». Высота «горизонта» зависит от системы падуг и от глубины его расположения относительно первого ряда партера.

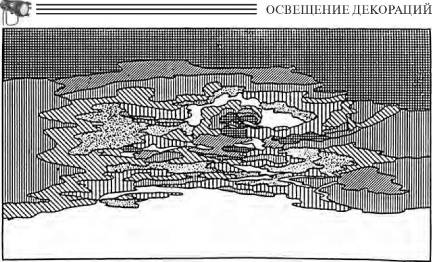
Особенность применения «полукруглого горизонта» заключается в том, что световые приборы, размещённые на софитном подъёме по прямой линии, не могут повторять его криволинейные очертания и по­этому располагаются от декораций дальше, чем при освещении обык­новенного задника, подвешенного на штанкетный подъём.

Необходимо помнить, что используемая электробутафория (освети­тельные приборы, имитирующие бытовые или природные источники света) обладает слепящим эффектом. Лицо актёра, находящегося вбли­зи источника света, освещено очень контрастно и плохо видно из зала.

Яркость открытых источников света (свечи, лампы без абажура) все­гда должна подбираться так, чтобы не создавать дискомфорта для зри­телей.

**§ 8. ОСВЕЩЕНИЕ ТЮЛЯ И АППЛИКАЦИИ**

Тюль обладает целым рядом ценных свойств: он не мнётся, очень лё­гок, в сложенном виде занимает мало места. Эта недорогая ткань может украсить любой зрительный образ. В спектаклях со сказочным сюжетом тюль поистине незаменим: с его помощью при специальном освещении



***обозначения: | 1 Тюль 1 слой ЩЩ Бязь***

***'J Тюль 2слоя ШШШ Бязь и марля***

***ГПТГПП Тюль 3 слоя ШШШ Колса***

***iss^ Тюль 5слоев***

***Схема изготовления многослойной аппликации на тюлевом заднике, изображающем облачное небо («В бурю», Музыкальный театр имени Станиславского и Немировича-Данченко. Технолог сцены С.В. Коноплев)***

совершаются чудесные превращения актеров и декораций.

Тюль, покрытый алюминиевой краской, будет хорошим фоном для световой проекции. Роспись светящимися красками по тюлю также да­ёт интересные результаты.

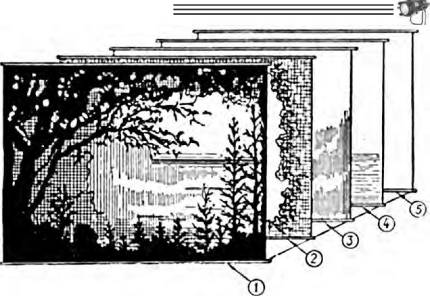
При боковом освещении тюль, повешенный непосредственно перед светлой тканью или перед вторым тюлевым занавесом так, чтобы эти два полотнища слегка соприкасались, даёт замечательный эффект пере­ливчатого муарового блеска.

Прозрачные или полупрозрачные сценические декорации выполня­ются из гладкого или апплицированного тюля или марли. Очень эф­фектно освещение занавеса, апплицированного тканями различной плотности, рассеянным светом сзади.

Белый, голубой, серый тюль, укреплённый перед декорацией, созда­ёт лёгкую полупрозрачную дымку. Освещённый тюль перед задником с изображением пейзажа смягчает все контуры, отчего создаётся впе­чатление «туманной дали».

Тюлем можно заменить чёрный бархат, если нужно добиться эффек­та невидимости на первом плане сцены («чёрный кабинет»). Чёрный тюль почти прозрачен, что помогает добиваться многих сценических эффектов.

С помощью световой проекции или прозрачными анилиновыми красками на тюле выполняют какую-либо декорацию. Позади нее уста-



***1 - передний занавес с непрозрачными силуэтами деревьев; 2 - кулисы и падуга с рельефной аппликацией «деревьев» второго плана; 3 - занавес с плоской аппликацией «берегареки»; 4 - полотнище «река»; 5 - занавес «воздух»***

**п**



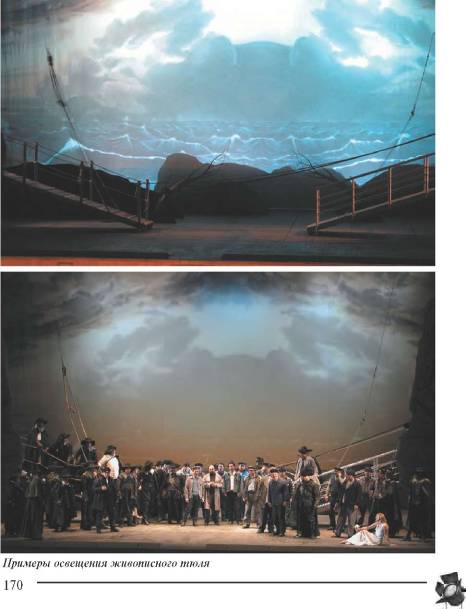
fШ1"

***Пример освещения живописного тюля***

навливают другое изображение. При боковом освещении тюль непро­зрачен и хорошо скрывает все, что находится за ним. Освещая изобра­жение на заднем плане, можно добиться постепенного зрительного ис­чезновения первой декорации и возникновения второй, освещаемой полным светом. На сцене можно применять также специальные завесы

(бесшовный пластик — калька) или экраны. Калька хорошо рассеивает свет и годится для транспарантного освещения с фронта и сзади на про­свет.

Иногда для придания плоским декорациям рельефности или для со­здания нужной фактуры применяют способ аппликаций. Например, крупную каменную кладку изображают, нашивая на занавес мягкие по­душки соответствующей формы; опилки, брошенные на смазанную клеем поверхность декорации, создают впечатление шероховатого, гру-



бого материала. Чтобы рельеф воспринимался зрителями, такие деко­рации должны быть освещены боковым светом (подсветы и прожекто­ры) — только он даёт достаточно богатый светотеневой объёмный рису­нок.

Так же освещают и драпировки, чтобы подчеркнуть их складки. При неравномерном освещении разноцветным светом красиво задра­пированные складки дешёвых материалов создают иллюзию игры света на дорогой бархатной или шёлковой ткани. Блики света на бронзе или алюминии, которыми расписана дешёвая ткань, создают впечатление блестящей золотой и серебряной парчи.

Для освещения рельефных декораций необязательно применять до­полнительные приборы. Достаточно не нарушать светоцветовое равно­весие в системе двустороннего или четырёхстороннего освещения, что­бы на освещаемой поверхности не появились нежелательные тени.

**Глава 8** Световая композиция

Композиция (от латинского composition — составление, связывание) означает сочленение, соединение, связь. В искусстве вообще под ком­позицией понимают структуру художественного произведения, распо­ложение и взаимосвязь его частей. В музыке композицией называют также теорию составления музыкального произведения. Таким обра­зом, этот термин применяют и для процесса творчества, и для его ре­зультата, и для свода правил, которым пользуется художник.

Под световой композицией мы понимаем систему правил, законо­мерностей и приёмов, служащую для организации или построения це­лостного, выразительного и гармоничного художественно-светового оформления какого-либо явления или действия (интерьера, ансамбля, спектакля и т.д.) и его отдельных деталей.

Главная задача композиции — достижение целостности впечатления от произведения, всегда состоящего из отдельных частей. Поэтому све­товая композиция начинается с анализа объекта — выявления его ос­новных элементов, составных частей с их особенностями, сходством и различием. Так определяются, а в каких-то случаях и создаются, вну­тренние связи объекта (в том числе художественного произведения): стилевые, логические, эмоциональные.

Приступая к творчеству, художник вынужден разделить свой мыс­ленный, идеальный замысел на составные части, чтобы материализо­вать их и вновь соединить в вещественный образ — то, что мы называ­ем произведением искусства. Совершенно очевидно, что единство все­гда основано на неравенстве, различии и согласовании неравных час­тей. Это ведущее начало композиции. Архитектор Альберти сказал: "Вся сила изобразительности, всё искусство и умение строить сосредо­точено только в членениях". Он имел в виду пропорции — соотношение частей целого. Каждая композиция — своего рода мозаичная картина, состоящая из множества фрагментов. Элемент мозаики не имеет само­стоятельного значения, но от числа, вида и соотношения этих самосто­ятельных фрагментов зависит целое. Так же и в световой композиции части не имеют самостоятельного значения, они сами по себе не явля­ются законченными произведениями и существуют ради целого, под­чиняясь его логике.

Всякая световая композиция должна быть выразительна, ибо на этой основе строится зрительское впечатление. Красота и выразитель­ность — два источника, питающие искусство художника по свету.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ И СРЕДСТВА СВЕТОВОЙ КОМПОЗИЦИИ**

Наука о композиции изучает общие внутренние закономерности строения форм художественного произведения, а также конкретные средства достижения целостности и единства его содержания. Так, на­пример, в дизайне цель композиции — это утилитарно оправданная форма вещи, имеющая функциональную, конструктивную и эстетичес­кую ценность. Структура художественного произведения, формируемая по законам композиции, получает такие функциональные и конструк­тивные особенности, которые наилучшим образом отвечают его назна­чению.

Построение художественно-световой композиции обусловлено со­держанием и характером произведения, которое она призвана оформ­лять. Творческий поиск художника по свету направлен на то, чтобы све­товая композиция несла в себе ясную и точно выраженную мысль. В ней должна отображаться субъективная оценка событий и действий, развёртывающихся перед зрителем. Световая композиция — важней­ший организующий элемент театрального действия, придающий оформлению единство и целостность. Владение мастерством компози­ции необходимо, чтобы наилучшим образом согласовывать компонен­ты световой картины друг с другом, подчиняя их целому.

Принятие композиционного решения — это главная задача худож­ника по свету в театре. Он должен иметь общий замысел, чтобы, оттал­киваясь от него, искать конкретные приёмы освещения. Попытка со­здавать композицию, двигаясь в обратном направлении, от частного к общему, заведомо окажется неудачной.

Световая композиция состоит из световых картин, создаваемых ху­дожником. Понятно, что в одной световой картине нельзя выразить весь замысел спектакля; он раскрывается постепенно, в ходе сменяю­щихся друг друга картин. Главный объект световой картины — человек со всеми его страстями и помыслами. Основная цель световой компо­зиции — раскрытие его индивидуальности. В особенности это справед­ливо для драматического театра.

К средствам приведения отдельных составляющих световой карти­ны к композиционному единству относятся: пропорциональность, кон­траст, нюанс, тождество, соподчинение, масштабность, ритм. Выбор тех или иных средств композиции определяется функциональными и конструктивными требованиями.

Пропорциональный — имеющий правильное соотношение частей с целым, соразмерный, соответственный. Очевидно, что умение найти верное соотношение различных характеристик цвета и света очень важ­но для художника.

Контраст и нюанс — тонкие проявления художественной выраз­ительности в искусстве. Они обнаруживаются в сходстве или различии материально-пространственных характеристик разных частей спектак­ля. Для создания целостной внешней формы часто требуется усилить или, наоборот, сгладить неизбежные различия элементов формы. Именно здесь и оказываются полезными контрастные или нюансные световые соотношения. Нюанс — это оттенок, едва заметный переход в цвете, в яркости света. Художник должен уметь нюансировать — пере­давать светом тонкие изменения в состоянии героев спектакля, отте­нять декорации, делать едва уловимые переходы, например, изображая закат или восход. Световой нюанс используется в борьбе с монотонно­стью, жёсткостью ритма зрительного разделения больших плоскостей, для устранения цветовой монотонности. Он применяется в тех случаях,

***f-*** когда сходство сравниваемых форм (элементов) выражено сильнее, чем различие. Можно сказать, что нюанс — это способ передачи отношений приблизительно равных величин.

Контраст — это резко выраженная противоположность. Драматургия построена на контрастах, которым при постановке должно быть найде­но адекватное световое решение. Если пробуждение любви передаётся световыми нюансами, то муки ревности требуют световых контрастов. Контраст достигается резким изменением цвета, яркости, освещённос­ти. Световой контраст используется при сопоставлении тела и про­странства, большого и малого, прозрачного и непрозрачного — во всех тех случаях, когда необходимо подчеркнуть имеющееся различие, внешнюю или внутреннюю (конструктивную) противоположность сце­нических форм, приёмов и т.п. Световой контраст необходимо рассма­тривать как средство создания композиционных связей в пространстве, средство построения пространственного единства несхожих элементов. Подчёркивая и усиливая различие форм и свойств, световой контраст делает их единство более напряжённым, впечатляющим, обостряет вос­приятие.

Тождество есть абсолютное равенство, то есть равенство величины (формы) самой себе. При передаче отношений тождества перед худож­ником стоит задача буквального повторения однажды найденного све­тового решения. Например, персонаж имеет свой "световой лейтмо­тив", который должен предварять или обозначать его присутствие на сцене. Или по ходу действия нужно точно повторить какой-то эпизод в воспоминаниях героя. В таких случаях даже самые тонкие нюансы ис­ключаются. Они неизбежно исказят идейный замысел, так как обозна­чают и выражают близкое сходство, в то время как речь идёт о принци­пиальном тождестве.

Соподчинение. Принципы неравных соотношений, то есть световые нюансы и контрасты, дают возможность членить формы на элементы по степени значимости в системе целого. Композиционно организо­ванное пространство спектакля понимается как система соподчинён­ных элементов, в которых главные и подчинённые элементы, взаимо­действуя, усиливают друг друга, образуя в целом единство. Единство возникает, когда все элементы световой композиции равнозначны и ко­гда появляются соотношения неравных состояний свойств и качеств. Именно такие соотношения делают элементы световой композиции со­подчинёнными друг другу.

Масштаб в одном из своих значений понимается как мерило, отно­сительная величина чего-нибудь. Масштабность означает соотнесение того или иного явления, формы с другими явлениями и формами окру­жающего мира. Чувство масштаба — результат реального восприятия мира как совокупности отдельных явлений. Как средство световой ком­позиции масштаб следует использовать свободно, руководствуясь сооб­ражениями художественной выразительности. Качество и количество (яркость, интенсивность) света должно соответствовать представлени­ям режиссера и художника о масштабности сценических явлений и со­бытий. Например, фигура героя в маленьком круге света на погружён­ной во тьму сцене может выражать одиночество, затерянность человека в огромном мире. Свет может служить средством сравнения самых раз­ных величин. Он позволяет зрительно разделять пространство сцены. Чем крупнее членения формы, тем крупнее масштаб. Масштабность может меняться в ходе спектакля, например, если нужно показать изме­нение представлений героя о жизни, показать землю с высоты и так да­лее... Во всех подобных случаях свет помогает изменить облик предме­тов и зрительное восприятие их относительных размеров.

Восприятие размеров зависит от многих условий. Художник по све­ту должен знать, что существуют зрительные иллюзии. Белые и светлые предметы выглядят крупнее, чем равные им по размерам тёмные. Пред­мет, расположенный на ограниченном фоне или в окружении малых форм, кажется значительно больше, чем на большом поле или среди крупных предметов. Обычная иллюзия зрения — преувеличение длины вертикальных линий и приуменьшение горизонтальных. Соответствен­но и форма, членённая по вертикали, кажется выше, чем нерасчленён- ная или расчленённая по горизонтали. Верхняя часть прямоугольника, разделённого на две половины, выглядит крупнее нижней и т.д.

Ритм — это повторение по определённой схеме каких-либо элемен­тов, в том числе и зрительных. Ритм создаёт внутреннюю организацию произведения (музыкального, поэтического), основанную на равно­мерном чередовании звуков, движений и тому подобное. Ритм как одно из средств создания световой композиции способствует смене эмоций, задаёт темп действия. Закономерное чередование световых объёмов, поверхностей, граней и т.д., а также упорядоченное изменение характе­ристик элементов формы — всё это используется в качестве специфиче­ского средства световой композиции.

Ритм, в том числе и световой ритм, может быть равномерным, убы­вающим или нарастающим (динамичным). Простейший ритм — это по­вторение одних и тех же форм с постоянной частотой (через равные ин­тервалы). В световой композиции под ритмом можно понимать равно­мерное чередование света и тьмы или света разных цветов. Динамичес­кий ритм предполагает постепенное уменьшение всех элементов и ин­тервалов между ними. В случае световой композиции это может быть, например, постепенное сокращение времени световых эффектов. Так можно имитировать перспективное сокращение, подобно тому, как это впечатление достигается в живописи: путём уменьшения последова­тельных фигур. Замедляющийся световой ритм может передавать по­степенное исчезновение, угасание, в том числе и смерть героя. Приме­няется он и для снятия напряжения.

Выразительные возможности ритмических систем имеют свои пре­делы. Создавать световую композицию на повторении только одного элемента невозможно — это породит утомительную монотонность.

Чтобы композиция была завершённой, используемые в ней метри­ческие ряды должны быть закончены, иначе они выглядят случайными фрагментами целого. Для окончания светового ритмического ряда мо­гут быть использованы разные приёмы, например, выделение заверша­ющего элемента цветом, яркостью.

Световой ритм воспринимается зрительно. Для световой ритмиза­ции из всех признаков формы наиболее значимым является размер эле­мента, затем —интервал, цвет, свет. Ритмические ряды могут выстраи­ваться в направлении от больших элементов к меньшим, от тёмных —

к светлым, от малых интервалов — к большим.

С понятием ритма связаны понятия модуля и симметрии.

Модуль (от латинского modulus - мера) — это величина, условно при­нимаемая за единицу, повторяющаяся во всех измерениях какой-либо художественной формы целое число раз. Модули широко применяют­ся, например, в дизайне, при конструировании различного оборудова­ния из унифицированных элементов.

Греческое слово симметрия буквально переводится как соразмер­ность. Симметрия означает полное соответствие в расположении час­тей целого относительно центра (средней линии), одинаковость в раз­мещении чего-либо. Световая симметрия — это одинаковость (с точки зрения цвета, ширины светового луча и т.п.) освещения участков сцени­ческого пространства.

Симметрия — одно из возможных средств достижения единства и художественной выразительности световой композиции. Но отсут­ствие или нарушение симметрии — асимметрия — более естественны. Асимметричная световая композиция применяется обычно для подчёр­кивания динамичности образа спектакля, для создания впечатления не­устойчивости — физической, душевной и т.д. Однако асимметрия не ис­ключает равновесия в принципе. Зрительное впечатление равновесия достигается сбалансированным размещением элементов световой кар­тины относительно некоторой точки (зрительного центра), которая в общем случае смещена относительно геометрического центра компо­зиции.

В асимметричных световых композициях равновесие достигается путём приближения светлых (более лёгких) форм к краю картины и со­средоточения тёмных (тяжёлых) форм в центре.

В равновесной вертикальной композиции главная форма располага­ется на центральной оси так, чтобы зрительный центр находился выше геометрического. Композиция, построенная по диагонали, создаёт впе­чатление динамики и в целом устойчива.

Картинной плоскостью в театре служит зеркало сцены. Световой композиционный рисунок берёт начало от сюжетного центра световой картины. Необходимо определить этот центр и его местонахождение на картинной плоскости.

При освещении спектакля эти задачи — удалённость и освещён­ность — решаются одновременно. Например, один человек находится на первом плане, а другой — на четвёртом. Оба человека одинаково хо­рошо освещены (имеют одинаковую активность по освещению). Таким образом, два объекта световой картины приобретают равное значение.

Нормальное восприятие световой картины достигается на значи­тельном удалении от картинной плоскости (сцены). При заполнении картинной плоскости важно:

* обеспечить центральное положение главного объекта;
* соблюсти принципы равновесия (соотношение размеров по верти­кали, по горизонтали, симметрия, асимметрия) при заполнении кар­тинной плоскости;
* соотнести фон и центральный объект.

Различают два основных вида световой композиции: фронтальную и объёмно-пространственную.

***Пример фронтальной световой композиции***

Простейшим видом фронтальной световой композиции является пло­скость, обращённая лицевой частью к зрителю и относительно равно­мерно освещённая по вертикали и горизонтали. Освещение форм в глу­бину (от зрителя) имеет подчинённое значение. Обычно элементы фронтальной композиции в своём взаиморасположении не получают развития по глубине и воспринимаются как мелкий рельеф, членящий поверхность. Вид фронтальной композиции должен быть по возможно­сти одинаковым при взгляде из любой точки зрительного зала (при пе­ремещении зрителя в направлении картины или вдоль неё).

При освещении фронтальной композиции нужно сохранять соотно­шение вертикальных и горизонтальных размеров: если один из них ста­новится слишком малым, плоскость превращается в линию. Однако фронтальность может быть нарушена членениями, если в результате движения взгляда в глубину возникает третье измерение — глубина.

Объёмно-пространственная композиция представляет собой форму, развитую по всем трём пространственным координатам, имеющую, как правило, замкнутую внешнюю поверхность, вокруг которой организу­ется движение. Поэтому объёмная композиция строится главным обра­зом в расчёте на восприятие со всех сторон.

Выразительность и ясность восприятия объёмных композиций зави­сит от ряда условий: от вида поверхности, образующей форму, от рас­стояния и ракурса формы относительно зрителя.

Объёмно-пространственная композиция всегда взаимодействует



***Пример объёмно-пространственной световой композиции***

с окружающим пространством. Среда может повышать или понижать выразительность одной и той же композиции, складываясь из освеще­ния материальных элементов (поверхностей, объёмов) и пространства (площадей) между ними.

Объёмная композиция характеризуется, как уже говорилось выше, распределением массы по трём координатам пространства, образуя трёхмерную форму. Объёмную композицию характеризует относитель­но замкнутая поверхность, организующая движение вокруг себя. Таким образом, объёмная композиция по свету строится главным образом в расчёте на восприятие со всех сторон.

Она рассчитана на движение (человека, взгляда) в глубину. В такой композиции характерный и доминирующий признак — не одна какая- либо форма или группа, а пространство, образуемое при освещении форм.

Правила симметрии и асимметрии здесь в принципе те же, что и при создании фронтальной композиции. Для целостности асимметричной объёмной световой композиции требуется зрительное равновесие всех освещённых элементов. Так же как фронтальная, объёмно-простран­ственная композиция может иметь одну или несколько осей симметрии или строится асимметрично.

При решении объёмно-пространственной композиции возникают следующие задачи:

* освещение как отдельных форм, так и групп в организуемом про­странстве с учётом их взаимного расположения;
* освещение промежутков между формами и подчинёнными про­странствами, образуемыми членением главного пространства;

- чёткая ориентация всех элементов на основные точки зрения.

Передача глубины пространства осуществляется при помощи ли­нейной и воздушной (светоцветовой) перспективы. Крупные формы кажутся расположенными ближе, чем мелкие. Они и выглядят более от­чётливо и рельефно.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА МЕТОДОМ ПЕРСПЕКТИВЫ**

Перспектива (от латинского perspicio — ясно вижу) — это система изображения предметного мира на плоскости в соответствии со зри­тельным восприятием предметов человеком. В другом, общеупотреби­тельном, значении перспектива означает вид в даль. В искусстве приме­няются линейная и обратная перспективы.

Воздушная перспектива передаёт изменения в свете и цвете, в яснос­ти очертаний предметов на расстоянии.

Линейная перспектива, которая используется в искусстве для по­строения иллюзорного пространства, появилась сравнительно недав­но — в эпоху итальянского Возрождения. Для высоко развитой форма­листической живописи древних египтян характерным было изображе­ние головы и ног в профиль, без тех сокращений, которые диктуются перспективой. Чрезвычайно интересны в этом отношении китайская живопись и рисунки, так как расстояния изображаются на них условно, согласно определённым правилам, которые противоречат геометрии. В результате этого часто создаётся впечатление перевернутой перспек­тивы: при увеличении расстояния линии скорее расходятся, чем сходят­ся. То, что для открытия линейной перспективы потребовалось гораздо больше времени, чем для открытия огня или изобретения колеса, — факт поразительный: ведь всё, что мы видим, мы видим в перспективе.

Законы и принципы перспективы впервые были чётко сформулиро­ваны Леонардо да Винчи (1452—1519) в «Записных книжках», где изло­жена целая программа обучения художников, включая учение о пер­спективе, описание расположения мышц, строения глаза человека и животных, элементы ботаники. Леонардо называет перспективу «уз­дечкой и рулём рисования», говоря о ней так: «Перспектива — не что иное, как способность видеть пространство, находящееся за вообража­емым куском стекла, гладким и совершенно прозрачным, на поверхно­сти которого все предметы приближаются к нашему глазу в виде пира­мид, и эти пирамиды пересекаются на плоскости стекла».

Леонардо рассматривал перспективные построения как раздел гео­метрии. Он писал о том, что перспектива может быть изображена непо­средственно на стекле. Эта техника использовалась голландскими мас­терами и в более позднее время — в камере обскура[[5]](#footnote-6) (от латинского obscures — тёмный).

До изобретения фотоаппарата камера обскура применялась для точ­ных натурных зарисовок.

В изучении перспективы Леонардо да Винчи не ограничивался гео­метрическими построениями. Он заметил и описал эффект увеличения туманности и синевы с увеличением расстояния. Он пользовался теня­ми и оттенками цвета, чтобы передать положение предмета в простран­стве. Взаимно дополняя друг друга, геометрическая и воздушная пер­спективы позволяют передать на плоскости глубину пространства.

Глаза воспринимают перспективу несколько иначе, чем оптическая система. Как правило, объекты, расположенные на большом расстоя­нии, на фотографии выглядят сильно уменьшенными. Величественная цепь далеких гор на фотографии выглядит как ряд холмиков.

Если мы посмотрим снизу вверх на высокую башню, нам покажется, что она суживается от основания к вершине. Некоторые архитекторы старались смягчить этот эффект и строили башни слегка расширяющи­мися от основания к вершине. Самая знаменитая из таких башен - ве­ликолепная колокольня во Флоренции, построенная по проекту италь­янского художника Джотто. Джотто, порвав со средневековыми кано­нами, внёс в изображения религиозных сцен земнее начало, изображая их с небывалой жизненной силой. Он стал новатором и в архитектуре, применив обратную перспективу для коррекции искажений, возникаю­щих при взгляде снизу на величественную колокольню. Ещё один при­мер. Площадь Святого Марка в Венеции имеет в плане форму трапеции: её боковые стороны расходятся по направлению к собору. Но наблюда­телю, который смотрит в сторону собора с противоположного конца площади, она кажется строго прямоугольной. Подобные нарушения па­раллельности в материальном мире ради стройности воспринимаемого образа есть и в Парфеноне и других храмах древней Греции.

В реальном мире размеры, очертания, окраска предметов не меня­ются в зависимости от их положения относительно наблюдателя. Вос­приятие мира в перспективе определяется свойствами глаз. Перспекти­ва, видимая человеком, является искажённым воспроизведением трёх­мерного пространства. Но наш мозг расшифровывает его, и мы получа­ем более или менее верное представление о действительных размерах и виде удалённых и близких предметов. Напротив, изображение без перспективы будет воспринято нами как неверное, нереальное, дезори­ентирующее.

**ВОЗДУШНАЯ ПЕРСПЕКТИВА**

Наше восприятие объекта зависит от его удалённости, то есть от тол­щины слоя воздуха между предметом и наблюдателем. Воздушная среда изменяет яркость цвета (тона), смягчает, "растушёвывает" контуры, влияет на восприятие формы, объёма. Имитация искажений, создавае­мых атмосферой, создаёт иллюзию глубины пространства. Воздушная перспектива передаётся изменением яркости цвета, смягчением конту­ров и уплощением фигур.

В воздухе всегда в том или ином соотношении присутствуют твёрдые частицы (пыль) и капли влаги. В зависимости от состава и насыщенно­сти той или иной примесью атмосфера поглощает и задерживает разные лучи спектра. Поэтому в пасмурный туманный день или сквозь дым цветные поверхности кажутся серыми, в солнечный день при запылён­ности воздуха - голубоватыми, а в некоторых случаях, в зависимости от состава взвешенных частиц, — красноватыми.

***Пример создания воздушной перспективы***

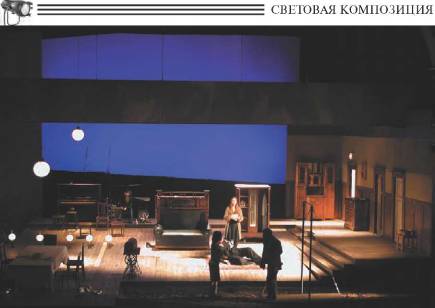
Воздух, скрадывая яркость, выравнивает освещённость поверхнос­тей разных предметов, смягчая контрасты между светом и тенью. Тени могут быть плотными и полупрозрачными, а сама атмосфера может быть тусклой, туманной или, напротив, производить эффект свечения, сияния (например, если солнце играет в мельчайших каплях летнего до­ждя).

Чем плотнее атмосфера, тем хуже видны очертания объекта и тем труднее определить объём. Поэтому предметы и фигуры, помещённые в насыщенную среду, воспринимаются более плоскими. Расстояние до объекта в затуманенной среде определить трудно, его можно косвенно оценить по масштабным соотношениям и насыщенности тона предме­та, но здесь возможны ошибки. Поверхности, окрашенные в чистые то­на, зрительно заметно приближаются. Насыщенный чёрный цвет выде­ляет предмет из окружающей среды, а серый, наоборот, делает его менее заметным, зрительно удаляет.

По способу создания перспективы её разделяют на тональную и све­товую.

Тональная перспектива создаётся распределением тонов: от художни­ка по свету требуется расположить на сцене свет на фигуры, предметы и световые пятна разных цветов в таком порядке, чтобы они на фоне друг друга и на заднем фоне вырисовывались с заданной степенью яр­кости.

Под тоном понимаются цвет, а также оттенок того или иного цвета, отличающийся степенью яркости, насыщенности. Различают насы­щенные и пастельные, тёплые и холодные тона (цвета). Чувствитель­ность глаза к свету разного цвета (разной длины волны) весьма различ­на. Наиболее чувствителен глаз к зелёному цвету, а для более коротких и более длинных волн чувствительность быстро уменьшается: для голу-



***Пример создания тональной перспективы***

бого и оранжевого цвета она меньше в десять раз, для красного — в сто раз. Размещением разноокрашенных предметов на разных планах сце­ны можно создать оптическую иллюзию глубины пространства.

Белая фигура на переднем плане привлечёт к себе внимание. Взгляд сосредоточится на фигуре, и ощущение глубины ослабеет или исчезнет. От зрителя требуется волевое усилие, чтобы перевести взгляд на задний план и различить там детали. Лишь острая сюжетная ситуация может заставить зрителя вглядываться в глубину, оторвав взор от белого пятна на первом плане.

Крупная белая фигура на заднем плане обязательно привлечёт вни­мание и выступит вперед на общем фоне. На заднем плане белое может выглядеть удалённым только при условии, что размеры объекта невели­ки и он не выделяется среди остальных размеров предметов заднего плана ни яркостью, ни фактурой. Необходимо верным подбором цвета как бы повести взгляд в глубину к помещённому там белому тону. Чело­век бессознательно ищет светлое за тёмным.

Можно говорить о градации тонов, имея в виду последовательность расположения цветовых пятен (окрашенных предметов) на сцене с по­степенным усилением зрительных признаков удалённости по мере пе­рехода от одного тона к другому.

Расположение тонов по глубине может быть непрерывным или рас­членённым. В последнем случае свет и тени имеют некоторую форму и более или менее разграничены.

Световая перспектива — конструктивное расчленение пространства светом. Свет на сцене обычно нужен для создания целостной картины восприятия атмосферы спектакля, изменения пространственных форм, усиления яркости цветового восприятия. Но бывают случаи, когда све­товое пятно имеет определённое конструктивное назначение: создаёт определённую форму или вырисовывает форму предмета световым кон­туром. Представим себе декорацию помещения с рядом окон и про­странством пола при двух условиях освещения:

* равномерное освещение интерьера рассеянным светом;
* свет падает через окна и рисует световые пятна на полу.

В первом случае сцена будет выглядеть плоской, во втором случае пятна света, расчленяя поверхность, создадут глубинную перспективу.

Фигуры, которые при общем освещении сливаются в сплошное пло­ское пятно, будут выглядеть более рельефно, дадут глубину, если их чёт­ко обрисовать контурным светом. Однако следует помнить, что рельеф­ность сценических объектов сама по себе не создаст впечатления глуби­ны пространства. Расположенные на первом плане предметы или фигу­ры (вне зависимости от фона) могут быть показаны объёмно (рельефно) за счёт распределения светотени, но сцена при этом будет выглядеть плоской.

Воздушная, тональная и световая перспективы служат художнику по свету средством создания световой картины. Сценическая перспектива мыслится в движении. Воздух, невидимый глазу, своим постоянным движением обогащает перспективу. Переливающийся свет делается почти осязаемым. Фигура, двигаясь в пространстве сцены и изменяясь тонально, всегда выявляет глубину этого пространства.

Занимаясь театральным освещением на сцене, следует помнить не­которые правила и закономерности:

* тёмное помещают обычно впереди, потому что глаз за тёмным ищет светлое и сосредотачивается на нём. Светлое пятно всегда «уво­дит» глаз в глубину сцены;
* если на сцене находится ярко-белый объект, зрителю трудно пере­вести взгляд с него на более тёмные объекты сцены.



***Пример создания световой перспективы***

Глава 9

**Документация к световому оформлению**

**спектакля**

**ПОНЯТИЕ СВЕТОВОЙ ПАРТИТУРЫ**

Световая партитура — документ, содержащий запись светового оформления спектакля и предназначенный для его точного воспроиз­ведения. Световая партитура составляется в определённой последова­тельности. В ней фиксируются:

* направление света осветительных приборов;
* цвета помещённых в них фильтров;
* номера групп включений;
* номера световых программ.

В световой партитуре отражаются все моменты сценического дей­ствия, в которых необходимы световые переходы, затемнения, словом, все технические средства и приёмы, которые и позволяют создать пол­ноценную часть спектакля — художественный свет.

Световая партитура дополняется световыми планировками. Световые партитуры составляются и уточняются во время светомонтировочных ре­петиций.

Световой переход — изменение режима питания осветительных при­боров, участвующих в создании светового оформления, по отношению к предшествующей световой программе (переход к новой световой про­грамме).

Световая программа определяет режимы питания световых прибо­ров, участвующих в световом оформлении спектакля, на установлен­ный отрезок времени.

Светомонтировочная репетиция — технологический процесс, в ходе которого совершенствуются действия работников ЭЛО (электроосвети­тельного отделения) по воспроизведению светового оформления спек­такля. В ходе световых репетиций в соответствии с задачами, которые ставят перед художником по свету режиссёр и сценограф, монтируется и создаётся световое оформление спектакля: окончательно определяет­ся количество приборов, направление их лучей, уточняется, какие све­тофильтры в каком приборе следует применить. Устанавливается свето­вая картина и записываются световые программы. Конечная цель све­товой или светомонтировочной репетиции — составление световой партитуры спектакля.

Сегодня нет единого стандарта для оформления световой партитуры спектакля. Практика и опыт работы художников по свету позволяют определить следующие типы документов, составляющих СВЕТОВУЮ ПАРТИТУРУ.

Первая группа документов связана с подготовкой светового обору­дования к спектаклю:

* 1. СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУ­ДОВАНИЯ

Подробная схема расположения осветительной аппаратуры, аппара­туры управления светом и силового оборудования с привязкой по регу­лируемым и нерегулируемым каналам. Следует особо указать трёхфаз­ные включения.

* План сцены:
* уровень планшета;
* уровень софитов и осветительных галерей;
* План зрительного зала:
* уровень осветительных лож и выносного софита (софит-мос­та);
* Таблица условных обозначений.

1. СХЕМА КАНАЛОВ РЕГУЛИРУЕМОГО ОСВЕЩЕНИЯ

* Графическое представление;
* Табличное представление.

1. КОМПЛЕКТ СВЕТОМОНТИРОВОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ПО КАЖДОЙ КАРТИНЕ

* Светомонтировочная планировка (сцена, зрительный зал);
* Светомонтировочный разрез правый (сцена, зрительный зал);
* Светомонтировочный разрез левый (сцена, зрительный зал);
* Фронтальный вид картины.

На чертежах должна быть указана следующая информация:

* Размещение декораций. Одежда сцены. Линии видимости. Задей­ствованная в этой картине световая аппаратура. Световые лучи, ограни­чивающие рабочую зону приборов. Освещаемые зоны. Используемые светофильтры.
* Уровни подъёма софитов, высоты всех площадок, на которых рас­положена осветительная аппаратура (портальные башни, боковые фер­мы, осветительные галереи и др.). Расстояния от красной линии[[6]](#footnote-7) до всех выносных площадок и помещений, где расположена осветительная аппаратура в зрительном зале.

Раздел документации должен быть выполнен наглядно, с соблюде­нием требований ЕСКД (Единая Система Конструкторской Документации).

Разрешается выполнение чертежей на компьютере в любых про­граммах. Разрешается введение цвета или приёмов архитектурной гра­фики.

Для переносной аппаратуры, установленной на планшете сцены или монтируемой в декорацию, должно быть указано: как проложена пита­ющая линия, место подключения, номер канала.

Софитные фермы, портальные конструкции, боковые башни, осве­тительные ложи должны быть изображены упрощённо, но с соблюде­нием габаритных размеров, точной привязки к красной линии, оси сце­ны и уровню планшета.

Необходимо указать помещение светоаппаратной, световой пульт, количество регулируемых каналов.

Необходимо отметить зоны, где работают актёры.

Данная документация должна нести информацию о смене декора­ций или её трансформации по ходу спектакля. Следует обязательно ука­зать особенности существования актёров и обслуживающего персонала в данной декорации, их перемещения, в том числе и в закулисном про­странстве (чистые перемены, возможные актёрские выходы, пронос де­кораций, мебели, реквизита и работы монтировочных цехов).

1. МОНТАЖНЫЙ ЛИСТ

Схема последовательности выполнения направки осветительных приборов с привязкой к монтажным операциям по сборке декораций (согласовано с монтажным листом монтировочного отдела).

1. СПЕЦИФИКАЦИЯ РАБОЧЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ОСВЕТИ­ТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Описание использования каждого осветительного прибора с необхо­димыми аксессуарами.

Указывается:

* номер канала;
* номер светофильтра (тип каталога светофильтров);
* место расположения прибора;
* тип прибора (или марка прибора);
* мощность;
* цель использования (освещаемая зона);
* количество одинаковых приборов на один канал;
* в каких картинах используется;
* примечания.

В крупных театрах дополнительно к общим спецификациям рабоче­го положения осветительных приборов составляется СПЕЦИ­ФИКАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПО РАБОЧИМ МЕСТАМ — подробное описание направки осветительных приборов, выполняемое каждым осветителем на своём рабочем месте.

Вторая группа документов связана с проведением спектакля.

1. ПАРТИТУРА ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ

Подробное описание световых картин и световых переходов.

Включает:

а) ЛИСТ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ

Указывается:

* название и номер световой картины;
* номера программ (световых положений), составляющих световую картину;
* время входа текущей программы, время ухода предыдущей про­граммы;
* сигнал или реплика для начала перехода (музыкальная тема, циф­ра клавира);
* примечания — текстовое описание происходящего действия.

б) ТАБЛИЦА «СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ» — расшифровка каждого пункта ЛИСТА ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ с указанием пе­речня всех номеров каналов с присвоенными им уровнями.

в) СПЕЦИФИКАЦИЯ ПЕРЕСТАНОВОК — подробное описание перестановок и перемен осветительных приборов с указанием времени и условий для выполнения осветителем необходимых действий.

г) ПАРТИТУРА ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ ДЛЯ ВОДЯЩИХ ПРИБОРОВ — подробное описание действий каждого оператора водя­щего прибора с привязкой к ЛИСТУ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ.

д) СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ ПО РАБОЧИМ МЕСТАМ — перечень необходимых действий для проведе­ния спектакля по рабочим местам (смена светофильтров в ходе спектак­ля, перестановка осветительных приборов на планшете сцены и др.).

**ГРАФИК ВЫПУСКА СПЕКТАКЛЯ**

Процесс создания светового оформления спектакля состоит из не­скольких этапов, следующих в определённой последовательности. Пер­воисточником всегда являются пьеса, клавир, сценарий.

* Работа художника по свету с режиссёром-постановщиком и сцено­графом над созданием концепции художественно-светового оформле­ния спектакля.
* Работа с эскизами и макетом.
* Просмотр и обсуждение эскизов костюмов.
* Подбор необходимых светофильтров.
* Составление подготовительной планировки на размещение свето­технического оборудования и светофильтров.
* Составление подробного описания на использование каждого ос­ветительного прибора по каждой картине, с необходимыми светофиль­трами и учётом особенностей сценографии.
* Составление светомонтировочных планировок на каждое рабочее место осветителей с перечнем оборудования и светофильтров.
* Составление и запись световой партитуры.
* Проведение светомонтировочных репетиций совместно с режиссё­ром и сценографом.
* Проведение прогонов спектакля с возможной корректировкой све­товой партитуры.
* Сдача спектакля художественному руководству театра.
* Подготовка и передача необходимой документации руководству электроосветительного отделения театра: комплект документации по художественно-световому оформлению спектакля, акт о сдаче спектак­ля.

**ПРИМЕРЫ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО СВЕТОВОМУ ОФОРМЛЕНИЮ**

**СПЕКТАКЛЯ**

Московский Художественныйакадемический театрим. А.П.Чехова

ПРОЕКТ

ХУДОЖЕСТВЕННО-СВЕТОВОЕ ОФОРМЛЕНИЕ СПЕКТАКЛЯ «ЧАЙКА»

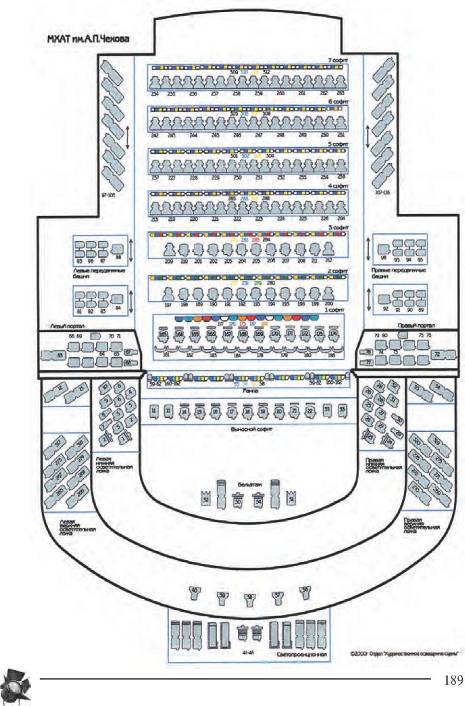
РЕЖИССЕР-ПОСТАНОВЩИК О.Н.ЕФРЕМОВ

СЦЕНОГРАФИЯ В.Я.ЛЕВЕНТАЛЬ

ХУДОЖНИКИ ПО СВЕТУ Е.Л.УДЛЕР И.А.ЕФИМОВ

МОСКВА 9 ИЮЛЯ 1980 г.

**ДОКУМЕНТАЦИЯ К СПЕКТАКЛЮ ^^^^^^^^^^^^^^ Ij^j ПЛАН РАЗМЕЩЕНИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**



Спецификация светотехнического оборудования

мхлт тАПЧеждаз

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условное обозначение | | | Tim прибора | Описанпе прпбера | Тип гампы | Фирма изготовтель |
| **Г™** | |  | Cadenza 12/22 | Profile spot  Прожектор профильный | 220V 2000W | Strand Lighting |
| **II :** | |  | Cadenza S | Profile spot  Прожектор профильный | 220V 2000W | Strand Lighting |
| **ШГ** | |  | Cadenza 9/15 | Profile spot  Прожектор профильный | 220V 2000W | Strand Lighting |
| **пи :** | |  | Cadenza 19/32 | Profile spot  Прожектор профильный | 220V 20(10 W | Strand Lighting |
|  | **П** | | BP-1.2 HMI | Efleets projector  Проекционный аппарат | 220V I200W Газоразрядная лампа | L,Pani |
| **{D** | | | BP-2 | Effects projector  Проекционный аппарат | 220V 2000W | L.Pani |
| to | | | BP-4 HMI | Effects projector  Проекционный аппарат | 220V 4000W Газоразрядная лампа | L.Pani |
| **ш** | | | BP-5 | Effects projector  Проекционный аппарат | 220V 5000W | L.Pani |
|  | > | | P-1001 | Beamlight  Беэлииэопый низковольтный прожектор | 24 V 1000W | L.Pani |
| **и f** | | | Profilo 15/28 | Profile spot  Прожектор профильный | 220V 1000W | Coemar |
| **i г** | | | Profilo 22/40 | Profile spot  Прожектор профильный | 220V I000W | Cocmar |
| **с** | | | DDR-720 | Beamlight  БсзлинзовыЙ низковольтный прожектор | 24V 200W | Narva |
|  | **I** | | P-500 | Beamlight  Беэллнзовый низковольтный прожектор | 24V 500W | L.Pani |
|  | | | Spot 64 | Profile spot  Прожектор профильный | 220V 1000W | Strand Lighting |
| **D** | | | Cadenza PC | PC spot Piizm-convex  Прожектор | 220V 2000W | Strand Lighting |
| **О** | | | LH 2000 | PC spot  Прожекторе гладкошлифоюшной линзой | 220V 2000W | L.Pani |
| ***4 I 1 | >*** | | | K3C-4M | Flood 4 color Светильник-  Камерный зеркальный софит | 220V 500W\*4 | Russia |
| ***\~Г\*** и | | | СВТГ-0-5 СЧ | Flood 4 color  Светильник театральный галогенный с симметричным отражателем | 220V 500WM | Russia |
| **Q** | | | Cadenza F | Fresnel spot  Прожектор с линзой Френеля | 220V 2000W | Strand Lighting |

***Продолжение на стр. 191***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Мотаное | Тт  прибора | Onricanne прибора | Тип  ЛЭМГЫ | Фирма изготовитель |
| а | СВТГ-0.3 | Flood  Светильник театральный галогенный с сим­метричным отражателем | 220V 500W | Russia |
| D | ПР-0.25-100 | PC spot 500 W  Прожектор е t ладкошлнфоваиной линзой | 220V 500W | Russia |
| о | ПРТЛГ 1100 | PCspot 1100W  Прожектор с гладкошлифованной линзой | 220V 110QW | Russia |
| гТТП | РСП 4К | Flood 4 color Светильник- Рампа, софит, подсвет | 220V 100W \*4 | Russia |
|  | Solo CS1/CID | Follow spot  Следящий прожектор | 220V I200W Газоразрядная лампа | Strand Lighting |
| **1 11** | Solo 2К | Follow spot  Следящий прожектор | 220V 2000W | Strand Lighting |
| о | CBTF-l | Flood  Светильник театральный галогенный с сим­метричным отражателем | 220V 1000W | Russia |
| Electronic Control System PEF «М» ЛиСГаМШЮННО упраВЛ Ht.MblC прожекторы с знпомнпающнм устройством | | | | |
| **О** | LH-2000 Moving Light | PC spot Color Change Units 4 color Прожекторе гладко итмфовашюй линзой + 4-х пветный комплект смены светофильтров | 220V2000W | L,Pani |
| **о** | LH-2000 Moving Light | PC spot  Прожекторе гладкошлифованной линзой | 220V 2OO0W | L.Pani |
| **сэ** | P-1001  Moving Light | Beamlight  Безлинзовый низковольтный прожектор | 24 V 1000W | L.Pani |

ФЗОООг Отдел "Худс^естее^ое освадвше сце^\*

**СПЕЦИФИКАЦИЯ РАБОЧЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ**

**ПРИБОРОВ**

Ч;шка.

**(иапранка систа)**

|  |  |
| --- | --- |
| ПроскцМйнм | |
| 41 - листва летная сторона | |
| 42- листва беседка №2 | |
| 4? - BF-5 листва (gohilJP33 | |
| 44 - ВР-3 jiистыj (jiobo) F.I? | |
| 45 - воляший: 1 )начало, Костя (беседка №2) 2) MEM. 15 Нина и "Григории (беседка №2) | |
| 47 ■ листва правая сторона | |
| 46 -водящий (фкльтр№17) 1) на чало 1 акта. 2 (финал 1 акта, 3)фннал спектакля | |
| Бмшиж | |
| 50. 54 - IJP-2 листка F33 (крест н:. крест) | |
| 51.52 РС "кшю"2 (заполнение) | |
|  | |
| Ложи | |
| Ливан | Правая |
| 1 - ВР-2 FI3.5 | 23 - ВР-2 F13.5 |
| 2- ВР-2 листва F18 | 24- ВР-2 листва F18 |
| 4 - рот.-своя сторона | 26 - pin.- саоя сторона |
| 5 - рот,- центр(кокнита, тюль опущен! | 27 - роз, не нтр( комната, тюль опущен! |
| ft - роз. - снон ОТО]\*'?на | 2В - роз,- своя сторона |
| 7 темп.снн№161 и беседку №2 | 29- "кино" беседка №2 |
| К — тйин.синЛгКИ а беседку №2 | 30 - "кино" беседка №2 |
| 9 роге 2 план, ираная сторона | - pi ■ л 1 план. левая сторона |
| 10-pt>s. 1 план, правая сторона | 32 - роз.. 1 план, левая сторона |
|  |  |
| Ложи верхние | |
| Левая | Правая |
| 11 - №40 беседка №2 | 33 - №40 беседка №2 |
| ! 2 - 1 Ml ГШ ( правая а/сцена, до рундука) | 34 - листва { левая а/спена. до рундука) |
| 13 - листва ( правая а/сцепа, до рундука) | 35 листва ( левая a/cuen.j, \.> рундука) |
| 317-беседка №2 правее | 319 - бееелка №2 левее |
| 31S беседка №2 lleirrp | 320 - беседка №2 центр |
| Галерка | |
| Левая | Правая |
| 97 - листва беседка X' 2 | 107 - листва беседка №2 |
| 100 -фурка справа. библиотека | 110 ■ рояль саоясторона |
| 101 -о рояль своя сторона |  |
| 105 - беседка №4 (у последнего тюля) |  |
| 106 -№40 беседка №4 (у последнего толя) |  |
| Портал | |
| Левый | Правый |
| 63 -перед беседкой №2 | 72 -перед беседкой №2 |
| 64 - дорожка 1 план | 73 - дорожка 1 план |
| 65 - №'40 перед беседкой №2 | 74 'иср\ 1 - №40 дорожка .левая сторона |
| 67.68- "кино" прострел , а/саена | SO (низ) - №5 беседки №2 |
|  | 77,78 - "кнно" прострел . а/спена |
|  |  |

***Продолжение на стр. 193***

*-2-*

Леетннцд

**Левы»**

Правым

К] -№40 беседка №2

82 - №40 прострел чз беседкой №2

83 - №40 беседка № 2

Я0 - №78 беседка №2

90 - №40 прострел за беседкой №2

9] - №78 беседка №2

92 - №78 беседка №2

85 - №40 театр, беседка №3

S6 - №40 театр, беседка №3

95-№78 прострел по фуре MLM.2

**Планшет**

Левый

145 -СИ I Г(ф. мо р. волн а) левая сторона

Правый

Ш-СВТГ 2шт.тсмн-снн. лсв..нрац.ск'рона

153-СВТГ теми.сип.

центр

147- СВТГ 2 шт.(ф.мор.волна) центр

149

С ГЛ Т | ф. м о p. acun I а) и ранд й сторона

154 - бебнк 2 шт. (№17+матовый филы р)

148 - бебик 2 Ш1. №Ю. бережки 2mr.(ieim)

146 - вентилятор 2 акт

1-1 служебный вы,\ол

>-1 правый пульт

Сигналы

б-блецыи склад (аыхол актеров)

7-1 прав пу11Ы.шумы(1).пнаппноспраиа(11)

[лебедки

8-12верх

3-3 jiCBuii арьер

9-2>

ради о

4-4 левый пульт

т-5 j[сиый IIVльт( шум 1.1. пна; IиIю слена) 0-3 правый лульт-путифоры

Софиты Pani№ 1

Выносной

14

15

16

17

18

19

2!

20

Роз,

Роз.

Роз.

Роз.

Кино.

Кнни.

Роз.

Роч.

Кино.

14 - левая сторона

15 -лсиал сторона

16 центр

I 7 - цетр

18 - цен гр

I[[7]](#footnote-8).) центр

21) - праная сторона

21 - правая сторона

22 - правая сторона

187

187

187

187

Т.снн.

Т.снн.

Т.син

Т.син.

163

164

165

166

167

168

169

170

171

173

174

172

***й***

Кино. Кипр. Кино. Кипр. Кипр. Кино. Краен. Кино. Кино. Кино. Кино. Кино 163 - фура №2

164 - левая сторона

165- левая сторона

166 - левая сторона

167 - левая сто роил

16Я - центр

169 - на крышу беседки (аванс не на)

170- центр

17i - правая сторона

172 правая сторона

173 правая сторона

174- фура №2

***Продолжение на стр. 194 193***

-3-

2 софит

197 198 189 190 191 192 193 194 195 196 199 200

Бел.

Кино.

Кино.

Кино.

Кино.

дорожка

дорожка

дорожка

дорожка

197- на крышу беседки (проезд)

189 - фура № 2

191 - фура №2

195 - фура №2

199-фура №2

212

3 софит

209 210 201 202 203 204 205 206 207 208 211

Бел.

209 - на крышу беседки (проезд)

4 софит

213

220

221

222

223

224

225

226

294

219

Бел.

Бел.

Бел.

Бел.

Бел.

Бел.

Бел.

} IV план

213- на крышу беседки (проезд)

220 - дорожка

221 - дорожка

222 - дорожка

223 - дорожка

224 - дорожка

225 - дорожка

5 софит

237

227

228

229

230

231

233

234

238

232

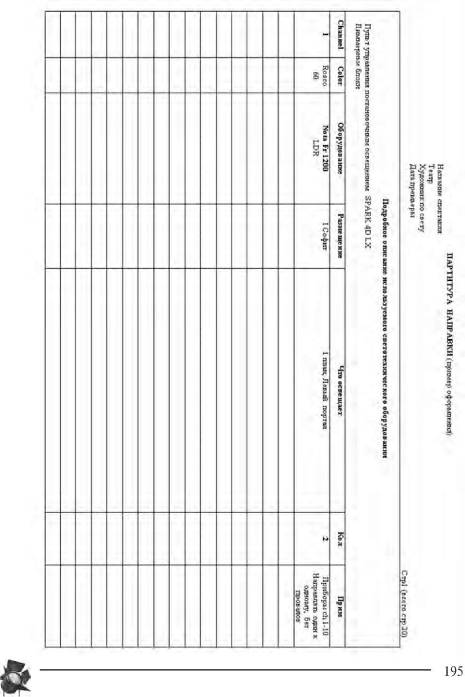
7 софит

Бел.

237- на крышу беседки (проезд)

310-СВТГ0.5 синий, мор, волна

**СПЕЦИФИКАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПО РАБОЧИМ МЕСТАМ**



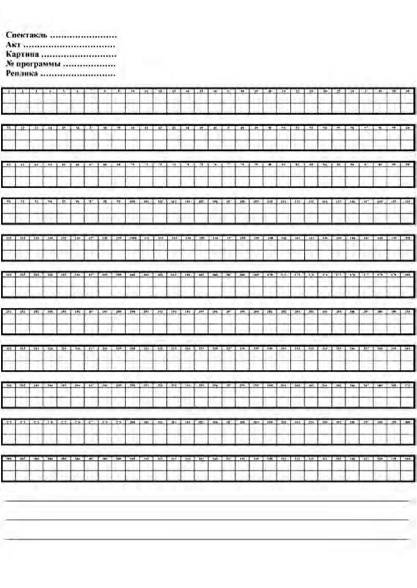
**ЛИСТ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕКТАКЛЯ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Спектакль*** Чай КЗ | | | | |
| ***Акт*** | | | | | |
| ***№ диска Galaxy*** | | 8,21,65 | ***№ Oiwxa PAN J X*** | |
| ***Gulax\'*** | |  | ***№ MEM*** | ***ПРИМЕЧАНИЕ*** |
| ***Ns MEM*** | ***Time*** |  |  |  |
| 1 |  | За занавесом. | Pani 1 | 105/30% -> О.Свет на занавес 51,52/28% |
| ***2*** |  | Беседка (тюль над крышей) |  | Sub 63 (Костя) |
| 3 лев. к |  | Нина . 1 Костя на ступенях (довести до KOIH цв) |  |  |
| 4 лев. к |  | Фура вперед, беседка начал, «Трубы усыпите нас» |  | Sub 55 тегти Sub 50 Нина |
| 5 | Озеро | Появляется Нина из-за занавеса. |  |  |
| 6 |  | Фура вперед. «Это что-то декаденское» В темноту.  «Царство мировой волн» + Kp.Sub60 |  | Подержать листву, «ужас, ужас» SubOO-O |
| ***7*** |  | «Ужас. ужас». Беседка назад, фура вперед |  |  |
| ***К*** |  | Фура впереди без озера «Давайте занавес» |  |  |
| 9 |  | «11одпнми-ка .братец, занавесь |  |  |
| 10 |  | «Завыла собака» Доктор и Треплев, Поехала беседка №2, голубая |  |  |
| 11 |  | Тем нота. Гром, Треплев: йЯ никому не мешаю жить» |  |  |
| 12 | плавно | На щебет птиц. Тригорнн и 11нна. |  | Sub63 {Пина слева от беседки) |
| 13  лее. к |  | Бееедка назад, фура вперед, чтение Мопассана |  | М05Ш)% 154 подобрать |
| 14 |  | Проходная, беседка вперед |  | -105 |
| 15 |  | Беседка №2. Доктор и Полина +Нввй+ Тренлев-И риюрин, беседка назад |  |  |
| 16 |  | Докгор и Маша (слева) |  |  |
| 17 | быстро | «Сот> справа Нина, выстрел убир. |  |  |
| 18 | быстро | «Сон»-выстрел, выезжает фура, темная листва. |  | Ставят вещи |
| 19 |  | Комната. Аркадина: «Я актриса» Sub—>0 |  | 165, >70.80 библи. Sub рояль |
| 20 |  | Треплев на чемодане Аркаднна свет в центре (уходит задник} |  |  |
| 21 | листва | Беседка вперед Фура на место «Если тебе понадобится моя жизнь» |  |  |
| 22 |  | Беседка остановилась, Тригорнн н Аркаднна. |  |  |
| 23 | Лнстпа | Беседка назад. Проходная. |  |  |
| 24 |  | Опускается тюль Комната. Прощание. |  |  |
| 25  лев. к. |  | «Я забыл трость». Инна н Три] орнн перед беседкой. |  | IV софит (дорожка) |
| 26 |  | Беседка двигается. |  | +Sub50 |
| 27 |  | Подборка листвы. |  |  |

***Продолжение на стр. 197***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 28 | Темнота | Под занавес темнота. |  | -Sab50 |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Антракт |  |  |
|  |  | Лампа на столе а кабинете. |  |  |
|  |  | Вентилятор146/70% |  |  |
|  |  | 2 Акт |  |  |
| 29 |  | Беседка № 1 па авансцене.Впутр.свст. |  |  |
| 30 |  | Беседка назад. Фура вперед. Макал на лампе Листва. |  | +83 |
| 41 |  | Тюль зажигание лампы, |  | + Suh80 рояль па уход Кос г и |
| 32 |  | Обший выход. Рояль, |  | -НоЬ80 «Из гостиной сделали кабинет» |
| 33 **II.K.** |  | +Свечи 5,27 подбор с музыкой |  | + SnbHO на музыку |
| **rip.K,** |  | Лампу подбор, переход на прав .сторону 11рав.Колссо уменьшать |  | - SubSO «Вы рады,что сын писатели» |
| 34 |  | -Свечи «Как нас принимала а Харькове» |  |  |
| 35 |  | Костя за стазом. Подбираем лампу. |  |  |
| **3<i** |  | т] iinia |  | »Sub90/50% за столом Инна: «Л чайка... нет я актриса» |
| 37 |  | -Нина «Ясс жизни угасли», Уходит. |  | -Sub90 |
| ЗК |  | Костя гаент chcmv. |  |  |
| 39 |  | Зажигание лампы. |  |  |
| 40 |  | Выносят свечи |  |  |
| 41 |  | Дорн:«Дело s том, что К.Г застрелился» |  | + Sub50 |
| 42 |  | «Ужас,ужас,ужас» Темнота Беседка па 1 плане. |  | - Sub50 последний уход |
| 43 |  | Занавес закрыт Внутренний свет, |  |  |
| 44 |  | Занавес открыт. Поклоны Вынос. |  |  |
|  |  | Link 43, |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**



**Глава 10 Архитектурное освещение**

**СВЕТ КАК ЭЛЕМЕНТ АРХИТЕКТУРЫ. ФУНКЦИИ СВЕТА**

Согласно современным научным представлениям, свет — это элек­тромагнитное излучение, которое способен воспринимать глаз и без ко­торого не могла бы существовать жизнь. Цвет и форму реального мира мы воспринимаем зрением, и зрительное восприятие имеет гораздо большее значение для нас, чем осязание, обоняние и слух. Гёте в своём «Учении о цветах» говорит о человеке как о «преимущественно оптиче­ском организме, на который ничто не оказывает столь сильного воздей­ствия, как чувственное восприятие света». Окружающий человека мир материальных вещей и их цвет могут быть восприняты лишь при осве­щении. Игра света и теней даёт возможность оценить объёмность пред­метов, и только в лучах света приобретают они окраску. Свет, естествен­ный или искусственный, позволяет оценить внешний облик сооруже­ния или его интерьер. Свет — основа всех изобразительных искусств, важнейшее условие выразительности. Живописные, чарующие свето­вые эффекты используются не только в произведениях живописи и те­атральном искусстве, но и в архитектуре.

В европейском искусстве эпохи Возрождения, с его интересом к из­учению природы, были осознаны все красочные богатства реального мира и роль света в выявлении пространства. На картинах Леонардо да Винчи можно видеть не только перспективное построение архитектур­ного антуража; он впервые (и сознательно, как это следует из его «Трак­тата о живописи») использовал свет для выявления пространства в сво­ей «Мадонне в скалах». Леонардо достиг впечатления единства прони­занного светом воздушного пространства, в котором постепенно рас­творяются формы и цвет изображённых предметов. Рубенс, подобно со­временному архитектору, пользовался светом как основным компози­ционным средством. Рембрандт достиг совершенства в живописном мастерстве: эффект освещения, построенный на игре света и теней, стал его основным художественным принципом. Проникающий в по­мещение свет на картинах Рембрандта лепит человеческие фигуры и предметы, а распределение света на поверхностях предметов выявля­ет их форму. Художники-импрессионисты, а следом за ними и экспрес­сионисты стремились не только передать средствами живописи эффек­ты освещения, но и воспроизвести само явление света, изобразить тре­пещущий в лучах света воздух.

Архитектуру можно определить как способ организации простран­ства. Произведения архитектуры — это часть реального физического пространства, выделенная формами и объёмами, где свет и цвет имеют особое эстетическое значение. Характер отдельных предметов и частей

здания, их пропорции, фактура их поверхностей, цвет и форма, благо­даря воздействию света на сетчатку наших глаз, вызывают сложные ощущения, создающие в нашем сознании образы предметов. С полной уверенностью можно утверждать, что свет — основное средство выраз­ительности архитектуры.

Во все времена зодчие учитывали значение освещения для выявле­ния формы. Древнегреческие архитекторы, например, на солнечной стороне здания делали каннелюры и рельефы менее глубокими, чем на теневой, и так добивались одинакового восприятия форм при разных условиях освещения. Современный архитектор также стремится ис­пользовать естественный солнечный и управляемый искусственный свет для того, чтобы придать архитектурным формам новые качества.

Знаменательны рассуждения немецкого специалиста В. Келлера о неразрывной связи техники и искусства как естественном условии ус­пешного решения художественных задач освещения: «Если бы техника была ... только средством производства, и если бы её значение ... исчер­пывалось применением ... наиболее совершенных и экономичных ме­тодов, то её можно было бы со всей справедливостью упрекнуть в том, что создаваемые ею материальные ценности не компенсируют того ущерба, который наносится ею области духовных достижений человека. На самом же деле и в основе техники лежат духовные и моральные свойства человеческого разума». Светотехника даёт этому блестящий пример.

Уже при решении простейшего технического вопроса — выборе ис­точника искусственного света — специалист по художественному осве­щению должен руководствоваться законами физиологии, науки о жиз­недеятельности живого организма, поскольку свет воспринимается внешними органами зрения — нашими глазами. При выборе и опреде­лении светотехнических единиц измерения специалисты по художест­венному освещению также обязаны считаться с физиологическими факторами. Задачи искусственного освещения не могут быть разреше­ны без понимания и учёта светотехниками не только физиологии, но и, не в последнюю очередь, психологии — науки, исследующей процессы, протекающие в сознании человека.



***Пример освещения архитектурной формы***

**УСТРОЙСТВО СВЕТИЛЬНИКОВ И ТЕХНИКА ОСВЕЩЕНИЯ**

С появлением электричества осветительная техника усовершенство­валась, и свет как средство архитектурной выразительности приобрёл особое значение. Электричество дало практически неограниченную свободу размещения источников света. Использование искусственного света как самостоятельного архитектурного элемента на выставке в Дюссельдорфе в 1926 году получило название «световой архитектуры». Автор термина, известный немецкий специалист И. Тейхмюллер, при­знавался, что даже испугался собственной смелости, решившись начер­тать это словосочетание на одной из стен павильона светотехники. Он подразумевал здания, которые, благодаря специально спроектирован­ной управляемой системе освещения, задуманной зодчим, производи­ли особый зрительный эффект.

В литературе встречается двоякое употребление этого выразительно­го понятия. Одни авторы, вслед за Тейхмюллером, понимают световую архитектуру как образ архитектурного сооружения, возникающий при сознательно ориентированном искусственном освещении, другие — как гармонию архитектуры и освещения, естественного или искус­ственного. Во втором случае свет осознаётся как вспомогательное сред­ство для того, чтобы подчеркнуть, «обыграть» те или иные конструкци­онные, стилевые особенности здания, придать им выразительность; ос­вещению отводится роль нематериальной «отделки» материальной ар­хитектурной основы. Такому пониманию роли света, на наш взгляд, бо­лее точно соответствует термин «архитектурное освещение». Феномен же световой архитектуры имеет место, когда свет сам служит «строи­тельным материалом», из которого зодчий создаёт нерукотворные кон­струкции. Произведения световой архитектуры возникают при включе­нии специально разработанной системы искусственного освещения и исчезают с её отключением.

Световая архитектура — закономерное развитие тех идей, которыми вдохновлялись зодчие прошлых веков, мастерски использовавшие свойства естественного света. Им было известно, что характер освеще­ния меняется в зависимости от положения небесного светила, что одни и те же детали выглядят по-разному при ярком и рассеянном (диффуз­ном) свете.

В египетской архитектуре, например, встречаются орнаменты с очень незначительным рельефом. Однако при ярком, близком к зени­ту солнце, эти рельефы имеют великолепную фактуру. Тот же рельеф, воспроизведенный в средней полосе России, по причине низкого солн­ца и незначительной яркости небосвода теряет свою чёткость и воспри­нимается как неудачно организованная поверхность. Именно вслед­ствие изменения условий освещения лишились выразительности ие­роглифы на постаментах сфинксов у здания Академии художеств в Пе­тербурге. По той же причине — невозможность воспроизвести ориги­нальное естественное освещение в иных географических широтах — не удались попытки буквально скопировать греческий Парфенон в Вели­кобритании и США.

Египтяне прекрасно умели учитывать архитектурные качества света также и при освещении внутренних помещений своих храмов. Пример тому — гипостильные (многоколонные) храмовые залы, разделённые по длине тесно поставленными колоннами на три помещения, называ­емые нефами. Центральный неф, обрамлённый колоннами более 20 м высотой, освещался из боковых нефов, на плоских крышах которых де­лались специальные отверстия для воздуха и света. Яркое солнечное на­ружное освещение и рассеянный свет в храме резко контрастировали. Мягкий полумрак соответствовал священному назначению зала и уси­ливал впечатление величия и таинственности. Золотые снопы проника­ющего в помещение прямого солнечного света, волшебная игра лучей на богатых рельефах интерьера, сужение плана, постепенное уменьше­ние высоты колонн по мере удаления от главного входа в глубь храма, к святилищу бога — все эти предусмотренные эффекты свидетельству­ют о том, что египетские зодчие хорошо знали законы оптики и пер­спективы.



***Пример освещения архитектурных элементов 202***

АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Широко и разно­образно использова­ли архитектурные ка­чества света строите­ли в древней Индии, в Греции и Риме.

Известны приёмы оптической коррек­ции, применявшиеся греческими архитек­торами:

* колонны дориче­ского ордера дела­лись не идеально ци­линдрическими, а выпуклыми в сред­ней части. Такое утолщение ствола (энтазис) подчёрки­вало неимоверную тяжесть, которую приходится нести опорам здания, и уст­раняло оптическую if иллюзию вогнутости колонны;
* колоннам прида­вался небольшой на­клон внутрь здания. Будучи строго верти­кальными, высокие колонны казались бы расходящимися квер­ху;
* фронтон слегка наклоняли наружу, чтобы он не казался запавшим;
* горизонтальным линиям антаблемента придавалась легкая кривиз­на — без этого возникал бы зрительный эффект прогиба, и фронтон ка­зался бы слишком тяжелым;
* чтобы создать иллюзию большей глубины портика, колонны во втором его ряду делали тоньше, чем в первом;
* пол в середине помещения делался слегка выпуклым. Будь он иде­ально ровным, человеческий глаз видел бы его вогнутым.



***Пример освещения здания***

Греки показали себя прекрасными знатоками эффектов светотени. В их архитектуре вынос и профилировка карнизов, тяг, поясков, факту­ра стен, физическая глубина портика определялись условиями освеще­ния. Так, например, профили, погружённые в тень, имели угловатые, резкие очертания и глубокий рельеф, а находящиеся на ярком солнеч­ном свету закруглялись. Природные особенности Греции — большое количество солнечных дней в году, высокое солнцестояние и яркость неба — позволяли освещать храмы через специальные (гипефральные)отверстия в высокой кровле. В целле — главном и единственном святи­лище древнегреческого храма — создавалось вибрирующее освещение, в котором представала прекрасная скульптура божества. Вечером через открытые парадные двери храма, ориентированные на запад или юго- запад, в целлу проникали лучи заходящего солнца. Изображение бога часто выполнялось из золота и слоновой кости. Контраст блестящих и матовых поверхностей был особенно впечатляющим, когда из дверей, пронизывая мягкий рассеянный верхний свет, на статую падал яркий направленный пучок солнечных лучей.

Храм Парфенон в афинском Акрополе (V в. до н.э.) не только обра­зец гармоничных архитектурных и скульптурных форм, но и пример ве­ликолепного владения светотенью, с помощью которой выявлена архи­тектоника этого сооружения. Интерьер Парфенона освещался яркими лучами солнца и мягким рассеянным светом, проходившим через полу­прозрачные мраморные пластинки. Сквозь отверстие в крыше было видно небо, и при взгляде изнутри казалось, что храм погружен в боже­ственный воздушный океан.

Римская архитектура, несмотря на отличающие её прагматизм и ути­литарность, продолжила прекрасные традиции греческого зодчества в области архитектурного освещения. Так, в общественных зданиях

применялось освещение, при котором создавались архитектурные оптичес­кие иллюзии, например, резкое сужение колонн кверху и утолщение их в центре.



В византийском зодче­стве также учитывались условия освещения. Окна часто имели вид парных арок, разделённых колон­кой с абаком. Они были совершенно открытыми, и лишь изредка в них вставлялись мраморные плиты с отверстиями, за­полненными инкрустиро­ванными кусками про­зрачных тканей. Особенно часто мозаичная отделка применялась византий­скими архитекторами на вогнутых поверхностях куполов. Смальта и золо­чёное стекло эффектно сочетались с мрамором. Капители колонн украша­лись резкими, преломля- Пример освещения здания ющими свет рельефами,

АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

и линии орнамента выделялись на глубоком тёмном фоне. Здания име­ли вид больших и малых зал, пере­крытых куполом, или же базилики с боковыми одно- или двухъярусны­ми галереями-нефами. У среднего нефа кровля была выше, чем у боко­вых, и зазоры между центральной и боковыми кровлями служили для внутреннего освещения.

Здание собора Святой Софии в Константинополе (нынешний Стамбул) особенно отличается ис­кусством световых контрастов. Вход в собор оформлен двойным порти - ком, и после его полумрака велико­лепие главного объёма потрясает. Грандиозный купол, перекрываю­щий главный зал, у своего основа­ния по всей окружности прорезан венцом окон, и от этого кажется за­висшим в воздухе, лишённым опо­ры. Так как окна расположены на огромной высоте, свет в соборе рас­сеянный и мягкий. Стены, облицо­ванные штучными панелями из ред­чайших мраморов, и своды, украшенные мозаиками, словно светятся изнутри, создавая мерцающий фон для эмалей, золота и драгоценных камней.

В грандиозном индонезийском святилище Боробудур (VIII—IX вв.) на круглых каменных террасах размещены открыто или в миниатюрных ступах (буддийские символические сооружения) более 100 скульптур Будды, создающие световые эффекты особого сакрального мира.

Для романской архитектуры характерна значительно вынесенная, в сравнении с античной, карнизная плита. Таким способом в условиях диффузного освещения придаётся большая выразительность деталям. Под выносной плитой венчающего карниза ложится мягкая прозрачная тень, в глубине которой играет тонкий рельеф профилировки, а высту­пающие, слегка запрокинутые плоскости модульонов (кронштейнов), освещённые прямым светом, дают энергичный эффект светотени. Ок­на в ранней романской архитектуре обычно были лишены переплетов и стёкол и прикрывались ставнями с отверстиями. Их размещали как можно выше; появились окна второго света, освещающие трифорий — узкие продольные галереи над боковыми нефами.



***Пример освещения здания***

На смену романскому стилю пришло готическое искусство, которое также было преимущественно культовым. Готическая архитектура име­ла каркасную систему, что позволило создать небывалые до тех пор по высоте и обширности интерьеры соборов с огромными стрельчатыми окнами, прорезающими стены. Многоцветные оконные витражи, в узо­рах которых сочетаются красные, синие, жёлтые и бесцветные стёкла,придают внутренним помещениям храмов мистический, ирреальный характер. Игра живописного диффузного света и глубоких теней на ажурных деталях несущих конструкций и рельефах декора создаёт непо­вторимую светоцветовую среду готического интерьера и рождает ощу­щение бесконечной высоты помещения. В эту эпоху (середина XII— XVI вв.) архитекторы широко пользуются принципом делений: окна, арки, контрфорсы и другие архитектурные детали, многочисленные ре­льефы и скульптуры дробят готический фасад, делят его на множество мелких частей по высоте и ширине. За счёт этой дробности возникает зрительный эффект преувеличения размеров. Ажурные гигантские башни, стрельчатые порталы, изогнутые статуи, сложный орнамент фа­сада выражают устремление соборов ввысь. Для создания оптических иллюзий в готической архитектуре использовались законы перспекти­вы: например, в соборах Пуатье, Монреаля, Орбэ верхние открытые га­лереи (хоры) в плане сходятся, отчего возникает ощущение большей глубины.

В эпоху Ренессанса (XIV—XVI вв.) для художников источником вдохновения, знаний и образцом для подражания стала античность. В архитектуре активно использовались формообразующие свойства



***Пример освещения архитектурного ансамбля 206***

света. Так, чтобы усилить эффект перспективного восприятия русто­ванной кладки стен, высоту рядов и глубину рустовки постепенно уменьшали снизу вверх. Большое внимание уделялось фризам, распо­лагавшимся в верхней части здания и на стенах; важной деталью были карнизы, создающие острые эффекты светотени под фронтоном, кото­рый обычно украшался скульптурными композициями в древнегречес­ком стиле. Оконные проёмы в зданиях раннего Ренессанса имеют фор­му одиночных или сдвоенных полуциркульных арок. Оконные стёкла были не цельными, они составлялись из мелких стёкол, набранных в ажурную плоскую свинцовую оправу.

Купола в раннем Ренессансе, по примеру византийского зодчества, имели проёмы по окружности своего основания для освещения внут­реннего пространства.

Освещение через специальные проёмы в куполе использовано в со­боре Инвалидов в Париже (архитектор Ардуэн-Мансар) и в соборе Ма- донна-дель-Локарно, где оно окружает скульптурное изображение Ма­донны с младенцем золотистым сиянием — поистине блестящий обра­зец применения света как средства архитектурной выразительности.

Русские зодчие, строя храмы, также умело применяли свойства при­родного освещения. В древнерусских (как и в византийских) храмах свет всегда имел важное символическое значение. В центральной части, под куполом, всегда образуется мощный столп света, расширяющий пространство храма, придающий особое, возвышенное звучание фрес­кам и мозаикам. Белое облачное небо с его рассеянным освещением — превосходный фон для создания силуэтных композиций.

Увлечение зодчих XX века новыми небывалыми эффектами управ­ляемого искусственного освещения не только не привело к забвению возможностей естественного света, но даже стимулировало разработку новых способов его применения. Ф. Л. Райт, американский архитектор и теоретик архитектуры (1869—1959), положил начало так называемой органической архитектуре. Он рассматривал здание как организм с еди­ным свободно развивающимся пространством, связанным с природной средой. Его здания, тактично вписанные в окружающий ландшафт, от­личаются пластичностью, индивидуальностью облика. Знаменитый «Дом над водопадом» в Пенсильвании (1936) — часть гармоничной, на­сыщенной светом и цветом среды, компоненты которой — небо, лист­ва деревьев, струи водопада и сочетание освещённых и затенённых объ­ёмов.

Один из создателей современной архитектуры Ле Корбюзье (1887— 1965), стремившийся к эстетическому выявлению структуры сооруже­ния, писал: «Архитектор, организуя формы, создаёт гармонию, которая является чистым продуктом его разума; формами он воздействует на на­ши чувства, вызывая в нас эстетические эмоции; созданные им соотно­шения форм пробуждают в нас глубокий отклик, приобщают нас к по­стижению гармонии мира... наши глаза устроены так, чтобы видеть формы освещёнными».

Новые возможности освещения изменили характер зодчества. В ос­нове архитектуры современных промышленных и жилых зданий лежит стремление к свету. С помощью современной осветительной техники можно подчеркнуть одни особенности сооружения и замаскировать другие. Определённым образом направленный свет изменяет пропор­ции, рельеф и весь облик здания. В большинстве случаев дневное осве­щение подчёркивает вертикальные членения здания (особенно в усло­виях диффузного освещения или при низком солнце), а ночное — глав­ным образом горизонтальные.

Искусственное освещение может изменить сооружение или целый архитектурный ансамбль до неузнаваемости. Фантастический образ ночного города, сформированный искусственным освещением, эта све­товая феерия, невозможная в эпохи, предшествующие изобретению электричества, — не только впечатляющее свидетельство технической мощи, достигнутой человеком, но и грандиозное художественное тво­рение, невероятное по силе эмоционального воздействия. Свет создаёт впечатление легкости или прозрачности освещённых зданий, придавая им новые эстетические качества, динамизм и устремлённость ввысь.

В интерьерах зданий искусственный свет увеличивает пространство залов, эффектно выявляет архитектурные детали, создаёт эмоциональ­но значимую светоцветовую среду. Благодаря соответствующему осве­щению можно «вызвать впечатление цвета и формы там, где их нет, и уничтожить это впечатление там, где оно фактически должно быть». Значение света для реализации замысла зодчего так велико, что систе­ма освещения стала важным элементом архитектурного проектирова­ния.

В театре использование архитектурных качеств освещения находит особенно широкое применение. При этом речь идёт не столько об осве­щении фасада театра и зрительного зала, хотя и это важно, сколько о со­отношении освещения интерьеров театра и художественно-постано­вочного света на сцене. Светом выявляют, акцентируют или, наоборот, скрывают те или иные нюансы сценического оформления. В истории



***Пример освещения здания 208***

строительства театральных зданий очень мало примеров специально продуманного постановочного освещения. Архитекторы, проектируя театральные интерьеры, мало задумывались о закономерностях поста­новочного света. Это было вызвано, прежде всего, тем, что само сцени­ческое пространство понималось крайне ограниченно. Оно создавалось большей частью живописными средствами — рисованными декорация­ми, изображающими иллюзорную перспективу, а задачи постановочно­го света сводились к необходимости ровного освещения рисованных задников. Для этого были сконструированы рампа и софиты, делившие сцену на планы и освещавшие задники, занавесы и планшет.

С развитием электрического освещения, появлением новых видов театральной техники роль постановочного света была художественно переосмыслена. Он стал важным фактором формирования атмосферы спектакля, позволил создать более совершенную пространственную перспективу. Эксперименты начала XX века с постановочным светом времён общей «революции театра» в немалой степени способствовали тому, что в театр пришли новые художественные формы и достижения сценографии. Спектакли порой играются при полном отсутствии деко­раций, необходимая художественная среда и обильные эффекты созда­ются с помощью света.

Технический прогресс в области светотехники не только привёл к ху­дожественному переосмыслению роли света в сценическом действии, но и стимулировал архитектурную модернизацию всего театрального здания, зрительного зала и в особенности сцены. Было увеличено коли­чество прожекторов для точечного направления света на софитных подъёмах первого плана и для бокового освещения на фермах и освети­тельных галереях, на софитах заднего плана и арьера сцены.

Выносной свет стали все чаще концентрировать на осветительном мосту или на портале. На сцене, при сохранившемся традиционном расположении источников света, начали устанавливать источники све­та для контрового освещения.

В музыкальных театрах, более консервативных, чем драматические, по-прежнему широко используют живописные задники, и действие, особенно в опере, часто выносится на авансцену. Поэтому больше вни­мание уделяется боковому сценическому свету, шире используется пор­тал. На портале в несколько ярусов устанавливают осветительную аппа­ратуру и боковые фермы, устраивают рабочее место осветителя. Следя­щий свет с портала исключает появление уродливых, искажающих вос­приятие теней — это особенно важно для балетных спектаклей. Почти треть верха сценического пространства занята массивным софитным хозяйством. В старых театрах выносные софиты расположены слишком далеко от планшета, что ограничивает их возможности. Нередко полу­чается так, что из осветительных лож удобнее освещать зрительный зал, чем сцену.

Представляется несомненным, что при проектировании или рекон­струкции театрального здания следует, прежде всего, исходить из задач, связанных с архитектурным обеспечением постановочного света. Ина­че может с опозданием выясниться, что карманы сцены слишком малы, арьерсцена неудобна, а выносной свет надо переделывать.

***й***

Следует ясно понимать, что разнообразие и совершенство освети­ 209



1

I

*а*

ниш

***Пример освещения здания***

тельной аппаратуры, совершенство технических конструкций и новиз­на архитектурных решений — не самоцель, а лишь средство обеспече­ния условий для создания подлинно художественного постановочного света, позволяющего режиссеру и художнику по свету решать эстетиче­ские, творческие задачи спектакля.

Глава 11

**Смешение или сложение цветов**

Художнику по свету необходимо знать результат взаимодействия различно окрашенных световых потоков, точно представляя себе, как изменится цвет тела в том или ином свете. Для этого нужно разбирать­ся в физической природе света.

Ещё в середине XVII века считалось, что цвет есть свойство самого тела, хотя наблюдение показывает, что в зависимости от условий осве­щения нередко наблюдается значительное изменение цвета тел. Хоро­шо были известны цвета радуги и игра цветов в гранёных алмазах, но никто не знал причины этих явлений. Связь между красками радуги и цветом тел была открыта только в замечательных исследованиях Иса­ака Ньютона (1642—1727) в середине XVII века.

Известно, что луч света, проходя на своём пути из одной среды в дру­гую, например, из воздуха в стекло и из стекла в воздух, изменяет своё направление — преломляется. Исследуя с помощью призмы явление преломления, Ньютон обнаружил, что после выхода из призмы лучи разного цвета по-разному отклоняются от своего прежнего пути. В этом состояло его первое открытие: свет различного цвета преломляется по- разному. Мы знаем, что разным цветам соответствуют различные длины световых волн. Обычно преломление — отклонение луча от первона­чального пути — тем больше, чем меньше длина волны: синий цвет пре­ломляется сильнее, чем красный.

Преломляя луч белого цвета, Ньютон получил на экране непрерыв­но окрашенную полоску, в которой переходы цветов от красного к фи­олетовому подобны наблюдаемым в радуге. Это радужное изображение Ньютон назвал спектром. Ньютон пришёл к выводу, что существуют простые цвета, которые не разлагаются при прохождении через призму (не образуют спектра), и сложные, представляющие собой совокуп­ность (смесь) простых. Второе открытие Ньютона заключалось в том, что белый цвет есть совокупность простых цветов. Радуга — это спектр белого цвета. Среди всех составляющих его цветов красный имеет на­ибольшую длину волны, а фиолетовый — наименьшую, поэтому они располагаются на противоположных границах спектра. Свет, приходя­щий от Солнца, называют белым [[8]](#footnote-9), потому что он не выглядит окрашен­ным. Разложив белый свет в спектр, Ньютон затем осуществил и обрат­ный опыт: вновь получил белый цвет смешением всех цветов спектра. Выяснилось, что если при смешении из спектра исключить какой-либо один цвет, изображение окажется не белым, а цветным. Например, ес­ли перекрыть каким-то предметом путь зелёному лучу, то изображение будет красным, если передвинуть препятствие и задержать синий учас­ток спектра, изображение станет жёлтым. Направим луч белого света наэкран, поместив на его пути зеркало или призму, чтобы отклонить часть лучей спектра. На экране получится два цветных изображения: одно об­разовано отклонёнными лучами, другое — всеми остальными лучами спектра. Если цветные изображения отчасти перекрывают друг друга, то общая часть будет белой, потому что её освещают все лучи спектра. Цвета, которые при смешении образуют белый цвет, называются допол­нительными, так как они дополняют друг друга до белого цвета. Два до­полнительных цвета в совокупности могут и не представлять всего спектра, например, дополнять друг друга могут красный и зелёный. Но наиболее совершенными дополнительными цветами являются те, которые получены разделением спектра на две части.

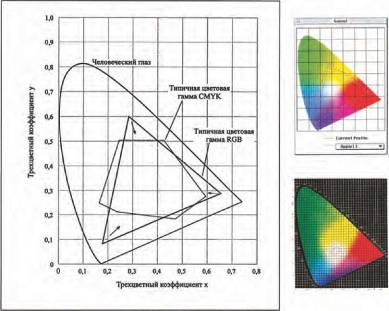
Красный, зелёный и синий цвета называют основными (первичны­ми). Смешивая их, можно получить почти все остальные.

Различают два принципиально разных процесса смешения цветов: аддитивный (сложение) и субтрактивный (вычитание).

**АДДИТИВНОЕ СЛОЖЕНИЕ ЦВЕТОВ**

Красный, зелёный и синий светофильтры выбраны нами потому, что красный, зелёный и синий источники света являются взаимно незави-

Возьмём три прожектора, дающих узкие пучки света. На пути перво­го прожектора перед выходным отверстием установим красный свето­фильтр, на пути второго — зелёный и на пути третьего — синий.



***Смешение цветов***

симыми. Это означает, что цвет каждого из них не может быть получен смешением световых потоков двух остальных. Направим пучки этих ис­точников света на белый рассеивающий экран так, чтобы они частично перекрывали друг друга. В тех местах экрана, где цветовые пучки не пе­рекрываются, мы видим красный, зелёный и синий цвета определённой яркости. Там, где пучки перекрываются попарно, получаются жёлтый, голубой и пурпурный цвета. В центре же, где перекрываются все три пучка, получается белое пятно. Белый цвет в центре получается только при одном совершенно определённом соотношении между яркостями красного, зелёного и синего пятен на экране. Изменим положение цветных источников света относительно белого экрана: например, красный удалим, зелёный приблизим, а синий оставим на месте. Этим мы изменим соотношение яркостей красного, зелёного и синего пятен на экране. В результате в тех местах, где пучки не перекрываются, полу­чатся цвета той же цветности, что и раньше, но несколько иной яркос­ти. Попарно смешанные пучки дадут цвета, отличающиеся от получив­шихся раньше, а в центре вместо белого пятна будет какой-то хромати­ческий цвет. Изменяя различным образом положения взятых цветных источников света относительно белого экрана, мы можем получать раз­личные хроматические цвета спектра, включая пурпурные цвета, кото­рые отсутствуют в спектре. В рассмотренном случае смешение цветов получалось при отражении от белого экрана падающих на него цветных световых потоков и их перемешивании. Тот же эффект можно получать с любыми другими тремя взаимно независимыми цветными световыми потоками. Выбор конкретных взаимно независимых цветных световых потоков определяется наибольшим цветовым охватом, т.е. возможнос­тью получения наибольшего количества смешанных цветов.



Другой способ смешения цветов при отражении света заключается в следующем. Два диска разного цвета, разрезанные по радиусу, встав­ляются один в другой так, что получается диск, состоящий из двух сек­торов разных цветов. Надвигая один диск на другой, можно изменять соотношение площадей секторов взятых цветов. При быстром враще­нии дисков вокруг их центров с помощью небольшого электрического двигателя мы не будем различать составляющих этот кружок цветных секторов.

Цветные секторы быстро следуют один за другим и создают в органе зрения ощущение одного смешанного цвета. Изменяя соотношение разноцветных секторов, можно получить всевозможные смеси, проме­жуточные между взятыми цветами.

Можно привести ещё один способ смешения цветов, основанный на слиянии в органе зрения ощущений от отдельных цветов. На поверх­ность наносятся цветные точки, имеющие разные цвета и расположен­ные очень близко друг к другу. При рассматривании их на достаточно большом расстоянии эти точки не воспринимаются глазом раздельно, а сливаются в одно изображение, соответствующее цвету их смеси. Та­ким способом в текстильной промышленности получают разноцветные ткани, скручивая вместе достаточно тонкие разноцветные нитки. Этим эффектом пользуются и в полиграфической промышленности при из­готовлении цветных иллюстраций.

Вспомним, что излучение ртутной лампы высокого давления состо­ит из нескольких монохроматических излучений разных длин волн: си­них, зелёных и жёлтых. Глядя на зажжённую ртутную лампу, мы не ви­дим отдельных составляющих её излучений и воспринимаем её излуче­ние как суммарное — сине-зелёного оттенка. Смешение цветов, кото­рое получается оптическим путём при сложении в глазу монохромати­ческих световых потоков цветных источников света (ртутная лампа), при отражении или преломлении света, с помощью вращающегося ди­ска или при слиянии очень близко расположенных маленьких разно­цветных точек, называется оптическим или аддитивным (полученным путём сложения) смешением цветов.

На наш орган зрения действуют все составные части, участвующие в создании ощущения того или иного цвета.

Оптическое смешение цветов можно также осуществить следующим способом. Возьмём чистое бесцветное прозрачное стекло и укрепим его вертикально. Слева и справа от стекла расположим по одному цветному образцу — слева синий, справа красный. Если теперь будем смотреть на стекло под некоторым углом, то увидим на фоне поверхности, на кото­рой лежат образцы, цвет смеси обоих образцов — синего и красного. Мы видим цвет смеси потому, что красный цвет наблюдаем сквозь стек­ло, а синий цвет попадает в глаз наблюдателя после отражения от по­верхности стекла. Изменяя положение головы и наклон стекла, можно ослабить долю одного или другого цвета в их смеси. Таким образом, мы увидим цвета, соответствующие смеси этих исходных цветов, взятых в различных пропорциях. Если два смешиваемых таким образом цвета являются взаимно дополнительными, то при некотором положении глаз мы можем увидеть ахроматический цвет.

**ВИДЫ АДДИТИВНОГО СМЕШЕНИЯ**

1. Пространственное — совмещение в одном пространстве различно окрашенных световых лучей (например, декоративное, цирковое, теат­ральное или архитектурное освещение).
2. Оптическое — образование суммарного цвета в органе зрения, то­гда как в пространстве цвета разделены. Примером может служить жи­вопись мелкими штрихами или точками (пуантилизм), пестроткань, кроны деревьев на большом расстоянии.
3. Временное — особый вид оптического смешения. Его можно на­блюдать на приборе для смешения цветов Максвелла (вертушке). Если укрепить на вертушке диски разных цветов и привести её во вращение со скоростью не меньшей 2000 об/мин, цвета дисков станут неразличи­мы в отдельности и образуют некоторый суммарный цвет.
4. Бинокулярное — смешение, которое мы наблюдаем, надев разно­цветные очки. После некоторой борьбы полей устанавливается общая окраска поля зрения для обоих глаз, причём цвет этой окраски равен сумме цветов двух стёкол.

Физическая сущность аддитивного образования цветов — суммиро­вание световых потоков тем или способом.

**СУБТРАКТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ЦВЕТОВ**

Возьмём мощную лампу накаливания, излучающую белый свет. По­смотрим через какой-либо светофильтр (цветное стекло) на светящую­ся нить лампы накаливания. Предположим, что прошедший через этот светофильтр световой поток лампы вызовет у нас ощущение жёлтого цвета. Это означает, что мы взяли жёлтый светофильтр, который из бе­лого света, состоящего из смеси всех цветов спектра, поглотит (вычтет) фиолетовые и синие излучения и пропустит зелёные, жёлтые и красные излучения; они в совокупности и создадут у нас ощущение жёлтого цве-

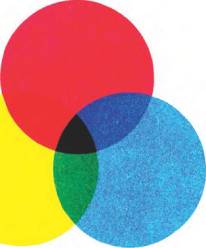
Допустим, что другой светофильтр при рассматривании через него светящейся лампы накаливания даст нам ощущение голубого цвета. Го­лубой светофильтр поглощает из состава белого света красные и оран­жевые излучения, а пропускает фиолетовые, синие и зелёные излуче­ния, которые в совокупности создают у нас ощущение голубого цвета.

Если сложим теперь вместе жёлтый и голубой светофильтры и про­пустим через них световой поток мощной лампы накаливания, то жёл­тый светофильтр поглотит из состава белого света фиолетовые и синие излучения, через него пройдут красные, оранжевые, жёлтые и зелёные излучения. Голубой же светофильтр поглотит из состава света, прошед­шего жёлтый светофильтр, красные, оранжевые и жёлтые излучения. Таким образом, сквозь оба светофильтра пройдут зелёные излучения, и нить лампы представится нам зелёного цвета. Складывая пурпурный и голубой светофильтры, получаем синий цвет, а комбинируя пурпур­ный и жёлтый светофильтры, — красный цвет.

Возьмём три светофильтра: пурпурный, голубой и жёлтый, имеющие форму диска. Сложим эти три светофильтра так, чтобы они частично иерекрывали друг друга. Пропустим сквозь такую комбинацию свето-



фильтров узкий пучок белого света и направим его на белый рассеива­ющий экран. На экране мы увидим картину, представленную на рис. «Субтрактивное образование цветов».



**Субтрактивное образование цветов**

В центре экрана получается чёрное пятно, так как в центральной ча­сти наложены друг на друга все три светофильтра, а в такой комбинации они не пропускают свет. В тех местах, где светофильтры перекрываются попарно, получаются красный, синий и зелёный цвета. На периферии светофильтры не перекрывают друг друга, и мы видим пурпурный, жёл­тый и голубой цвета, соответствующие цветам взятых светофильтров. Из сказанного следует, что, вычитая из белого света соответствующие излучения, можно получить красный, зелёный и синий, а также любые другие цвета. Такой способ образования цвета носит название субтрак- тивного (полученного путём вычитания).

Сущность субтрактивного, или вычитательного, образования цвета заключается в вычитании из светового потока какой-либо его части пу­тём поглощения. Субтрактивный процесс имеет место лишь при вза­имодействии света с материальным телом, например при смешении красок, или наложении прозрачных красочных слоёв (лессировка, глу­бокая печать), а также при всех видах отражения и пропускания света.

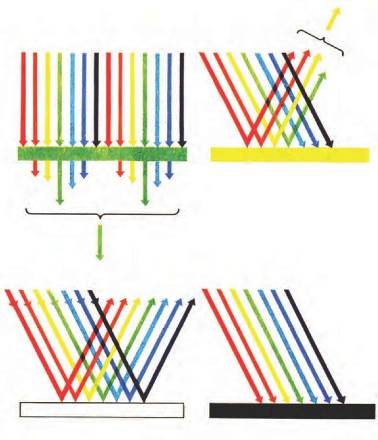
Всякое хроматическое тело (краска, фильтр и другие) отражает (или пропускает) лучи своего собственного цвета и поглощает цвет, допол­нительный к собственному. Для получения всех цветов круга путём суб- трактивного смешения достаточно трёх красок: красной, жёлтой и си­ней. Их называют основными красками в живописи, полиграфии и промышленности.

Предположим, что нужно получить какой-либо цвет субтрактивным способом из белого света. Для этого нужно пропустить белый свет через



светофильтр, который из всего видимого спектра белого света поглотил бы излучения, соответствующие взаимно дополнительному цвету к то­му цвету, который надо получить. В самом деле, если два цвета допол­нительны друг к другу, то, вычитая один из них из белого света, получим второй цвет. Цветовое ощущение, которое мы получаем при наблюде­нии светового потока, прошедшего через светофильтр, определяется излучениями, попадающими в глаз.

Субтрактивный способ образования цветов широко применяется в цветном кино и в цветной фотографии. Субтрактивное образование цветов имеет место при наложении красок на поверхность бумаги, по­лотна или других материалов. Краска представляет собой зёрна одного или нескольких различных пигментов, перемешанных и скреплённых каким-либо связующим веществом. Связующее вещество может быть бесцветным и прозрачным либо обладать избирательным пропускани­ем и некоторым рассеянием. Предположим, что связующее вещество прозрачно и бесцветно. Свет, падая на поверхность краски, частично отразится без изменения цвета от верхнего слоя, остальная же часть све­та войдёт в слой краски. На своём пути световой поток встретит части-



цы пигментов, из которых состоит краска. Проходя через частицы пиг­ментов, световой поток будет частично отражаться и поглощаться ими, но по-разному, в зависимости от физических свойств данного пигмен­та. Ахроматические пигменты (белые, серые и чёрные) поглощают све­товой поток не избирательно, все же остальные — избирательно, то есть изменяют спектральный состав проходящего через них света. Среда (стекло, жидкость), представляющаяся нам окрашенной в зелёный цвет (при освещении белым светом), пропускает из всей совокупности лу­чей, составляющих белый свет, преимущественно зелёные лучи. На ри­сунке на стр. 217 приведены схемы образования окраски предметов.

Цвет краски — результат смешения светового потока, отражённого от поверхности слоя краски и вышедшего после прохождения этого слоя. Образование цвета слоя краски, будучи результатом более слож­ных явлений, не представляет собой субтрактивного образования в чи­стом виде, как это получается при прохождении света через свето­фильтр. Как правило, связующие вещества, применяемые для красок, не бывают совершенно прозрачными и бесцветными, как мы предполо­жили, и это ещё более усложняет процесс образования цвета слоя крас­ки.

**ЦВЕТ В СЦЕНИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ**

Цвет — важнейший фактор в создании живописного образа на сце­не. Условно можно различать изобразительную и выразительную роли цвета, но, по существу, они слиты воедино в конкретном художествен­ном оформлении. Цвета декорации складываются в гармоническую си­стему, благодаря чему зритель может отличить главное от второстепен­ного. Для целостности сценического образа важна связь цветового оформления с тоном окраски одежды сцены. Художественную роль иг­рает цветовой климат спектакля, и он воздействует на эмоциональное восприятие.

**ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА**

В условиях дневного освещения глаз человека способен различать сотни цветовых оттенков, которые плавно переходят друг в друга и об­разуют 8 условных участков:

* фиолетовый — 380-450 нм;
* синий — 450-480 нм;
* голубой — 480-510 нм;
* зелёный — 510-550 нм;
* жёлто-зелёный — 550-575 нм;
* жёлтый — 575-585 нм;
* оранжевый — 585-620 нм;
* красный — 620-770 нм.

(Нанометр (нм) — миллиардная доля метра.)

Глаз человека обнаруживает различие предметов не только по фор­ме, но и по цвету. Способность глаза различать разноцветные излучения одинаковой яркости определяется наличием рецепторов:

* красноощущающих (к-рецепторы);



* зелёноощущающих (з-рецепторы);
* синеощущающих (с-рецепторы).

Различие зрительных ощущений разноцветных излучений одинако­вой яркости определяется различными соотношениями частот импуль­сов тока разных рецепторов. Все цвета делятся на две группы: хромати­ческие, имеющие какой-либо цветовой оттенок, и ахроматические, или серые. Отличительным признаком ахроматического цвета может быть только степень яркости. Белый и чёрный цвета относятся к крайним цветам ахроматического ряда.

Хроматические цвета характеризуются яркостью и цветностью. Цветность определяется двумя параметрами: цветовым тоном и чисто­той цвета. Цветовой тон определяется длиной волны чистого спек­трального цвета, к которому нужно прибавить белый для получения же­лаемого цвета. Чистотой цвета называется степень разбавления спек­трального, чистого цвета белым. Чистота цвета измеряется в процентах. Чистые спектральные цвета имеют чистоту 100%. Чистота 0% соответ­ствует ахроматическому цвету. Любой цвет, разбавленный большим ко­личеством белого, становится ахроматическим.

Если на экран направить, например, пучок фиолетового и пучок бе­лого цветов и постепенно увеличивать мощность белого цвета, то цвет экрана из фиолетового превратится в белёсый, а в пределе окажется со­вершенно белым. Значит, чистота фиолетового цвета уменьшается до 0%, а цвет становится ахроматическим. Это означает, что в нём белого цвета так много, что присутствие спектрального цвета нельзя обнару­жить.

**СТАНДАРТНЫЕ ИСТОЧНИКИ БЕЛОГО ЦВЕТА**

В качестве белого цвета в разных случаях принимаются разные цве­та. Это объясняется тем, что цветовые характеристики материалов зави­сят от спектрального состава падающего на них излучения. В связи с этим возникла необходимость точной стандартизации источников бе­лого цвета. При этом пришлось учитывать, что источники дневного света заметно отличаются от источников искусственного освещения. К источникам дневного освещения относятся всевозможные случаи ес­тественного дневного света со всем многообразием их спектрального состава (от голубого цвета безоблачного неба до красного цвета заката или зари). К источникам искусственного освещения относятся лампы накаливания и другие электрические источники света (газоразрядные).

Стандарты «белых» источников света:

* 1. источник А — лампа накаливания с цветовой температурой 2854 градуса по Кельвину (0 градусов по Кельвину соответствует —273 граду­сам по Цельсию);
  2. источник В (цветовая температура 4900 градусов по Кельвину);
  3. источник С (цветовая температура 6700 градусов по Кельвину).

Источник А хорошо соответствует по цвету искусственному освеще­нию. Источники В и С воспроизводят дневной свет. Осуществляется это с помощью лампы накаливания, соответствующей источнику А, излу­чение которой пропускают через синие фильтры с определёнными спектральными свойствами. Каждый из этих фильтров состоит из двух слоёв жидкости, заполняющей две половины плоскопараллельной кю­веты из бесцветного стекла. Толщина каждой половины — 1 см.

Смешение цветов. Если рассмотреть три основных цвета — R (крас­ный), G (зелёный), B (синий), принятых в качестве стандартных в соот­ветствующей колористической системе, то окажется, что они образуют группу линейно независимых цветов, то есть из двух цветов этой груп­пы невозможно получить третий цвет этой же группы. Один из законов смешения цветов утверждает, что существует бесчисленное множество групп из трёх линейно независимых цветов, но каждые четыре цвета на­ходятся в линейной зависимости. Это означает, что любой цвет может быть получен в результате смешения трёх основных.

Светофильтры.[[9]](#footnote-10) Светофильтры — это прозрачные материалы, кото­рые обладают избирательным пропусканием света. Они пропускают лу­чи определённых цветов и поглощают все остальные. В результате свет, проходящий через светофильтр, окрашивается в цвет, соответствующий сумме пропускаемых цветов. Таким образом, светофильтр сам не созда­ёт какой-либо цвет, а лишь выделяет его из состава цветов, излучаемых источником света.

Источники света, которые используются для цветного освещения, должны иметь в своём спектре все необходимые цвета. В этом отноше­нии наиболее подходящими можно назвать источники света с непре­рывным спектром — лампы накаливания, газоразрядные лампы, ксено- новые лампы. Однако для цветного освещения очень важна также бли­зость спектра источника света к спектру естественного освещения (дневного света). Например, лампа накаливания содержит в своём спектре больше оранжевых, красных, жёлтых и меньше голубых и си­них цветов. Поэтому лампы накаливания удобно использовать с крас­ным, оранжевым, жёлтым светофильтрами, но невыгодно с голубыми и синими. В этом смысле для горизонтного освещения целесообразно, например, использование люминесцентных ламп.

Глава 12

**Психология восприятия цвета**

**§ 1. НАУКА О ЦВЕТЕ**

Проблема цвета всегда была и остаётся актуальной для живописца и художника по свету — для любого, кто использует цвет в своей про­фессиональной деятельности. Решение проблем колорита и цвета бази­руется на глубоком знании и осмыслении опыта, накопленного в этой области.

Феномен цвета сам по себе непрост: он включает в себя как объек­тивное начало (свет), так и субъективное (зрение). Зрение в системе на­ших органов чувств занимает доминирующее положение. Представле­ние человека о мире на 90% состоит из данных, полученных с помощью зрения, и самые важные из них — цветовые характеристики явлений. Изучение механизмов и закономерностей восприятия цвета требует знания оптики, математики, физиологии, психологии. Цвет как явле­ние культуры изучается на стыке философии, эстетики, теории и исто­рии искусства и литературы, этнографии, филологии, археологии. В свою очередь, наука о цвете — цветоведение — находит применение в самых разнообразных отраслях науки и производства, во всех жанрах искусства.

Как и любая наука, учение о цвете имеет три этапа развития. Первый характеризуется эмпирическим подходом к явлениям природы; вто­рой — период научного познания различных частных областей; нако­нец, третий — период создания научных систем. Эти этапы различают­ся толкованием природы цвета.

Философы и художники античности и средневековья в своих сужде­ниях о цвете опирались на опыт, а при выборе цвета руководствовались интуицией.

На следующем историческом этапе Ньютон (1643—1727.) заложил научный фундамент исследований. Его младший современник М.В. Ломоносов (1711—1765) открыл трёхцветную основу цветового зрения и создал учение о цвете. Немецкий живописец Ф.О. Рунге (1777—1810) систематизировал цвета и предложил схему распределения цветов в природе, похожую на глобус. Немецкий физиолог Э. Геринг (1834—1918) разграничил отдельные области учения о цвете. Он выпол­нил подробный анализ значения цветовой памяти и константности цве­та для зрительного восприятия, исследовал процессы адаптации глаза к разным условиям видимости и оценил роль личного опыта в воспри­ятии цвета при меняющемся освещении.

Современный период науки о цвете начинается с Вильгельма Ост­вальда — немецкого физхимика (1853—1932). Этот этап характеризует­ся развитием теории, усовершенствованием колориметрии (методов из­мерения и количественного выражения цвета), систематизацией цве­тов, а также накоплением большого опыта в области цветового оформ­ления пространства.

**§ 2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЦВЕТОВ**

В практике цветовая окраска тел оценивается следующим образом:

1. Основные цвета — это жёлтый, синий, красный, то есть те, из ко­торых теоретически могут быть составлены все остальные цвета. Сме­шение этих трёх основных цветов в определённых соотношениях даёт бесцветность, то есть серый цвет.
2. Составные цвета первой степени — цвета, полученные смешени­ем двух основных цветов. Это, например, оранжевый цвет, получаемый смешением жёлтого и красного; фиолетовый, получаемый от смешения красного и синего.
3. Составные цвета второй степени — цвета, образованные путём смешения составных цветов первой степени. Это, например, красно- бурый, получаемый смешением оранжевого и фиолетового с зелёным; цвет охры — от смешения зелёного с оранжевым и так далее.

Интересна, хотя и не бесспорна, теория цвета И. Гёте, изложенная им в трактате «Учение о цветах» (1810 г.). Великий поэт назвал цвет «продуктом света, продуктом, вызывающим эмоции». Он предложил схему взаимодействия, образования и восприятия цветов — «естествен­ный цветовой круг» (см. рисунок). Это окружность, в которую вписана правильная шестиконечная звезда, составленная из двух равносторон­них треугольников с общим центром («звезда Давида»). На вершинах одного треугольника располагаются основные цвета — жёлтый, синий и красный, на вершинах другого — составные цвета первой степени. На концах каждого из трёх диаметров, соединяющих противоположные вершины треугольников, находятся основной и составной цвета, кото­рые называются противоположными или дополнительными. На дугах,

заключённых между каждыми дву­мя соседними точками (вершина- VV ми треугольников), помещаются

у' / \ X все оттенки составного цвета вто­

/ / \ \ рой степени, образованного соче-

J- V ДФ танием одного основного и одного

/ \ / \ /\ составного цвета первой степени.

I \ / \ / \ кажД°й из этих шести дуг со-

\ / \ / 1 ставные цвета второй степени раз-

X X ные, и окружность в целом пред­

, / \ / \ I ставляет собой непрерывный

\ / \ / \ / спектр всех возможных цветов.

\/ ^ V/ Составные цвета воздействуют

Ж \ \ / /К на нас иначе, чем исходные. Гете

\ / / говорит об этом так: «Если жёл-

\ / у/ тый — первый среди светлых цве-

——тов, и если синий — это покрывало О темноты, то их смешение рождает

Цветовой круг Гёте успокаивающий, выравнивающий зелёный цвет лугов и лесов, в котором исчезает противостояние светло­го жёлтого и глубокого синего. На зелёном глаз отдыхает от цветовых контрастов...». Богатство и разнообразие красок осознается нами как проявление богатства жизни. Безжизненны только чёрно-белые конт­расты.

Художнику по свету полезно знать некоторые закономерности вос­приятия контрастов. Проделайте несколько простых опытов, чтобы иметь возможность учитывать зрительные эффекты в своей работе.

Опыт 1. Если в течение полуминуты рассматривать нарисованный на белой бумаге оранжево-красный круг, вокруг него появится светлый си­не-зелёный ореол. Вокруг красного круга ореол будет зелёного цвета. И наоборот, если всмотреться в зелёную фигуру, то ореол будет красно­ватый.

Если долго смотреть на синий предмет, а потом перевести взгляд на белую стену, то перед глазами возникнет оранжевое пятно (сочетание жёлтого и красного — двух дополнительных к синему цветов). После длительного воздействия чёрного цвета в глазах появляется белое оста­точное изображение.

Назовём это эффектом последовательного контраста.

Опыт 2. Нейтральный серый цвет на красном фоне кажется зелено­ватым, на синем приобретает оранжевый оттенок, а на зелёном — крас­ный.

Этот эффект мгновенного контраста возникает потому, что цвета взаимосвязаны.

Описанный эффект легко наблюдать при освещении смешанным светом. Например, если к белому свету примешивается красный, тени от предметов кажутся зелёными. Если в комнате смешиваются оранже­вый свет электрической лампы и дневной свет из окна, тени — синие.

Противоположные цвета в нашем восприятии всегда сопутствуют друг другу, создавая яркие контрасты.

Опыт 3. Если окружить помидоры зеленью, они будут казаться еще более красными. А на интенсивном красном фоне «потеряют» часть своего цвета и будут выглядеть бурыми, светло-коричневыми.

Для того чтобы яркое изображение хорошо смотрелось на ярком фо­не (такие задачи постоянно приходится решать в рекламе, а порой и в театральных постановках), нужно выбрать цвета разной интенсив­ности. Если яркость основного и фонового тонов будет одинаковой (не­важно, сильной, средней или слабой), контрастность не облегчит, а за­труднит восприятие. Начнется «борьба» двух цветов, и у нас зарябит в глазах. Чтобы читался шрифт, нужно уменьшить силу тона одного из цветов.

**§ 3. ЛЮБИМЫЕ ЦВЕТА**

Замечено, что цветовые предпочтения людей зависят от особеннос­тей местности, где они живут. Так, в лесных краях зелёный цвет привы­чен глазу и не воспринимается как праздничный. Напротив, современ­ный горожанин тоскует по зелёному цвету, который ассоциируется у не­го с отдыхом, бодрит и освежает.

Интересны рассуждения художника К. Петрова-Водкина о том, по какой причине бирюзовый цвет доминирует в среднеазиатском архитектурном декоре: «Наш кумачовый цвет рубах, излюбленный крестьянами, является тем же защитным, дополнительным, да­ющим выход зелёному. И такого красного не встретить у народов среди другой пейзажной расцветки. Кто видел после длинного пути через пустыню песков цвет Аральского моря, тот, наверно, подивился его бирюзе, такой специфичной, что она даже перестает характе­ризовать воду. И после этого, когда столкнешься с бирюзой куполов и стен самаркандских и ташкентских мавзолеев, то поражаешься мудрости человека, так же тонко, как в приро­де, разрешившего выход из однообразия цвета пустыни». (К. Петров-Водкин. «Простран­ство Эвклида»).

У каждого человека есть свои пристрастия в цвете. Личная цветовая шкала, отражение индивидуальности, изменяется в течение жизни. Но отмечаются и общие закономерности. Дети дошкольного возраста предпочитают красный цвет всем другим. У взрослых самый любимый синий цвет, а красный отступает на второе место. Дети гораздо больше взрослых любят интенсивные цвета. С наступлением старости привле­кательными становятся серые и пастельные тона.

Узнать, какие цвета предпочитает человек, можно двумя путями: за­давая ему прямые вопросы или предлагая выбрать приятные глазу цве­та из многоцветного ряда. Вполне возможно, что результаты этих двух тестов не совпадут. По результатам испытаний с цветовыми таблицами установлена типичная для взрослого человека последовательность предпочитаемых цветов. Вот она: синий - красный - зелёный - оранже­вый - фиолетовый - коричневый - пастельные тона - чёрный - белый.

При изменении состояния человека или внешних условий меняется и восприятие цвета. Например, больной лихорадкой воспринимает оранжево-красный цвет не таким ярким, как здоровый человек. Боль­ному этот цвет кажется более светлым, он видит его как бы через жёл­то-красный фильтр.

**§ 4. ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА**

На практике большую роль играет функциональная пригодность то­го или иного цвета. Например, кондитеры ограниченно используют для своих изделий красный и розовый. Это «сладкие» цвета, они могут вы­звать чувство приторности, пресыщенности. Зато холодные зелёный или синий цвета ассоциируются с кислым вкусом, поэтому красные кремовые розочки на тортах «нейтрализуют» зелёными листиками, а са­хар пакуют в голубые или белые с синими надписями коробки. Напро­тив, косметика и парфюмерия в красной упаковке наиболее привлека­тельны для покупателя.

Цвета по-разному действуют на психику. Одни умиротворяют, дру­гие — возбуждают человека. Известно, что буйный душевнобольной ус­покаивается в комнате, где преобладает фиолетовый цвет. Зелёный цвет зрительно удаляет предметы, успокаивает нас, клонит ко сну и мечтам. Для создания беззаботного и весёлого настроения абсолютно не годит­ся красный цвет. Сухость нельзя передать зелёно-синим цветом мор­ской воды. Внутренняя (и внешняя) отделка самолета выполняется в серых и синих тонах, соответствующих цвету воздушного простран­ства. Цвет охры или коричневый исключаются. Они напоминают о зем­ле, и во время полета усиливали бы чувства беспокойства и страха у впе­чатлительных пассажиров.

Цвет известных продуктов прочно ассоциируется с их пригодностью в пищу. Однажды в ходе эксперимента сервированные столы осветили через особые фильтры, искажающие естественный цвет. Теперь мясо казалось серым, салат — фиолетовым, свежий зелёный горошек почер­нел, молоко стало фиолетово-красным, яичный желток — красно-ко­ричневым. У большинства испытуемых пропал аппетит, а некоторым стало дурно, хотя продукты были вкусные и доброкачественные.

Хорошо известно, что от цветового решения интерьера служебных помещений зависит производительность труда. Мы различаем цвета светлые, например, жёлтый, и тёмные — синий, фиолетовый. Жёлтый цвет, светлый, как солнечный день, веселит и радует; сумеречные фио­летово-синие цвета рождают неуверенность. Переходя из жёлтой ком­наты в красную, мы испытываем ощущение душевного подъема, воз­вращаясь в жёлтую, чувствуем себя так, будто стали легче. Оранжевый цвет обычно приводит человека в состояние радостного возбуждения.

Огненно-красный цвет выражает энергию и силу. Если подмешать к нему синий цвет, получается пурпурный, более холодный и спокой­ный. Он исполнен внутренней силы и достоинства. Пурпурная с золо­том одежда или убранство помещения выглядят богато и празднично. Сочетание зелёного с белым дает ощущение свежести; фиолетовый с золотом — пышное и изысканное сочетание, подходящее для оформ­ления торжеств.

Очень многое зависит от оттенка. Тёмно-красный цвет выглядит бо­лее тяжёлым, чем светлый. Розовый с примесью красного кажется паху­чим и нежным. Голубой цвет ассоциируется с небом, лёгкостью, просто­ром. Тёмно-синий — с морской глубью. В комнате с тёмно-синими сте­нами нам бывает грустно. Светлая зелень кажется лёгкой и воздушной, а болотно-зелёный цвет — мягким и тяжёлым. Коричневый цвет земли выглядит жёстким в сравнении с чистым оранжевым.

Зрительные и слуховые впечатления связаны между собой совер­шенно определённым образом. Торжественному реквиему более соот­ветствует коричневатый сумрак собора, а детской песенке — помеще­ние с розовыми стенами. Высокие звуки ассоциируются со светлыми цветами, а мрачные угрюмые звуки притемняют, приглушают цвета в нашем восприятии. И наоборот, в ярком интерьере звуки кажутся рез­че, выше, даже пронзительнее, а в спокойной синей или зелёной ком­нате смягчаются. Поэтому шумные помещения окрашивают в приглу­шённые тона.

Соответствие цвета и звука в начале ХХ в. использовал в своих нова­торских цвето-симфонических произведениях русский композитор А.Н. Скрябин («Поэма огня» и др.).

В нашем сознании существует связь цвета со временем суток. Утрен­ние и вечерние цвета природы различны. Нас охватывает сильное чув­ство, когда день клонится к огненному закату и постепенно через пур­пур переходит к сумеркам, после которых наступает сине-чёрная ночь.

Полная тьма и яркий слепящий свет одинаково лишают нас способ­ности видеть то, что нас окружает. Мы чувствуем беспомощность. Туск­лый свет (например, в тумане) позволяет увидеть лишь расплывчатые очертания предметов, делая их неузнаваемыми, и нас охватывают не­уверенность и тревога. При дневном свете человек чувствует себя уве­ренно. Когда он ясно видит, что его окружает, он забывает страх.

Цвет влияет на нашу способность на глаз оценивать вес. Светлые предметы кажутся более лёгкими, чем тёмно-синие или чёрные.

Но контрастность не исчерпывается противопоставлением тёмного и светлого. Существует понятие контраста тёплых (красно-оранжевых) и холодных (сине-голубых) тонов. Мы воспринимаем эту контраст­ность потому, что красный цвет ассоциируется с теплом огня, а синий — с прохладой воды. При большой интенсивности тёплого цвета у нас воз­никает чувство, что мы охвачены окрашенным пространством и оно со­гревает нас.

Было доказано, что субъективные тепловые ощущения зависят от цветовой среды. При одной и той же температуре помещения сине-зе­лёный интерьер субъективно воспринимается как более холодный по сравнению с охристым или оранжевым (кажущаяся разница температур достигает 3-4 градусов).

Цветовой контраст тёплого и холодного чрезвычайно богат внутрен­ними изобразительными возможностями. На нем строятся живописные противопоставления прозрачного — плотному, успокаивающего — воз­буждающему, жидкого — густому, воздушного — земному, далёкого — близкому, лёгкого — тяжёлому, влажного — сухому.

Для того чтобы зрительно приблизить предмет, его окрашивают в тёплые цвета: красный, оранжевый, охристый, жёлтый. Чтобы зри­тельно удалить задник сцены, применяют холодные цвета.

Составные цвета производят иное впечатление, чем цвета, их со­ставляющие. Так, например, составной цвет из синего и зелёного вовсе не успокаивает, как следовало бы предположить, а напротив, вызывает чувство неуверенности и беспокойства. В этом случае наши глаза бессо­знательно ищут компенсирующий оранжево-красный цвет, как естест­венный дополнительный цвет.

Цвет сам по себе может нести информацию. Условные знаки опас­ности имеют красный цвет, зелёный используется для разрешительных сигналов, сочетание чёрного с белым обычно понимается как призыв к вниманию и используется для путевых указателей.

**§ 5. ЦВЕТОВЫЕ КОНТРАСТЫ**

Правильное представление о цвете можно сохранить только при контрастных сопоставлениях. В этом заключена важная предпосылка к практическому применению цветодинамики.

В природе существуют естественные ряды развития цветов: они ор­ганизуются или логикой и последовательностью цветовых связей в са­мом цветовом круге, или его пространственными связями с чёрным и белым цветами. Если перед лучом света находится что-нибудь мато­вое, то он кажется нам желтоватым; при увеличении матового — крас-



новатым. Если матовое находится перед тёмным, то тёмное кажется нам светло-голубым, переходящим в тёмно-синий. Поэтому небо кажется нам голубым, независимо от того, что в нём нет ничего голубого. Перед чёрным, лишённым света, космическим пространством находится ат­мосфера земли, светопроницаемость которой и создаёт голубой тон. Та­бачный дым на фоне чёрной стены выглядит синеватым.

Если на чёрное положить белую глазурь, то получившийся серый цвет будет холодным, синеватым, но если, наоборот, на белое насыпать чёрный порошок, серый цвет будет тёплым, коричневатым.

**§ 6. ЕСТЕСТВЕННЫЙ ПОРЯДОК ЦВЕТОВ**

Кажется, что в природе нет конца разнообразию красок. Тем не ме­нее здесь царствует твёрдый порядок. Так, кристалл есть свет, воплотив­шийся в объём. При переходе чистого углерода из кристаллического ви­да (алмаза) в некристаллический графит краски выступают только как мимолётный переход между белым и чёрным цветом, светом и мраком.

Окраска минералов никогда не бывает постоянной, а меняется с из­менением их состояния. Например, золото не всегда золотого, жёлтого цвета: в виде тончайшего листа оно зелёно-синего цвета, в коллоидном растворе — рубиново-красное, а горящее лекарственное золото китай­ских фармакологов средневековья производит пятицветную эманацию. Сера имеет жёлтый цвет только при комнатной температуре. На холоде она белая, при нагревании становится жёлтой, затем оранжево-корич­невой и, наконец, в аморфном состоянии — чёрная. Этот переход цве­тов совершается как бы по полуокружности цветового круга от белого к тёмному. Пламя серы имеет фиолетово-синий цвет, противополож­ный жёлтому — нормальному цвету серы.

Цветовой ряд в природе можно наблюдать всюду. Некоторые плоды, например слива, имеют весьма богатую палитру: зелёный — жёлтый — оранжевый — красный — фиолетовый — синий — чёрный; другие, на­пример лимон, — более скромную: зелёный — жёлтый. В животном ми­ре также существует закономерность смены цветов.

Краски окружающей нас природы воспринимаются нами, как нечто само собой разумеющееся.

**§ 7. ЦВЕТОВАЯ ГАРМОНИЯ**

Что такое цветовая гармония? Здесь нет и не может быть однознач­ного ответа. Цветовая гармония — субъективное понятие. Она не под­даётся однозначному определению. Можно сказать, что цветовая гар­мония есть равновесие цветовых сил. Но надо понимать, что существу­ет огромное количество самих типов этого равновесия, типов цветовых связей, способов построения гармонической целостности.

Умение создать цветовую гармонию весьма важно для живописца, художника-орнаменталиста, художника по свету. Именно художники начали первыми изучать искусство гармонии красок. Величайший учё­ный и художник Леонардо да Винчи интересовался и теорией цветовых гармоний, и практикой: он изобретал новые краски. Начиная с эпохи Возрождения, художники собирали эмпирические данные, и, спустя несколько веков, был накоплен достаточный материал для обобщений. Теперь уже учёные задались целью открыть законы составления гармо­ний. Ньютон одним из первых хотел построить цветовые гармонии ис­ходя из длины волны света разных цветов, подобно тому, как музыкаль­ные гармонии строятся с учетом длины звуковых волн. Работа не полу­чила завершения, но осталось сделанное Ньютоном разделение спектра на семь основных цветов (в параллель семи тонам музыкальной гаммы).

После Ньютона попыток теоретического построения гармоний бы­ло сделано много, но ни одна из них не принесла полного успеха.

Исследователи цвета думали над созданием цветовых аккордов с по­мощью портативной модели настройки. Однако тот, кто захочет разре­шать вопросы цветовой гармонии с помощью механических или мате­матических вспомогательных средств, будет разочарован результатом. Определённые цвета гармонируют с чем-либо только в совершенно конкретных условиях.

Например, когда мы говорим, что красное и синее гармонируют друг с другом, особенно, если они разъединены белым, мы правы. Но если, следуя такому принципу, мы окрасим в комнате потолок в красный цвет, стены в белый, а пол — в синий, то она по цвету будет в высшей степени негармоничной. Это свидетельствует о том, что цветовая кон­струкция, найденная на плоскости, не может быть механически перене­сена в пространство, ибо необходим ряд цветовых корректировок.

Гармония цветов не может быть регламентирована никакими кон­кретными правилами. Цветовой круг — это первоисточник, в котором установлен основной порядок цвета, но он, к сожалению, не может слу­жить таблицей расчёта в практическом разрешении вопросов гармонии. Хорошее, гармоничное цветовое оформление зависит не только от ху­дожественного восприятия или хорошего вкуса. В гораздо большей сте­пени оно зависит от конкретно выбранных цветов, от их соотношения с окрашиваемым объектом, от взаимных сопоставлений или противо­поставлений. Когда говорят, что зелёный и синий не подходят друг к другу, то забывают добавить: «Как равноценные части одной плоскос­ти». Мы видим зелёный луг и над ним синее небо, и никто не усматри­вает дисгармонии. Но даже и тогда, когда два соседних цвета органиче­ски следуют друг за другом, например, нежный бирюзовый за тёмно- фиолетовой синевой, особенно когда они ещё обрамлены белым (во­круг бирюзы) или чёрным (вокруг синевы), они выражают динамичес­кое развитие, которое, в определённом отношении, выглядят гармо­нично.[[10]](#footnote-11)

Существует также взаимосвязь цвета и материала (фактуры). Она по­зволяет оперировать в художественно-проектной деятельности, транс­формируя ту или иную реальность внутри поставленной задачи. Так, в природе очень часто бархатные фиолетовые цветы удивительно гар­монируют с гладкими светло-зелёными листьями.

Активные цвета — жёлтый и красный — всегда имеют перевес над пассивными — синим и зелёным, поэтому они желательны только в не­больших дозах.

Цвета взаимно влияют друг на друга. В присутствии дополняющего зелёно-синего цвета красный приобретает предельную выразитель­ность; в сочетании с жёлтым он становится кричащим и воспринимает­ся при этом более тёмным, почти карминным. На чёрном все цвета ка­жутся яснее, на белом — спокойнее. Светлые тона, например жёлтый, на белом фоне мало заметны, на чёрном же — наоборот.

Исследователями не раз предпринимались попытки раскрыть по расположению двух цветов в цветовом круге цветовую гармонию. На­пример, в цветовом круге Гёте противоположные цвета называются гар­моничными, соседние — дисгармоничными, а расположенные дальше по цветовому полукругу — характерными парами.

Чем больше мы лишаем цвета чистоты, затемняем их серым или чёр­ным или, наоборот, осветляем, ослабляем, тем сильнее меняется их ха­рактер и положение среди других цветов. Наконец, противоположные цвета приглушаются и приближаются к серому цвету, находящемуся в центре круга. Здесь речь идёт о гармонической целостности, постро­енной не на контрасте, а на цветовом нюансе или тождестве.

Связи цветов с формами интересно представлены в абстрактных ху­дожественных произведениях. Путём привязки цветов к противопо­ложным формам создаётся особый драматизм. Большую выразитель­ность дополнительным цветам придавал Ван Гог (красно-зелёный для весны; сине-оранжевый для лета; жёлто-фиолетовый для осени; чёрно- белый для зимы). Законы природы как основа для воздействия цвета нередко отвергаются художниками. Так, Гоген сливал похожие краски в общее созвучие; Матисс давал каждому цвету много свободы, но не возбуждал этим цветового антагонизма, а успокаивал.

Василий Кандинский утверждал, что «живопись может развить та­кие же силы, как и музыка». Он называл жёлтое — эксцентрическим, синее — концентрическим («синий круг подобен улитке, которая пря­чется в свой домик»). Воздействие синего усиливается с его потемнени­ем, жёлтого — с его осветлением. Белое — «бездонное отверстие»; чёр­ное — «бесконечной длины стена». Зелёный цвет — земной; синий — «неземного спокойствия», он призывает в бесконечность. Жёлтое не может быть включено в геометрические формы, так как оно становится невыносимым, как «резкий звук трубы». «Серое облако обладает спо­койствием зелёного, без его возможностей». «В красном заложены ки­пение и жар, огромная мужская сила», напоминающая «о фанфарах и трубах». Синим погашается страстность красного. В оранжевом — «ощущение здоровья и солнечной энергии». Обособление цветов при­вело к усиленному изучению их специфических характеров. И фигуры, по Кандинскому, соответствуют цветам: красный цвет — квадрату, си­ний — кругу, жёлтый — треугольнику.

Безусловно, во всех этих высказываниях очень много субъективиз­ма. Но есть и «общечеловеческие» гармонии, которые рождают у самых разных людей одинаковые чувства и ассоциации.

Многочисленные эксперименты показали, что большинство людей находит красивыми одни и те же цвета, в какое бы сочетание эти цвета ни входили (чаще всего красный и синий). Вполне логично красивыми иризнаются также и сочетания излюбленных цветов. Однако в подоб-



ных случаях не возникает гармония в полном смысле слова, ибо цвета не образуют единства. Каждый из них имеет для зрителя самостоятель­ную, «отдельную» ценность, поэтому такого рода воздействие можно определить как гармонию изолированного цвета. Она возникает не как результат сочетания цветов, но как следствие полного соответствия ка­кого-то одного цвета психическим и эстетическим потребностям лич­ности.

Если решается задача составления палитры, выбора цветов, которые должны точно передать замысел и чувства художника, не искажая их ни в каком сочетании, чтобы картина производила желаемое впечатление на зрителя, — то можно говорить о гармонии колорита. Цвета в палитре взаимозаменяемы, причём профессиональная замена одного или не­скольких цветов не уничтожит красоты живописи. В этом случае важно не созвучие отдельных цветов само по себе, а их соответствие представ­лениям художника об изображаемом объекте. Гармония как таковая имеет подчинённое значение.

Но существуют гармонии, созданные не как инструмент, а как само­стоятельное, завершённое целое. Их можно назвать абсолютными гар­мониями. Абсолютная гармония сама по себе есть цель творчества и про­изведение искусства. Ценность ее заключена именно в уникальном со­звучии красок, каждая из которых необходима и незаменима. Гармония такого рода существует только в данном сочетании цветов, и даже ню­анс может ее разрушить, подобно тому, как изменение лишь одной но­ты в гармоничном музыкальном аккорде превращает его в диссонанс. Во многих абсолютных гармониях используется или, лучше сказать, участвует цвет, который считается некрасивым, но без которого гармо­ния исчезает. Так в парфюмерии компонентом духов является порой дурно пахнущее вещество, которое усиливает благоухание остальных ингредиентов и отсутствие которого разрушит гармонию запахов.

Для абсолютных гармоний, в которых участвует более двух цветов, определяющее значение имеет их взаимное расположение. Абсолютная гармония — это тот случай взаимодействия элементов, когда от пере­становки мест слагаемых сумма меняется.

Гармонии изолированного цвета имеют дело с одним, максимум дву­мя чистыми цветами; гармонии колорита включают, кроме ведущих цветов, многочисленные и разнообразные оттенки и цветовые перехо­ды. Абсолютные гармонии содержат от трёх до шести цветов, так как большее их количество слишком сложно и трудно воспринимается.

Хорошее гармоничное оформление зависит от художественного вку­са, от правильно подобранных цветов, от их соотношений, сопоставле­ний и противопоставлений. При художественном световом оформле­нии необходимо учитывать, что каждому цвету свойственна своя эмо­циональная функция. Цвета могут создавать впечатление лёгкости, вы­соты, тяжести, широты, грустного настроения.

**§ 8. ЭМОЦИОНАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦВЕТА**

Эмоционально-психологическое воздействие цвета связано с его не-



посредственным психофизическим воздействием, а также ассоциация­ми, присущими какому-либо цвету, и его исторически сложившимся символическим значением. Несмотря на кажущуюся субъективность воздействия одного цвета на разных людей в зависимости от настрое­ния, характера, восприимчивости, национальных традиций, моды и многих других факторов, объективные исследования показывают, что одни и те же цвета и сочетания цветов вызывают аналогичные или близ­кие эмоциональные реакции. «Сегодня в результате сотен тысяч иссле­дований цвета в США, Европе, России, Африке, Японии, Индии, Ав­стралии известно, что каждый определённый цвет вызывает у любого человека разное впечатление. Оранжево-красный действует на каждого возбуждающе, а синий — успокаивающе. В этом заключена объектив­ная значимость психологии цвета. Индивидуально различной является, однако, личная симпатия, равнодушие или антипатия человека по от­ношению к какому-либо цвету, например, по отношению к возбуждаю­щему оранжево-красному или успокаивающему синему. Тому, кто жаж­дет возбуждения и стимуляции, оранжево-красный симпатичен. Тот, кто перевозбуждён и утомлён, не переносит красного цвета. Он его от­клоняет. Каждый цвет, таким образом, обладает объективным качест­вом восприятия... Подобно тому, как музыка вызывает эмоции, переда­ёт настроение и способна выражать наитончайшие изменения чувств, так же и цвета путём различных цветовых тонов, с помощью различной степени яркости и насыщенности вызывают у каждого человека опре­делённые ощущения. Будет ли для него это ощущение (например, воз­буждение и раздражение при восприятии оранжевого) симпатичным или неприятным, зависит от настоящего состояния, то есть от самочув­ствия человека. Эта субъективная установка по отношению к цвету яв­ляется определяющей в цветовом тесте для оценки индивидуальной личности».[[11]](#footnote-12)

Психологическое воздействие цвета можно признать в значительной степени объективным фактором. Общая тенденция заключается в том, что такое воздействие возрастает по мере увеличения длины волны из­лучения от минимальной в сине-фиолетовой части спектра до макси­мальной в красной части спектра. Этот закон, в частности, подтвержда­ется сравнительными данными кровяного давления. Так, французский специалист Ш. Ферри утверждает, что «цвета по степени возбуждающе­го влияния на людей располагаются в том же порядке, в каком они рас­положены в спектре — интенсивность зрительной чувствительности меняется в зависимости от частоты волны». Этим можно объяснить пе­реход в состоянии человека от спокойствия при фиолетовом цвете до возбуждения при красном. Зелёный, находящийся в середине спектра, — цвет физического равновесия. Это цвет растительного мира, естест­венной среды обитания человечества.[[12]](#footnote-13)

Благодаря объективному воздействию цвета на организм человека в цветовой символике многих народов можно обнаружить соответ­ствия. У монгольских народов белый цвет означал чистоту, благород­ство, милосердие, безмятежность; красный — жизнь, радость и победу; зелёный — процветание и благополучие; синий — верность и постоян­ство; жёлтый — любовь; чёрный — траур, бедствие, зло, смерть. Изо­щрённая цветовая символика присуща английской культуре эпохи Воз­рождения.[[13]](#footnote-14) Так, серый цвет, означавший уныние, ошибку, обман, бед­ность, наготу, зиму, имел в зависимости от оттенка разные значения и названия — цвет пыли, цвет пепла, жемчужный, серый нищенский, серый джентльменский, крысиный, цвет волос молодой женщины. У Шекспира наиболее часто упоминаются пять цветов: белый, чёрный, красный, зелёный и жёлтый. Белый цвет, например, во времена Шекс­пира означал духовность, целомудрие, простоту, невинность, ясность души, истину. Он был также цветом траура, но в Европе с середины XVI в. в это значении утвердился чёрный цвет. Зелёный — любимый цвет Шекспира — символ жизни, цветения, радости, счастья. Разные значения, в зависимости от оттенка, имеет жёлтый цвет. Цвет, близкий к цвету золота, символизировал у англичан свет, благодать, славу, про­свещение, мудрость, избранность, милость, а грязно-жёлтый — цвет глины — символизировал безумие (вспомним, что сумасшедший дом называли «жёлтым домом»).[[14]](#footnote-15) Красный цвет можно назвать любимей­шим цветом эпохи Возрождения. Несмотря на то, что некоторые оттен­ки красного в символическом цветовом коде англичан указывали на зло, главные понятия, которые выражали с помощью красного цвета, это солнце, огонь, могущество, свет. Красный цвет — цвет жизненной энергии, любимый многими народами, вызывает ощущение тепла. Его излучение, соседствующее с инфракрасным, глубоко проникает в чело­веческие ткани и оказывает большое воздействие. М. Дерибере отмеча­ет, что «ношение красных очков спортсменами может в некоторых слу­чаях облегчить достижение ими высоких результатов, повышая реак­цию и выносливость».[[15]](#footnote-16) Вспомним, например, как в сказках «Тысячи и одной ночи» халиф предстаёт в красной одежде — одежде гнева, — чтобы показать крайнее раздражение действиями своего визиря. Сред­невековые европейские врачи при лечении у детей ветряной оспы, скарлатины и некоторых кожных заболеваний рекомендовали завеши­вать окна красными шторами.

Такого рода цветотерапия имеет своих сторонников и в наши дни. Красные лучи дают хорошие результаты при лечении вялых, с выражен­ной анемией, детей. При этом происходит объективное увеличение ко­личества красных кровяных телец, повышение активности ребёнка, увеличивается его рост и вес, улучшается самочувствие. Красные лучи, соседствующие в спектре с инфракрасными, активизируют обмен ве­ществ и кровообращение, стимулируют мозг и эффективны при депрес­сивных состояниях.[[16]](#footnote-17)

Известный тест Люшера основан на предпочтении испытуемым тех или иных цветов в зависимости от психического состояния. Человек, выбирая цвета, неосознанно раскрывает свою сущность.[[17]](#footnote-18)

Оптимистичный душевный фон обусловливает выбор ярких, свет­лый цветов: жёлтого, зелёного, красного. В цветопсихологии существу­ет целый ряд признаков: желание избавиться от страха выдаётся пред­почтением серого и отвержением жёлтого; попытка скрыть невротиче­ский страх — нелюбовью к жёлтому и сине-зелёному; горькое разочаро­вание — человеку нравятся чёрный и коричневый; крайняя степень от­чаяния — выделяются чёрный и жёлтый цвета. Состояние нервной си­стемы превосходно характеризуется отношением к сине-зелёным то­нам. Человек с нервным перенапряжением, постоянно терзаемый стра­хом ошибиться, обязательно наденет на себя что-нибудь сине-зелёное, а в интерьере предпочтёт какое-либо сине-зелёное пятно (картину, на­стенный календарь или что-то в этом роде), ласкающее его взор.

Воздействие цвета на человека, как мы видели, закономерно. Благо­даря этому возможно целенаправленно использовать цвет. Однако на вопрос о том, каково воздействие синего цвета, физик ответит, что си­ний цвет активен, а художник скажет, что синий цвет пассивен. Кажу­щееся противоречие в этих ответах снимается, когда вспоминаешь, что физик под действием синего цвета понимает в первую очередь воздей­ствие электромагнитного излучения. Он исходит из физических зако­нов. Художник же, говоря о цвете, имеет в виду ощущение и воспри­ятие, то есть психологические последствия цветового впечатления.

**Классификация цветов по их психологическому воздействию на человека:**

1. Стимулирующие (тёплые цвета) способствуют возбуждению и действуют как раздражители: красный — волевой, жизнеутверждаю­щий. Кармин — повелевающий, требующий. Киноварь — подавляю­щий. Оранжевый — тёплый, уютный. Жёлтый — контактный, лучезар­ный.
2. Дезинтегрирующие (холодные) цвета, приглушающие раздраже­ние. Фиолетовый — углублённый, тяжёлый. Синий — подчёркивает ди­станцию. Светло-синий — уводящий в пространство, направляющий. Светло-зелёный — подчёркивает движение, изменчивость.
3. Пастельные (приглушённые, чистые цвета). Розовый — нежный, таинственный. Лиловый — замкнутый, изолированный. Пастельно-зе­лёный — ласковый, мягкий. Серо-голубоватый — сдержанный.
4. Статичные, способные успокоить, уравновесить воздействие дру­гих возбуждающих цветов. Чисто зелёный — требовательный, освежаю­щий. Оливковый — успокаивающий, смягчающий. Жёлто-зелёный — обновляющий, раскрепощающий. Пурпурный — изысканный, претен­циозный.
5. Цвета глухих тонов, которые не вызывают раздражения (напри­мер, серый). Белый — гасит раздражение. Чёрный — помогает сосредо­точиться.
6. Тёплые тёмные тона (коричневые) Стабилизируют раздражение, действуют вяло, инертно. Охра — смягчает рост раздражения, Коричне­вый, землистый — стабилизирующий. Тёмно-коричневый — смягчаю­щий возбудимость.
7. Холодные тёмные цвета (тон) — серый, тёмно-синий и зелёно-си- ний. Их воздействие заключается в том, что они изолируют, подавляют раздражение.

Глава 13

**Применение светофильтров для создания световых эффектов (на примере фильтров Rosco)**

Цвет представляет собой самый эффективный инструмент совре­менной театральной светотехники, оказывающий сильное эмоциональ­ное воздействие. Даже в реальной жизни люди зачастую формируют впечатление от своего окружения на основе цветовой гаммы, которой это окружение характеризуется. А в условиях театрального зрелища чув­ствительность к цвету обостряется, и потребность в нём выражается еще ярче.

Для расширения оформительских возможностей театральных ху­дожников по свету промышленность выпускает сегодня великое мно­жество самых разнообразных высококачественных фильтров.

Выбор цвета — пожалуй, самая интересная, сложная и важная зада­ча, стоящая перед художниками по свету в процессе создания световой партитуры любого спектакля. Поскольку цвет играет главенствующую роль в визуальном восприятии действия, неверное решение, принятое на начальном этапе разработки светотехнического сценария, может в дальнейшем погубить всю его идею.

Поэтому при подборе палитры из поистине неограниченного коли­чества доступных сегодня цветов художник по свету должен быть мак­симально собранным, внимательным и проявить весь свой профессио­нализм и талант. Только в этом случае он может рассчитывать на конеч­ный успех.

В красочной палитре художника по свету присутствуют:

* цвет луча источника света;
* фильтры или рефлекторы для изменения цвета луча;
* цвет и структура объекта, на который проецируется этот луч.

Пройдя через фильтры, окрашенный свет отражается от сценическо­го объекта и достигает человеческого глаза, который воспринимает цве­та избирательно. Оптическая схема движения луча (последователь­ность цветовых изменений) должна непременно приниматься во вни­мание при составлении любой программы светового оформления сце­ны. Причем, если цвет сценических объектов чаще всего согласуется режиссёром постановки с художником по свету, то остальные факторы находятся исключительно в ведении последнего. Выбирая тот или иной источник света (светотехнический прибор), можно поставить под кон­троль параметры яркости, контрастности, насыщенности и цветовой гаммы луча, проецируемого на сценический объект.

Опытный художник по свету обычно делает первые заметки по пово­ду будущей световой партитуры спектакля уже при чтении пьесы или сценария. На этом этапе сам текст с авторскими и режиссёрскими ре­марками позволяет определить, в частности, время и место действия всей пьесы и отдельных ее сцен, а также выделить для последующего специального цветового оформления ключевые (наиболее драматичес­кие, трагические, лирические и т.д.) моменты. Даже при том, что свето­вая партитура будет подвергаться многочисленным переработкам в хо­де репетиций и изначально намеченные художником цвета, возможно, не будут использованы в постановке, такое первичное «цветовое про­чтение» пьесы чрезвычайно полезно для создания художником общей эмоциональной картины спектакля.

Фильтры, размещаемые на пути светового потока, являются основ­ным и наиболее эффективным инструментом окраски луча. В совре­менной светотехнике, как правило, используются термостойкие плас­тиковые фильтры, способные противостоять воздействию открытого огня. К примеру, продукция Rosco Supergel включает фильтры более 100 цветов, а также диффузионные фильтры и прочие материалы, с успехом используемые для коррекции цвета и качества светового луча, генерируемого театральными прожекторами и другими приборами.

В отличие от других светотехнических элементов, набор образцов светофильтров в их огромном цветовом разнообразии всегда под рукой. Наборы эти представляют собой комплекты разноцветных гелевых пластинок размером с маленькую записную книжку, что позволяет носить их с собой и постоянно работать с ними в процессе создания спектакля. Нет необходимости держать в голове названия и номера всех фильтров — любой из них может быть быстро найден в таком портативном наборе, поскольку все образцы распределены в нём по спектральным группам, а группы располагаются по принципу «наибольшей популярности». (Естественно, художник выбирает фильтр в соответствии, прежде всего, со своим замыслом, и может вовсе не ориентироваться на его популярность).



За каждой плёночной (гелевой) пластинкой в комплекте следует листок с информацией: наименование и номер фильтра, процентный уровень цветопередачи. Известно, что, пропуская свет через цветной



***Образцы светофильтров***

фильтр, мы ослабляем те или иные спектральные участки и даже можем полностью устранить некоторые из них. Каждый фильтр имеет свою кривую пропускания с максимумом. Для фильтров тёплых цветов максимум кривой (наибольшее количество пропускаемой световой энергии) находится в красной части спектра, для фильтров холодных цветов — в синей.

После того, как цвета выбраны и распределены по спектральным группам, каждая из которых должна получить свое функциональное название (например, «Светло-розовые тона для освещения авансцены»), а также определены все приборы, для которых предназначены те или иные фильтры, необходимо составить общий план светового оформления спектакля. На плане даётся схема расположения приборов с указанием номеров фильтров, которыми должен быть снабжён каждый из них. Если предполагается, что с этим планом будет иметь дело кто-то еще, помимо его составителя, полезно также привести условные обозначения цветов всех указанных фильтров и краткий «сценарий» работы каждого прибора.

Вслед за тем наступает этап проверки взаимодействия всех элементов, предусмотренных планом: художник по свету обязан ясно представить себе (а еще лучше — проверить экспериментальным путем), какой эффект даст применение отдельных элементов и их сочетаний. Цель проверки — увериться в том, что все выбранные цвета будут выглядеть на сцене именно так, как задумано, и никаких неожиданностей или отклонений при регулировке яркости, балансировке или иной настройке светотехнических устройств не возникнет.

Балансировку света и цветоделительную корректуру производят, как правило, на одном (опорном) источнике. Обычно в качестве опорного выбирают источник света, доминирующий в той или иной сцене. Это может быть вольфрамовая лампа (температура нити накаливания 3200°К) либо лампа дневного света (температура газового разряда 5500°К). Используя плёночные или дихроичные светофильтры, можно производить коррекцию цветовой температуры ламп дневного света, газоразрядных ламп или любых других источников света.

Ранее уже говорилось, что существует очень сильная зависимость излучения накалённых тел от температуры. Регулируя силу тока в лампе накаливания с помощью реостата, мы замечаем, что с температурой, во-первых, быстро возрастает яркость нити и, во-вторых, отчетливо изменяется цвет накаливающейся нити: из тёмно-красной она постепенно становится ярко-белой. По цвету раскалённого тела можно судить о его температуре, и наоборот, зная температуру нагрева, можно предсказать цвет излучения. В этом смысле говорят о цветовой температуре (описанный приём определения температуры носит название оптической пирометрии). Цветовую температуру принято определять по шкале Кельвина.[[18]](#footnote-19) Чем ниже температура нагретого тела, тем выше доля красной (янтарной) составляющей в излучаемом свете, а при высоких температурах относительно велика доля голубой составляющей.

Вольфрамовые галогенные лампы, часто называемые кварцевыми, имеют температуру в пределах от 2400 до 3000°К в зависимости от

подаваемого напряжения (номинальная температура 3200°К).

Лампы накаливания имеют цветовую температуру в диапазоне от 2600 до 3000°К.

Номинальная цветовая температура ламп дневного света и фотографических стробоскопов около 5500°К, но она может изменяться от 3500 до 8000°К.

Чем меньше мощность лампы, тем ниже ее цветовая температура. Приборы с галогенной лампой высокой мощности (650—2000 Вт), а также профильные прожекторы направленного света предназначены для воспроизведения более жёстких, чётких и холодных цветов, чем маломощные (200—500 Вт) приборы и прожекторы заливающего света.

Основные мировые производители плёночных светофильтров — ROSCO и LEE. Компания ROSCO (США—Великобритания) предлагает широкий выбор светофильтров для создания различных световых эффектов — Roscolux, Supergel, E-Colour и Cinelux.

Светофильтры Roscolux и Supergel. Наиболее часто используемые фильтры компании Rosco известны в США под маркой Roscolux, а во всех других странах как Supergel. Применение уникальной технологии гарантирует увеличение эффективного срока службы фильтров, устанавливаемых на мощных системах освещения. Фильтры комбинируются из трёх слоев. Цветной слой впечатывается между двумя микроскопически тонкими слоями прозрачной плёнки, которая надежно удерживает окрашенный слой от смещения. Фильтры поставляются в виде листов площадью 50x61 см2 или в рулонах шириной 0,61 м и длиной 7,62 м.

Светофильтры Cinelux представляют собой подборку цветных фильтров из серии Roscolux, которые поставляются в рулонах шириной 1,22 м и длиной 7,62 м и идеально подходят для съёмок видео- и кинофильмов в тех случаях, когда используется крупногабаритное осветительное оборудование, размещённое на больших рамах. Эти светофильтры имеют большой срок службы и наиболее устойчивы к выгоранию.

Светофильтры E-Colour — это фильтры европейского стиля для создания цветовых эффектов и коррекции цвета. Представляют собой современную коллекцию фильтров, предназначенную для тех, кто привык работать с традиционными европейскими фильтрами со стандартной нумерацией и цветовыми оттенками. Каждый фильтр E- Colour изготавливается с помощью уникальной технологии нанесения цветного покрытия с применением полимеров. В результате характеристики этих светофильтров аналогичны или превосходят характеристики европейских марок. Фильтры E-Colour поставляются в рулонах 1,22 м x 7,62 м, или в листах площадью 53x61 см2.

Помимо плёночных светофильтров существуют и стеклянные. Самые совершенные из них по яркости цвета и стойкости — дихроичные. Это высокотемпературные стеклянные фильтры, которые пропускают цвет определённой волны, отражая остальную часть спектра. Так как фильтр не поглощает энергию, передача света намного выше, чем при использовании традиционных плёночных фильтров, и они не смогут сгореть или выгореть. Технология изготовления дихроичных фильтров Rosco Permacolor позволяет получать точный цвет одного и того же фильтра в каждой изготавливаемой партии.

Глава 14

**Светотехника Основные понятия и величины[[19]](#footnote-20)**

СВЕТОТЕХНИКА — область науки и техники, предметом которой является исследование принципов и разработка способов генерирования, пространственного пере­распределения и измерения характеристик оптического излучения, а также преобразование его энергии в другие виды энергии и использование в различных целях.

Предмет изучения светотехники:

* оптическое излучение и его характеристики;
* источники оптического излучения;
* распределение оптического излучения в пространстве;
* преобразование оптического излучения с помощью световых при­боров.

Светотехника включает в себя также конструкторскую и технологи­ческую разработку источников излучения и систем управления ими, ос­ветительных, облучательных и светосигнальных приборов и устройств.

В дальнейшем термин «Оптическое излучение» будет обозначаться сокращённо «ОИ».

Светотехника основана на таких базовых разделах физики как Меха­ника, Оптика, Термодинамика, Колебания и волны, Электричество и других.

Светотехника тесно взаимосвязана с такими фундаментальными дисциплинами как Электротехника, Электроника, Автоматика и про­чих.

Оптическое излучение — одна из форм существования материи в виде электромагнитного поля. Характерной особенностью излучения является корпускулярно-волновой дуализм.

Свет — это поток элементарных частиц, или корпускул, называемых фотонами, которые распространяются в пространстве, подчиняясь вол­новым законам электромагнитных колебаний.

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СВЕТЕ**

Древнегреческие учёные по-разному объясняли природу света.

Пифагор (около 582—500 до н.э.) выдвинул «партикулярную» тео­рию. Согласно этой теории каждый видимый объект излучает непре­рывный поток частиц, которые «бомбардируют» глаз. Пифагор предпо­ложил, что из глаз простираются невидимые щупальца, которыми мы как бы ощупываем предметы и таким образом имеем о них представле­ние, что очень похоже на чувство осязания.

Евклид (320—275 до н.э.) в своей книге об оптике описал поведение света в двенадцати постулатах. Первый постулат гласил: лучи, испуска­емые глазом, перемещаются по прямой линии. Здесь же впервые был изложен закон прямолинейного распространения света. Евклид изучал соотношение между контуром предмета, его тенью и малым источни­ком света. Форма и размер изображения показывают, что проекция об­разуется при помощи прямых лучей.

Аристотель (384—322 до н.э.) выдвинул теорию, отличавшуюся от теории Пифагорейской Школы. Изучая явление преломления света, он заключил, что свет имеет волновую природу.

Попытка установить количественно закон преломления принадле­жит знаменитому астроному Птолемею (около 120 г. до н.э.), но он ис­следовал лишь малые углы, изучая свет от звёздных светил и преломле­ние в атмосфере.

Правильная формулировка закона преломления принадлежит Снел- лиусу (1591—1626) и Декарту (1596—1650), давшему в своей книге «Ди­оптрика» современную формулировку закона преломления.

Весь первый этап учения о свете состоял из исследований, относя­щихся к установлению (как правило, экспериментальному) законов лу­чевой оптики, или геометрической оптики.

Итак, к середине XVII века были установлены Законы геометричес­кой оптики.

**ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ**

**1. Закон прямолинейного распространения света**

В однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Линия, по которой распространяется свет, называется лучом. Световым лучом называют также узкий пучок света.

**2. Закон независимости световых пучков**

Световые лучи при пересечении не возмущают друг друга, т.е. распространяются независимо.

tt

«I

Луч падающий, нормаль к отражающей поверхности и луч отражённый лежат в одной плоскости, причём углы между лучами и нормалью равны между собой: угол падения равен углу отражения.

|  |  |
| --- | --- |
| \ а | N « = |
|  |  |
|  | *///////* |

**4. Закон преломления света**

При переходе из одной среды в другую луч преломляется, при этом луч падающий и луч преломлённый лежат в одной плоскости с нормалью к границе раздела двух оптических сред.

Угол падения а и угол преломления а' связаны соотношением, на­зываемым законом Снеллиуса:

|  |  |
| --- | --- |
|  | Sin а |
|  | — Sin а' |
| ■>4i |  |
| \ " 2 X | *Ш /./* |
| V***Г'*** | -W **х /** |
|  |  |

Коэффициент n — величина постоянная, характеризующая среду, в которой распространяется луч света, не зависящая от углов а и а'. Величина n называется показателем преломления вещества.

Показатель преломления определяется отношением скоростей: C — скорость света в вакууме (я 300 000 км/с); V1 — скорость света в первой среде; V2 — скорость света во второй среде.

n = C/V1 — показатель преломления первой среды; n2 = C/V2 — показатель преломления второй среды.

**n**

Так как скорости света в вакууме и в воздухе различаются всего на 0,03%, показатель преломления воздуха можно приближённо считать равным единице.

= 1

воздуха

Очевидно, что показатель преломления среды всегда больше едини­цы. Чем больше коэффициент преломления среды, тем меньше в ней скорость света, т.е. среда активно воздействует на свет. Такое вещество называется оптически более плотным. Чем меньше коэффициент пре­ломления, тем свободнее через неё проходит свет. Такое вещество будет называться оптически менее плотным.

При переходе луча света из оптически менее плотной в оптически более плотную среду (например, из воздуха в воду) угол преломления меньше угла падения. Преломлённый луч приближается к нормали.

а > а'

При переходе луча света из оптически более плотной в оптически менее плотную среду (например, из воды в воздух) угол преломления больше угла падения. Преломлённый луч отклоняется от нормали.

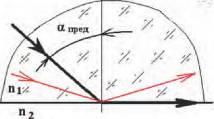
а < а'

При распространении света из оптически более плотной среды в оп­тически менее плотную существует предельный угол падения апред, ког­да преломлённый луч будет скользить по границе раздела двух сред. При превышении апред свет вернётся в первую среду. В этом случае гра­ница раздела сред будет зеркалом для всех лучей, падающих из первой среды на границу раздела под углом, превышающем апред. Это явление называется полным внутренним отражением. При этом вся энергия воз­вращается в первую, более плотную среду.



Полное внутреннее отражение

**N**



П > 1»2

Показатель преломления одной и той же среды будет различным для лучей разного цвета, то есть для разной длины волны; красные лучи бу­дут преломляться слабее, фиолетовые сильнее. Объяснить это можно только волновой природой света.

Второй этап развития учения о свете начинается с конца XVII века — это наступление эпохи Ньютона. Законы механики распространяются на оптические явления: свет есть поток корпускул, летящих прямоли­нейно. Отражение света понималось аналогично отражению упругого шарика при ударе о плоскость.

Английский учёный сэр Исаак Ньютон (1642—1727) первым сфор­мулировал корпускулярную теорию света. Ньютон утверждал, что све­тящиеся тела излучают энергию в виде частиц (или корпускул), которые распространяются по прямой. Попадая на сетчатку глаза, эти частицы стимулируют глазной нерв и, таким образом, мозг «видит» изображе­ние.

Впервые естественный солнечный свет был разложен на составные излучения. В 1666 году в 23-х летнем возрасте Ньютон выполнил свой известный опыт со стеклянной призмой по разложению белого луча. В 1704 г. вышло первое издание его знаменитого труда «Оптика». Ньютон верно определил принцип преломления света: величина угла преломле­ния зависит от длины волны.

Современник Ньютона, нидерландский учёный Христиан Гюйгенс (1629—1695), выступил с другой теорией света, написав «Трактат о све­те» в 1672 г. Световое возбуждение следует рассматривать как упругие импульсы, распространяющиеся в особой среде — ЭФИРЕ, заполняю­щем всё пространство как внутри материальных тел, так и между ними. Гюйгенс выступил автором волновой теории света.

Представление о свете как о волне оказалось чрезвычайно плодот­ворным, позволив объяснить громадное количество эксперименталь­ных фактов и предсказать новые. При этом выяснилось, что геометри­ческая оптика является предельным случаем волновой оптики. Во второй половине XIX века стало ясно, что свет — одно из проявлений электро­магнетизма.

Нарушения законов геометрической оптики, объясняемые волно­вой природой света:

* отклонение от прямолинейного распространения света, не вызван­ное отражением и преломлением, — учение о дифракции;
* взаимное влияние световых волн, их усиление или ослабление при наложении — учение об интерференции;
* отступление от законов преломления и отражения при малых раз­мерах отражающей и преломляющей поверхности;
* при больших значениях интенсивности световых пучков (мощ­ность лазера я 109 Вт/см2) возникают нелинейные явления, описывае­мые квантовой оптикой.

**СПЕКТР ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

При прохождении через призму свет разлагается на составляющие с различными длинами волн. Причина этого явления состоит в том, что скорость света в веществе призмы зависит от длины волны. Соответ­ственно показатель преломления и угол отклонения светового луча призмой также зависят от длины волны.

При разложении белого света, содержащего все длины волн, возни­кает цветовая полоса, которую называют спектром. Отдельные цвета этой полосы называют спектральными цветами. Явление разложения света на составляющие называется дисперсией света.

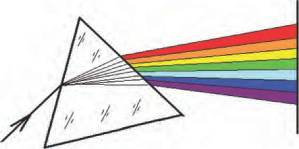
**ЦВЕТА СПЕКТРА**

красный оранжевый жёлтый зелёный голубой синий

фиолетовый

Спектр содержит множество полутонов, смена которых происходит непрерывно. Разделение спектра на указанные выше цвета является ус­ловным. К каждому цвету относится определённый диапазон длин волн.

**Электромагнитное излучение с длинами волн от 380 до 780 нанометров**



непосредственно воспринимается человеческим глазом и называется видимым диапазоном света. Электромагнитное излучение с длинами волн, лежащими вне области 380 х 780 нм, глазом не воспринимается (1 нанометр = 10-9 м).

*Таблица 1*

**Длины волн излучений, испускаемых различными элементами**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Область спектра | Длина волны,нм | Обозначениелиний спектра | Элемент |
| Ультрафиолетовая | 365,0 | i | Hg |
|  | 404,7 | h | Hg |
|  | 434,1 | G' | H |
|  | 435,8 | g | Hg |
|  | 480,0 | F | Cd |
|  | 486,1 | F | H |
| Видимая | 546,1 | e | Hg |
|  | 587,6 | d | He |
|  | 589,3 | D | Na |
|  | 643,8 | C *'* | Cd |
|  | 656,3 | C | H |
|  | 766,5 | A *'* | K |

**Таблица 2 Видимые цвета**

|  |  |
| --- | --- |
| Видимые цвета | Диапазон длин волн,нм |
| Фиолетовый | 380—450 |
| Синий | 450—480 |
| Голубой | 480—510 |
| Зелёный | 510—550 |
| Жёлто-зелёный | 550—575 |
| Жёлтый | 575—585 |
| Оранжевый | 585—620 |
| Красный | 620—780 |

Оптический диапазон электромагнитного излучения включает в себя видимый диапазон, а также два интервала длин волн, непосредственно примыкающих к видимому диапазону с обеих сторон. Это невидимые глазом части инфракрасного излучения и часть ультрафиолетового из­лучения. Таким образом, оптический диапазон составляет 100 — 103 нм.

Смешивая все спектральные цвета, мы снова получаем белый свет. Если же из полного спектра исключить один из цветов, то оставшиеся цвета в комбинации не дадут белого света. Цвет такой комбинации на­зывается дополнительным цветом по отношению к исключённому. Если к дополнительному цвету добавить ранее исключённый, то опять воз­никает белый свет.

**Дополнительными называются смешанные или спектральные цвета, взаимно дополняющие друг друга до белого.**

Твёрдые тела, жидкости или газы при нагревании до определённой температуры начинают излучать в оптическом диапазоне.

**рентгеновское излечение**

7—игнучение / Косяягсескне j I

лу\*п!

/

оптическин диапазон

/

/

\

**радиоволны**

СВЧ полны /

***V t^-f***

Телевидение

\ к '

**видимое излучение**

УФ

ик

ПК

^

УФ

Ilf ' I 100 380 780 to1 610S А, Гнм]

10 L J электро магнитное излучение

При разложении этого излучения возникает спектр испускания, или спектр излучения.

**Непрерывный, или сплошной, спектр:**

Излучение, испускаемое нагретыми телами или жидкостями, обла­дает непрерывным спектром, т.е. содержит все длины волн видимого диапазона без исключения.

**Полосатые спектры:**

При свечении молекулярных газов и паров возникают полосатые спектры, сгруппированные по определённому закону совокупности спектральных линий.

**Линейчатый спектр:**

При свечении атомарных газов и паров в спектре возникает набор от­дельных линий с характерными значениями длин волн, обусловленны­ми структурой электронных оболочек атомов данного элемента.

Смешанный спектр испускается сложными веществами и смесями и представляет комбинацию вышеперечисленных спектров.

10

**Таблица 3 Дополнительные цвета**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исключённый цвет | Красный | Оран­жевый | Жёлтый | Зелёный | Синий | Индиго | Фиоле­товый |
| Цвет остатка | Сине- зелёный | Синий | Фиоле­товый | Пурпур­ный | Оран­жевый | Жёлтый | Жёлто- зелёный |

Количество и расположение линий в спектре излучения вещества за­висят от структуры химического элемента или соединения. По спектру излучения с помощью спектрального анализа можно выявить наличие отдельных элементов в соединении и определить химический состав ве­щества. Именно спектральным анализом пользуются учёные, когда оп­ределяют химический состав звёзд.

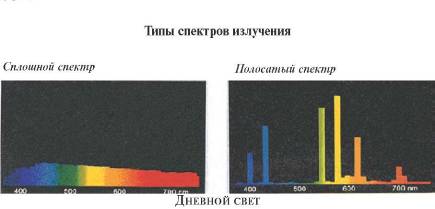
В отличие от спектра испускания, который получается при разложе­нии излучённого телом света, спектр поглощения возникает, когда веще­ство поглощает из белого света отдельные спектральные линии. При этом получается непрерывный сплошной спектр, в котором отсутству­ют отдельные спектральные линии.

Твёрдые тела и жидкости имеют широкие области поглощения. Газы и пары поглощают излучение только с теми длинами волн, которые они сами излучают. Это так называемые линии поглощения. Как и спектр ис­пускания, спектр поглощения используется при спектральном анализе для обнаружения и идентификации веществ.

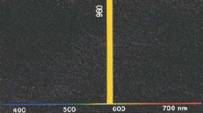
Наиболее изученным спектром поглощения является солнечный спектр. При прохождении света через газовую оболочку Солнца возни­кают многочисленные линии поглощения, которые называются фраун- гоферовыми линиями. Каждая линия соответствует определённой длине волны и имеет своё буквенное обозначение.

**Таблица 4 Фраунгоферовы линии**

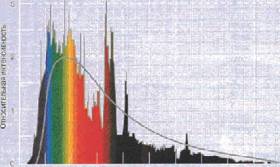
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Линия** | A | B | C | D | E | F | G | H | K |
| **X, нм** | 760,8 | 686,7 | 656,3 | 589,3 | 527,0 | 486,1 | 430,8 | 396,8 | 393,4 |
| Цвет | Тёмно­красный | Крас­ный | Крас­ный | Жёл­тый | Зелё­ный | Сине- зелёный | Синий | Фиоле­товый | Фиоле­товый |



Линейчатый спектр



Смешанный спектр

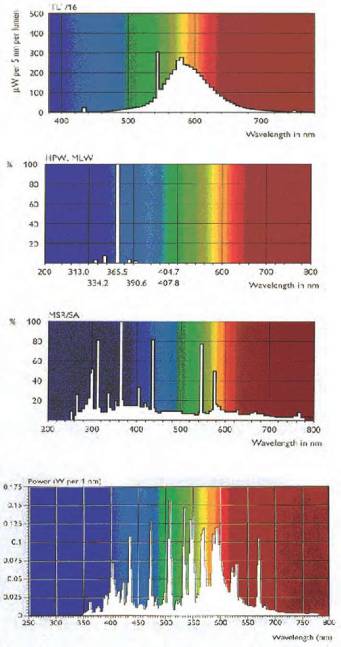


>00 11» W 1fYY! -?ЛП 1Щ 1ЯПГ1 ЯХП ЭТСО ?J(KJ

Л/VIHil ВО/ШБИи

Спектральное распределение силы излучения в диапазоне длин волн от 200 до 2400 нм на примере лампы HMI 4000 Вт, для сравнения: солнечное излучение в Центральной Европы (кривая серого цвета).

**Спектры поглощения**



**§ 1. СВЕТОВЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

Свет — вид электромагнитного излучения, который вызывает зри­тельное ощущение. Светом называют видимый диапазон оптического из­лучения.

Электромагнитное излучение распространяется в пространстве в ви­де электромагнитной волны.

Электромагнитная волна представляет собой распространяющиеся в пространстве возмущения электромагнитного поля. В вакууме электро­магнитная волна распространяется со скоростью света с, в среде — со скоростью U < с.

с = 299 792 456,2 ± 1,1 м/с, - скорость света в вакууме, можно считать с я 300 000 км/с.

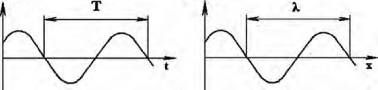
*Таблица 5*

**Скорости света в различных средах (округлённо)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вещество** | V, км/с | **Вещество** | V, км/с |
| Вакуум | 300 000 | Флинтглас | 186 000 |
| Воздух | 300 000 | Сероуглерод | 184 000 |
| Вода | 225 000 | Алмаз | 124 000 |
| Кронглас | 198 000 | Канадский баль- | 198 000 |
|  |  | зам |  |

Электромагнитное поле обладает энергией, следовательно, волна переносит определённую энергию в направлении своего распростране­ния.

Простейшей волной является гармоническая плоская волна: E(x«,t) ЕС\*. t0)



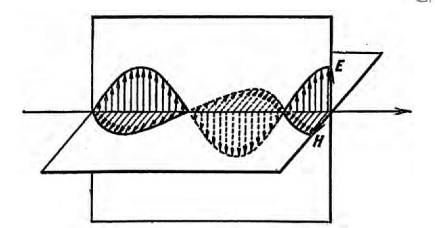
Волна в фиксированной точке Волна в фиксированный момент

пространства времени

Согласно теории электромагнитного поля, разработанной англий­ским физиком Максвеллом (1831—1879), излучение распространяется в пространстве в виде электромагнитной волны, представляющей собой периодическое колебание напряжённостей электрического и магнит­ного полей.

Е — напряжённость электрического поля;

Н — напряжённость магнитного поля.



Е0 — амплитуда волны,

Т — период - минимальное время, при котором Е^0, t) = E(x0, t+T),

Ю — угловая частота, Ю = 2n/T,

V — частота излучения V = 1/Т,

Ф0 — начальная фаза,

U — скорость распространения волны (точнее, фазовая скорость

U = dx/dt),

X — длина волны: минимальное смещение, при котором Еф, t0) = E(x+X, t0), + это пространственный период волны.

Период функции sin равен 2П, следовательно, можно вывести зави­симости между T, Ю, V, X, U :

В случае распространения света в вакууме имеем X • V = с

Монохроматическое излучение — электромагнитное излучение одной длины волны.

Сложное излучение — излучение, состоящее из совокупности разных монохроматических излучений.

Описать эти колебания можно с помощью уравнения гармонической плоской волны:



Вспомним, что отношение скорости света в вакууме к скорости све­та в среде есть:

с

**— = П - показатель преломления среды**

Важно отметить, что при прохождении света через разные среды длина волны X изменяется обратно пропорционально n. Это значит, что оптически более плотная среда будет воздействовать на свет, уменьшая его длину волны. При этом частота излучения света остаётся величиной постоянной.

Свет — это не просто электромагнитная волна, это волна, распро­страняющаяся в пространстве порциями, кратными некоторому значе­нию hV, постоянному для данной частоты излучения. В этом заключа­ются корпускулярные свойства света.

**Минимальная порция энергии монохроматического излучения называ­ется КВАНТОМ энергии. Это понятие было введено немецким физиком Максом Планком (1858—1947) в 1900 году.**

W = hV,

W — энергия кванта, измеряется в Дж (Джоулях),

V — частота излучения, измеряется в Гц = 1/с (Герцах),

h — постоянная Планка, h = 6,626 ■ 10-34 Дж-с.

Ярким примером, подтверждающим квантовую природу света, а также квантовую сущность поглощения и преобразования энергии из­лучения веществом, послужил фотоэлектрический эффект, детально ис­следованный профессором Московского университета А. Г. Столето­вым (1879—1896).

Фотоэффект — явление освобождения электронов вещества под действием света.

Различают

* внешний фотоэффект (или фотоэлектронная эмиссия) — испускание электронов под действием света, Y-излучения и других излучений;
* внутренний фотоэффект (или фотопроводимость) — увеличение электропроводности полупроводников или диэлектриков под действи­ем света.

Экспериментально доказанное в 1890 году профессором П. Л. Лебе­девым (1866—1912) наличие светового давления позволило рассматри­вать излучение как поток материальных частиц, обладающих конечной массой. Академик С. И. Вавилов (1891—1951) в статье «Диалектика све­товых явлений» в 1934 году писал про опыты П. Н. Лебедева: «С этого момента ... свет с полным основанием стал для физика одной из форм движущейся материи, и противопоставление света материи навсегда исчезло в этом синтезе».

В 1905 году А. Эйнштейн (1879—1955), опираясь на накопившиеся к тому времени экспериментальные данные и теоретические работы М. Планка, сформулировал фотонную теорию излучения. Согласно этой те­ории излучение рассматривается как поток частиц, названных А.Эйн­штейном фотонами.



Фотон — элементарная частица материи, существующей в виде элек­тромагнитного поля, а именно в виде излучения (не путать с частицами



в смысле классической физики).

* энергия фотона равна одному кванту W = h-V,
* **скорость движения фотонов есть скорость света C =V-X,**
* масса фотона:

**hv**

- импульс фотона (р = mc ) hv h

Фотон всегда движется со скоростью света, он не существует в состо­янии покоя, масса покоя фотона равна нулю. Итак, следует различать по­нятия фотона и кванта энергии излучения.

Свет — это поток элементарных частиц фотонов, подчиняющихся волновым законам. Корпускулярные свойства света определяются мас­сой движения и импульсами фотонов. Волновые свойства света описы­ваются частотой и длиной волны фотонов.

Корпускулярная теория света объясняет такие явления как фото­электрический эффект, фотолюминесценция, поглощение света и пр.

Волновая теория света объясняет такие явления как дифракция, ин­терференция, поляризация и др.

Для полной качественной и количественной характеристики опти­ческого излучения нет необходимости рассматривать параметры всех фотонов, его составляющих. Даже в излучениях малой мощности содер­жится огромное количество фотонов. Так, например, лампа накалива­ния мощностью 100 Вт ежесекундно излучает в пространство более 5-1020 фотонов.

Оптическое излучение характеризуется следующими величинами:

* Качественная характеристика — спектральный состав излучения, т.е. длины волн присутствующих монохроматических излучений;
* **Количественная характеристика — энергия излучения.**

А именно:

* распределение энергии по времени;
* распределение энергии в пространстве;
* распределение энергии по спектру.

Введём некоторые понятия, необходимые для дальнейших рассуж­дений.

Точечный источник излучения — такой источник, размеры которого настолько малы по сравнению с расстоянием, на котором этот источ­ник рассматривается, что ими можно пренебречь при расчётах.

Протяжённый источник — источник, размерами которого нельзя пре­небречь по сравнению с расстоянием, на котором этот источник рас­сматривается. Различают:

* линейный источник — размер вдоль оси значительно превышает

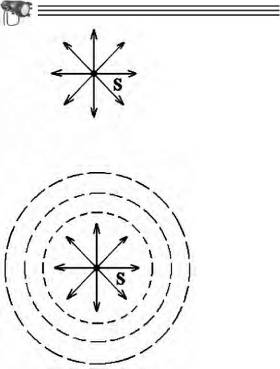
поперечные размеры;

- источник конечного размера — размеры по всем направлениям больше размеров точечного источника.

Луч — линия, по которой распространяется свет. Условно узкий пу­чок света также называется световым лучом.

Расходящийся пучок — лучи, исходящие из одной точки (сечение пучка увеличивается).

Сходящийся пучок — лучи, сходящиеся в одну точку (сечение пучка уменьшается).



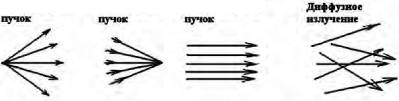
Точечный источник

Распространение света от точечногоисточника — сферический волновойфронт

Параллельный пучок — лучи, распространяющиеся параллельно друг другу (сечение пучка неизменно).

Диффузное излучение (рассеянное излучение) — хаотичное направ­ление лучей, лучи не сходятся и не расходятся.

**Расходящийгн Сходящийся Параллельный**

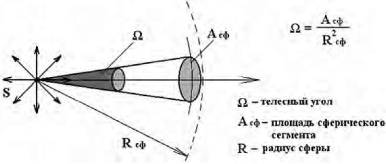


Телесный угол — часть пространства, ограниченная незамкнутой ко­нической поверхностью, с вершиной в точке расположения источника излучения.

Мерой телесного угла с вершиной в центре сферы является отноше­ние площади сферической поверхности, на которую он опирается, к квадрату радиуса сферы.

Единица измерения телесного угла — стерадиан (ср).

1 ср — это такой центральный телесный угол, который вырезает уча­сток сферы, площадью равной квадрату её радиуса.



Воздействие света на глаз или какой-либо другой приёмный аппарат состоит в передаче этому аппарату энергии, переносимой световой вол­ной.

Следует различать общие энергетические величины, характеризую­щие любое электромагнитное излучение, и специальные фотометриче­ские или световые величины. Первые из них характеризуют общие энер­гетические свойства излучения, вторые — выражают субъективное вос­приятие света человеком.

Далее все энергетические величины будем обозначать индексом «е».

We — энергия излучения, единица измерения [Дж],

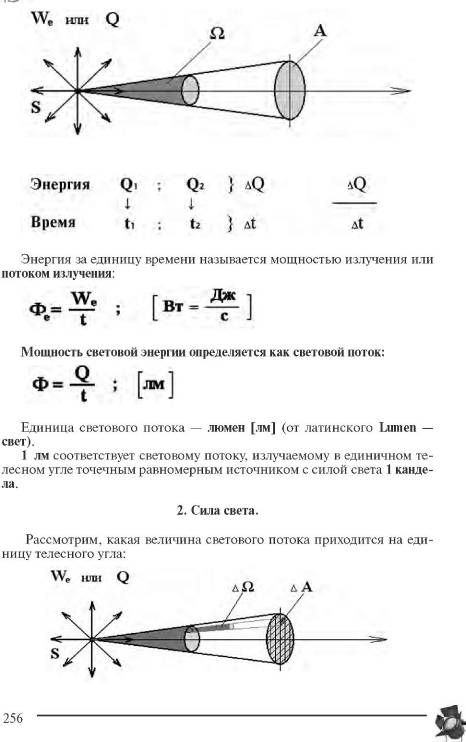
Q — световая энергия, или лучистая энергия, единица измерения [лм-с].

Все остальные обозначения и соотношения в приводимых ниже формулах справедливы как для энергетических, так и для фотометриче­ских величин.

Поскольку в театральном освещении основным приёмником излу­чения является человеческий глаз, то более подробно мы рассмотрим световые величины, учитывающие восприятие света человеком.

**1. Световой поток.**

Возьмем точечный источник, излучающий равномерно по всем на­правлениям. Расположим на пути световой волны, идущей от нашего источника, малую площадку А, и измерим количество энергии, проте­кающей через эту площадку за время t. Существуют разные способы из­мерения: например, покрыть площадку веществом, поглощающим па­дающую энергию (к примеру, сажей), и измерить изменение температу­ры.



Световой поток, приходящийся на единицу телесного угла, в преде­лах которого он равномерно распределяется, называется силой света ис­точника. Другими словами, силой света источника называется про­странственная плотность светового потока в заданном направлении.

**Ф г ЛМ**

т = \* кд

1 П • I ср

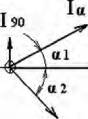
Единица силы света — кандела [кд] (от латинского Candela — свеча).

1 кд соответствует силе света точечного источника, который испус­кает световой поток в 1 лм, распределённый равномерно внутри телес­ного угла в 1 ср. Решением Международной Осветительной Комиссии (МОК) в 1948 году был введён световой эталон силы света. Это специ­альное устройство — излучатель, где осуществляется нагрев и расплав­ление платины токами высокой частоты. 1 кандела равна силе света, ис­пускаемого таким излучателем в перпендикулярном направлении с площади 1/600 000 м2 при температуре затвердевания платины Т = 2045°К и давлении 101325 Па.

До введения нового эталона основной единицей силы света служила свеча (св), равная 1,005 кд, — спермацетовая свеча определённого веса и горящая с определённой интенсивностью.

Величина полного светового потока, испускаемого по всем направле­ниям, характеризует излучающий источник, и её нельзя увеличить ника­кими оптическими системами. Действие этих систем может сводиться лишь к перераспределению светового потока, например, большей кон­центрации его по некоторым избранным направлениям. Таким способом достигается увеличение силы света по данным направлениям при соот­ветствующем уменьшении её по другим направлениям. Таково, напри­мер, действие прожекторов, позволяющих при помощи источников с силой света в несколько сот кандел создавать на оси прожектора силу света в миллионы кандел.

Сила света — один из основных параметров, характеризующих ис­точник. В практике мы имеем дело с реальными источниками, от кото­рых световой поток распространяется неравномерно по различным на­правлениям. Следовательно, значение силы излучения любого точечно­го излучателя должно указываться направлением.



I

1о ось симметрии источника - —

1а 2

Для наглядной характеристики распределения силы света в про­странстве часто пользуются фотометрическим телом излучателя.

Фотометрическое тело — часть пространства, ограниченная поверх­ностью, являющейся геометрическим местом точек концов радиус-век­торов силы излучения по различным направлениям пространства.

Другими словами, если в полярной системе координат построить все радиус-векторы силы света по всем направлениям, то концы этих ради­ус-векторов образуют некоторое пространственное тело, называемое фотометрическим.

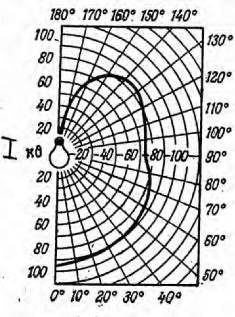
Сечение фотометрического тела плоскостью, проходящей через на­чало координат и источник, оп­ределяет кривую силы света ис­точника для данной плоскости сечения. Если фотометричес­кое тело имеет ось симметрии, источник излучения характери­зуют Кривой Силы Света (КСС) в продольной плоскос­ти. Кривую силы света ещё на­зывают Диаграммой направ­ленности источника.

Кривые силы света различ­ных источников:

**1) Равномерный источник (равнояркий сферический источ­ник) — сила света постоянна по всем направлениям: I = const.**

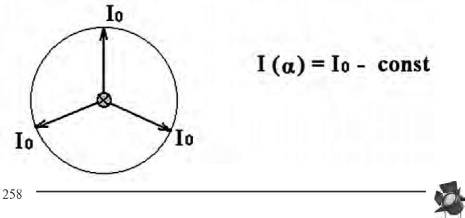
Моделью такого источника является Солнце или равномер­но светящийся шар.

Фотометрическое тело тако­го источника — сфера.



Кривая силы света обычной лампы накали­вания с полным световым потоком Ф =1000 лм:

Кривая силы света — окруж­ность.



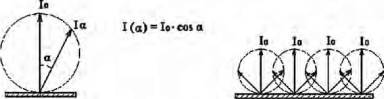
2) Равнояркая плоская поверхность — сила света изменяется по зако­ну I(a) = I0' cos(a). Такой источник называют косинусный источник или Ламбертовый источник. Моделью такого источника является любой экран.

Фотометрическое тело каждой точки источника — сфера.

Кривая силы света — окружность.

2 фотометрическое тело — равномерный объём над плоскостью эк­рана.

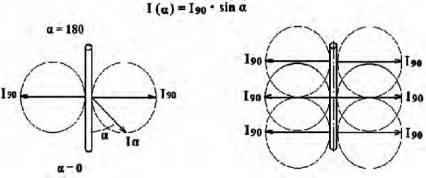
**Равнояркая плоская поверхность**



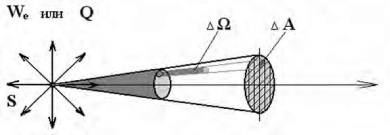
3) Синусный источник — сила света изменяется по закону: I(a) = I90 ■ sin a. Моделью такого источника является светящийся цилиндр с излучающими боковыми поверхностями.

Фотометрическое тело каждой точки источника — тор (баранка). Кривая силы света — две окружности.

2 фотометрическое тело — цилиндрический объём вокруг источни­ка.



Рассмотрим освещаемую площадку А.



**Величина светового потока, приходящаяся на единицу освещаемой по­верхности, называется освещённостью Е. Другими словами, освещён­ность — это плотность светового потока по освещаемой поверхности.**

Освещённость численно равна отношению светового потока Ф к площади освещаемой поверхности А.

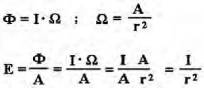
**3. Освещённость поверхности.**

Единица освещённости — люкс (лк).

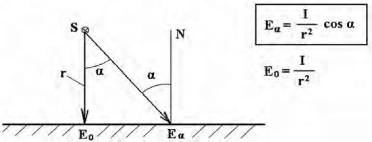
1 лк — это освещённость, создаваемая потоком в 1 лм, равномерно распределённым на поверхности, площадь которой равна 1 м2.



Учитывая, что



Если освещаемая площадка расположена под наклоном к направле­нию освещения, то формула примет вид:



*Таблица 6*

**Нормальная освещённость (в люксах)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Объект** | **Требования к освещению** | | |
| Жилые помещения, общее освещение | Низкие | Средние | Высокие |
| 40 | 80 | 150 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Объект** | **Виды работ** | | | |
|  | Грубая | Средняя | Тонкая | Очень тонкая |
| Производственные помещения, школы | 40 | 80 | 150 | 300 |
| Только общее освещение | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Общее и местное освещение | 100 | 300 | 1000 | 5000 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Объект** | **Интенсивность движения** | | | |
|  | Низкая | Средняя | Высокая | Очень высокая |
| Переходы и лестницы | 15 | 8 | 30 | 30 |
| Улицы и площади | 3 | 8 | 15 | 30 |
| Заводские дворы | 3 | 8 | 15 | 30 |

*Таблица 7*

**Освещённость, создаваемая естественными источниками**

|  |  |
| --- | --- |
| **Источник** | **Е, лк** |
| Солнечный свет летом | 100 000 |
| Солнечный свет зимой | 10 000 |
| Облачное небо летом | 5 000 — 20 000 |
| Облачное небо зимой | 1 000 — 2 000 |
| Полная луна ночью | 0,2 |
| Безоблачное ночное небо (без луны) | 0,0003 |

**Основной закон освещённости — Закон обратных квадратов:**

**Освещённость поверхности, создаваемая точечным источником, прямо пропорциональна силе света источника, косинусу угла падения лучей на по­верхность и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света до освещаемой поверхности.**

Световая экспозиция Н — произведение освещённости на продолжи­тельность освещения.

Н = Е • t [лк • с] , где t — время выдержки (время экспозиции).

Единица экспозиции — люкс-секунда.

Специальные приборы — экспонометры, используемые в фотогра­фии, позволяют определять по освещённости время экспонирования (время выдержки), необходимое для получения световой экспозиции, обеспечивающей желательное почернение плёнки.

**4. Яркость.**

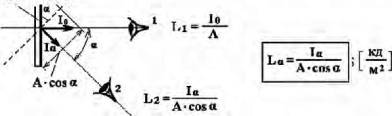
Большинство источников не являются точечными, их размеры хоро­шо различаются глазом. По отношению к таким источникам использу­ют понятие яркости источника. Понятие яркости применимо также к отражающим поверхностям, экранам, которые можно рассматривать как самостоятельные источники, при этом только необходимо правиль­но определить силу света с учётом отражающих свойств поверхностей.

**Яркость — это величина, характеризующая излучение светящейся по­верхности по данному направлению, т. е. она изменяется для данного ис­точника с изменением направления наблюдения.**

**Яркость — это поток, посылаемый в данном направлении единицей из­лучающей поверхности.**

**Яркость участка излучающей поверхности в направлении а - La есть отношение силы света в направлении а к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению:**

**А [К/**



Существуют источники, яркость которых не зависит от направле­ния. Моделью такого источника является матированная поверхность, диффузно отражающая свет во все стороны.



Помимо единицы кд/м2 в научной литературе применяют ряд других единиц, перечисленных ниже:

**Источник**

около 1 х 10-4 1 х 108 2,5 х103 5 х 103 1,5 х104 5 х 104 1,5 — 2 х 106 5 х 106 1,5 х 108 1,5 х 109 4 х 108 1,2 х 109 1 х 1011

*Таблица 8*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название** | **Обозначение** | **Значение в кд/м2** |
| нит | нт | 1 |
| стильб | сб | 104 |
| апостильб | асб | 1/П |
| ламберт | лб | 104/П |

*Таблица 9*

**Яркость некоторых источников света**

**Яркость, кд/м2**

Ночное безлунное небо Неоновая лампа

Полная луна, видимая сквозь атмосферу Пламя обычной стеариновой свечи Ясное дневное небо Газосветная лампа

Металлический волосок лампы накаливания Спираль газонаполненной лампы накаливания Кратер обычной угольной дуги Солнце

Капиллярная ртутная дуга сверхвысокого давления Шаровая ртутная лампа сверхвысокого давления (СВДШ) Импульсная стробоскопическая лампа (ИСШ)

**5. Светимость.**

Светимость характеризует поток, отходящий от светящейся поверх­ности.

Плотность излучаемого (отражаемого) светового потока по площади поверхности излучающего (отражающего) тела принято называть све­тимостью.

Светимость численно равна отношению светового потока, исходя­щего от малого рассматриваемого участка излучающей поверхности (равнояркого элемента), к площади этого участка:



**§ 2. СВЕТОВЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

Все тела непрерывно обмениваются энергией, излучая и поглощая энергию излучения, пришедшую извне. Поток излучения, упавший на поверхность какого-либо тела, частично будет поглощён, частично от­разится от его поверхности, а оставшаяся часть пройдёт сквозь тело. В большинстве случаев при этом изменяется распределение потока излу­чения в пространстве и по спектру.

Отношения отражённого, поглощённого, прошедшего излучения к потоку излучения, упавшему на тело, называют соответственно:

р — коэффициент отражения;

а — коэффициент поглощения;

Т — коэффициент пропускания.

Пусть Фо — поток падающего на тело излучения;

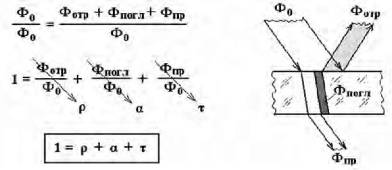
ФоТр — поток отражённого излучения;

Фпогл — поток поглощённого излучения;

Фпр — поток прошедшего излучения.

По закону сохранения энергии: Ф0 = Фотр + Фпогл+ Фпр.

Разделив равенство на Ф0, получим:



Тело, для которого р = 0 , Т = 0 , а = 1 , называется Абсолютно Чёр­ным Телом — АЧТ.

**Абсолютно чёрное тело поглощает все падающие на него лучи независи­мо от длины волны излучения и температуры.**

АЧТ — это идеализированное тело.

Любое тело с температурой, отличной от 0°К, испускает излучение. Такое излучение называется температурным, или тепловым.

При повышении температуры излучателя увеличивается энергия по­ступательного, колебательного и вращательного движения его частиц, вследствие чего растут поток излучения и средняя энергия фотона излу­чения.

Как показывают исследования, вращение молекул вокруг своей оси, играющее основную роль в энергетике молекулы при низкой темпера­туре, создаёт длинноволновые излучения в дальней инфракрасной об­ласти. Колебания ядер молекул вещества, определяющие более высо­кую температуру излучающего тела, создают коротковолновые инфра­красные и длинноволновые видимые излучения. Видимые и ультрафи­олетовые излучения, получающиеся в результате электронного возбуж­дения молекул и атомов, могут возникать при больших значениях кине­тической энергии движущихся частиц; следовательно, их возникнове­ние связано с очень высокой температурой излучающего тела. Таким образом, в результате повышения температуры излучающего тела не толь­ко увеличивается поток излучения, но и изменяется его спектральный со­став.

Поток, испускаемый единицей поверхности излучающего тела, на­зывают излучательной способностью me(A, Т) — это спектральная плотность энергетической светимости (Вт/м2).

Отношение поглощённого потока к падающему есть поглощатель- ная способность Т) тела — это спектральный коэффициент погло­щения тела при температуре Т (очевидно, что поглощательная способ­ность тела зависит от длины волны и температуры).

Закон Кирхгофа (1859 г.) устанавливает соотношение между

**me(A, Т) и а(к, Т):**



= mes(7v, Т)

Отношение излучательной и поглощательной способностей тела не зависит от природы тела и является для всех тел универсальной функ­цией длины волны и температуры. Универсальная функция есть излуча- тельная способность абсолютно чёрного тела mes(A, Т).

Согласно закону Кирхгофа тело, поглощающее сильнее, должно и больше излучать при условии, что сравнение происходит при одинако­вой температуре.

Поглощательная способность АЧТ равна единице as=1.

Поглощательная способность любого реального тела < 1. Следова­тельно, излучение абсолютно чёрного тела превышает излучение любых других тел при данной длине волны и температуре.

-1

Закон Планка (1900 г.) устанавливает зависимость спектральной плотности энергетической светимости чёрного тела от длины волны и температуры:

с2

**Ше$(Я, Т) =ClX 5(е>/Г- 1)**

**сх = 2nhc02 = 3,742 • 10-16 Втм2 с2 = hc0/k = 1,439 • 10-2 мК**

h = 6,626 • 10-34 Дж^с — постоянная Планка с0 = 299792,5 • 103 м/с — скорость света в вакууме k = 1,380662 • 10-23 Дж/К — постоянная Больцмана

Закон Стефана-Больцмана (1879 г., 1884 г.) определяет зависимость между энергетической светимостью чёрного тела Mes (Вт/м2) и его тем­пературой: Mes = ОТ4;

О = 5,67 • 10-8 Вт/(м2 К4) — постоянная Стефана-Больцмана; Mes(T) - энергетическая светимость абсолютно чёрного тела при тремпературе T.

Закон Вина (1893 г.) устанавливает, что произведение длины волны, соответствующее максимуму спектральной плотности энергетической светимости тела, и его абсолютной температуры есть величина постоян­ная:

**Amax • T = b;**

b = 2898 • 103 нм^К — постоянная Вина.

Из закона Вина следует, что при повышении температуры чёрного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости смещается в сторону более коротких длин волн.

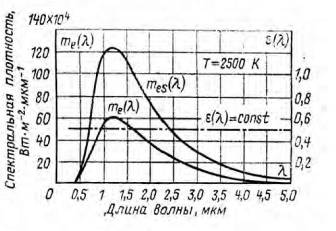
**Из закона Кирхгофа следует, что излучение любого реального тела в любой области спектра не может быть больше излучения чёрного тела в той же области спектра и при той же температуре.**

Любое реальное тело называется серым телом, т. е. его коэффициент поглощения а < 1. Описать излучение серого тела можно законами из­лучения чёрного тела с внесением в них экспериментально установлен­ных коэффициентов,

**me (A, Т) = e (A, Т) • mes (A, Т),**

где e (A, Т) — спектральный коэффициент теплового излучения се­рого тела.

me (A, Т) — центральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела при температуре Т .



Серые излучения характеризуются функцией спектрального распре­деления, подобной распределению по спектру чёрного излучения. Спектральный коэффициент излучения £ (X, Т) серых излучателей оди­наков для любой длины волны.

Избирательное излучение характеризуется зависимостью спектраль­ного коэффициента излучения от длины волны. Избирательно излуча­ющие тела на некоторых участках спектра приближаются по характери­стикам излучения к чёрному излучателю, а на других участках в значи­тельной мере отличаются от него.

X

Итак, АЧТ — идеализированное тело, математическая модель. Мате­риальными моделями, по своим свойствам приближающимися к АЧТ, можно считать сажу, платиновую чернь и, с большим допущением, Солнце. Излучение металлов по мере повышения их температуры при­ближается к свойствам серого излучения с одновременным повышени­ем интегрального коэффициента излучения £ (Т).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **mes** (X, **Т)** | | Площадь А — | поток излучения |
|  |  | Площадь А1 - | - поток, приходящийся на видимую область |
|  |  | Площадь А2 | — поток, воспринимаемый человеческим |
|  |  | глазом |  |
| **A1 A2** | **A** |  |  |

X1, X2

**X1= 380 нм; X2= 770 нм**

Излучение чёрного тела при температуре Т=6500К

Площадь, ограниченная кривой mes (X, Т) и осью абсцисс, соответ­ствует потоку излучения чёрного тела при данной температуре.

Для сопоставления характеристик излучения реального тела и АЧТ часто пользуются методом эквивалентных температур. Этот метод заклю­чается в определении температуры чёрного излучателя при условии эк­вивалентности одной из характеристик его излучения с излучением ре­ального тела. Характеристиками излучения, на основе которых опреде­ляются эквивалентные режимы, приняты следующие: плотность потока излучения (энергетическая светимость), яркость излучения в узкой об­ласти спектра и цветность излучения.

В зависимости от выбора характеристики, по которой производится сопоставление эквивалентности излучения, различают эквивалентные температуры излучения:

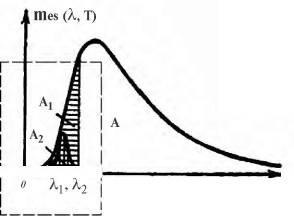
* радиационная (энергетическая) температура Тр;
* яркостная температура Тя;
* цветовая температура Тцв.

Наибольший интерес представляет цветовая температура.

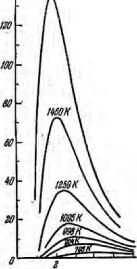
***Кривые распределения энергии в спектре чёрного тела для разных температур.***

**Тцв — цветовая температура — температура чёрного тела, при которой цветность его излучения одинакова с цветностью исследуемого излучения.**

Цветность теплового излучения определяется формой кривой спек­тральной плотности излучения на видимом участке спектра.



**mes (к, Т) тк**



\* &

**к мкм**

На графике видно смещение максимума спектральной плотности энергетической светимости АЧТ при повышении температуры в область коротких длин волн.

Существуют разные способы измерения цветовой температуры. Один из них — ме­тод уравнивания цветности полей сравнения фотоме­тра при помощи регулирования на­пряжения на эта­лонной лампе, из­лучение которой градуировано по цветовой темпера­туре для различных значений напряже­ния на лампе. I I

***X***

**kj= 380 нм; к2= 770 нм**

**§ 3. ПРИЁМНИКИ ЭНЕРГИИ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Приёмником излучения называется некий физический или биоло­гический объект, который преобразует поглощённую световую энергию излучения в другой вид энергии:

* электрическую;
* тепловую;
* биологическую;
* химическую.

Реакция приёмника излучения на падающий поток оценивается эффективной энергией W^. Численно эффективная энергия определя­ется мощностью, током, протекающим в выходной цепи приёмника, или другой величиной, описывающей реакцию приёмника на погло­щённый им поток.

Чувствительность приёмника S определяется отношением эффектив­ной энергии к энергии излучения, упавшего на приёмник:



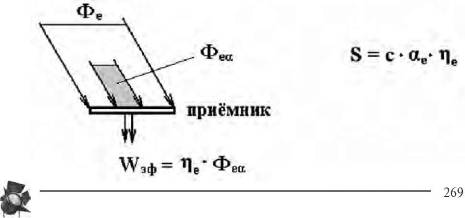
Фе — падающий поток; W^ — реакция приёмника;

с — коэффициент пропорциональности, определяемый выбором единиц энергии реакции приёмника;

Феа — энергия излучения, поглощённая приёмником, ф = ф . а

**^еа ^е е'**

ае — коэффициент поглощения излучения.



- энергетический выход преобразования приемником излучения

Приёмники делятся на неселективные и селективные (от латинско­го селекция — выбор).

Неселективные приёмники — такие, реакция которых зависит только от энергии светового потока и не зависит от его спектрального состава (набора длин волн).

Примеры неселективных приёмников: термоэлемент, болометр (приёмник ИК-излучений на основе термочувствительных сопротивле­ний).

Селективные приёмники — такие, реакция которых зависит не только от энергии светового потока, но и от спектрального состава светового потока.

Примеры селективных приёмников: человеческий глаз, фотоэле­мент, ФЭУ, фотопластинка.

Основными энергетическими характеристиками любого приёмника являются интегральная и спектральная чувствительности.

Интегральная чувствительность приёмника — чувствительность к не- разложенному свету определённого источника излучения.

Коэффициент, характеризующий реакцию приёмника на действие монохроматического потока, называется спектральной чувствительнос­тью приёмника Sk.

Пороговая чувствительность приёмника — способность реагировать на минимальный поток излучения.

**Относительная спектральная чувствительность приёмника Sk :**

**Sk = Sk / Sk max,**

где Sk max — максимальная чувствительность приёмника при длине волны k max.

Рассмотрим человеческий глаз как селективный биологический приёмник излучения.

**ГЛАЗ КАК ПРИЕМНИК ИЗЛУЧЕНИЯ**

Для возникновения целостного зрительного восприятия наблюдае­мого предмета, определяемого его размером, формой и цветом, необхо­димо анализировать сигналы, поступающие от рецепторов (окончания чувствительных нервных волокон) в анализатор, и синтезировать эти сигналы в ощущения, а отдельные ощущения — в восприятие.

**w4**

**Орган зрения состоит из трёх звеньев: периферического, проводнико­вого и центрального. Периферическим звеном органа зрения является**



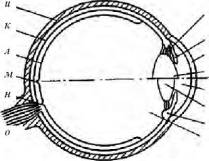
СХЕМА СТРОЕНИЯ ГЛАЗ***А***:а - роговая оболочка; б - передняякамера; в - радужная оболочка;г - хрусталик в аккомодации;д - хрусталик в покое; е -цинновые связки; ж -стекловидное тело;з - цилиарная мышца; и - белковаяоболочка; к - сосудистая оболочка;сетчатая оболочка; м -центральная ямка сетчатки; н -слепое пятно; о - глазной нерв.

глаз, представляющий собой совокупность оптической и световоспри- нимающей систем. Оптическая система глаза создаёт изображение внешнего пространства на сетчатой оболочке. Мышцы оптической си­стемы управляют движением глаза, фокусировкой изображения и регу­лированием его освещённости. Световоспринимающей системой глаза является его сетчатая оболочка, заполненная светочувствительными клетками — зрительными рецепторами.

Проводниковым звеном служит зрительный нерв, с помощью воло­кон которого рецепторы соединяются с клетками затылочной части ко­ры головного мозга, т.е. с центральным звеном органа зрения.

**ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГЛАЗА**

Различие формы наблюдаемого предмета и отдельных его деталей обеспечивает оптика глаза, фокусирующая уменьшенное обратное изо­бражение предмета на поверхность сетчатой оболочки. Преломляющая сила оптики глаза в основном определяется роговой оболочкой и хрус­таликом. Роговая оболочка, имеющая в среднем радиус кривизны пере­дней поверхности 7,7 и задней 6,8 мм и обладающая показателем пре­ломления Пр = 1,37, отделена от хрусталика передней камерой глаза. Камера заполнена водянистой влагой с показателем преломления Пр = 1,33. Хрусталик имеет чечевицеобразную форму с различной кривизной передней и задней поверхностей. Преломляющая сила хрусталика изме­няется в пределах 19—33 диоптрий (диоптрия — единица оптической силы линзы с фокусным расстоянием, равным 1 м). Это изменение происходит за счёт уменьшения радиуса кривизны, в основном его пе­редней поверхности, и взаимного перемещения слоёв тела хрусталика, обладающих различными показателями преломления. Увеличение пре­ломляющей силы оптики глаза для обеспечения чёткого изображения на сетчатой оболочке близко расположенных предметов называется ак­комодацией.



гбд

з

ж

е

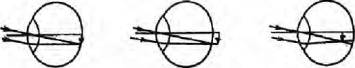
в

а

Изменение кривизны преломляющей поверхности хрусталика и пе­ремещение его слоёв в процессе аккомодации осуществляется под воз­действием аккомодационной (цилиарной) мышцы. Чем ближе наблюдае­мый предмет, тем выпуклее хрусталик, тем больше его преломляющая сила.

Границы аккомодации глаза определяются ближней и дальней точ­ками ясного видения. Ближняя точка ясного видения характеризуется наименьшим расстоянием от глаза наблюдателя до предмета, отчётливо различаемого при максимальной аккомодации. Дальняя точка ясного видения характеризуется расстоянием от глаза до наблюдаемого пред­мета, отчётливо видимого при полном покое аккомодационной мыш­цы. Расстояние между ближней и дальней точками ясного видения называ­ется объёмом аккомодации. Максимальное расстояние для нормального глаза обычно равно бесконечности, минимальное — 8—10 см. Длитель­ная аккомодация на ближнюю точку приводит к утомлению. Без из­лишнего утомления нормальный глаз может наблюдать предметы, на­ходящиеся на расстоянии 25—30 см. Это расстояние называется опти­мальным расстоянием или расстоянием наилучшего зрения. С возрастом ближняя точка отодвигается от глаза, так как ухудшается способность к аккомодации. Если ближняя точка находится дальше 25 см, то для ра­боты на близком расстоянии необходимы очки.

**Недостатки зрения**



Норма

дальнозоркость

близорукость

Для компенсации дальнозоркости необходимы очки с выпуклыми собирающими линзами «+» .

Для компенсации близорукости необходимы рассеивающие линзы

**СВЕТОВОСПРИНИМАЮЩАЯ СИСТЕМА ГЛАЗА**

Зрительные рецепторы глаза — это светочувствительные клетки, расположенные в сетчатой оболочке глаза. Сетчатая оболочка, высти­лающая дно глазного яблока, состоит из переплетения волокон зри­тельного нерва, заканчивающихся светочувствительными клетками двух разновидностей: палочками и колбочками. Толщина сетчатки не превышает 0,4 мм. Именно в палочках и колбочках свет вызывает пер­вичное раздражение, которое превращается в электрические импульсы. Импульсы передаются через ряд промежуточных клеток и выходят из сетчатки по волокнам зрительного нерва. Эти волокна (в числе около нескольких миллионов) передают сигналы в подкорковые центры, а от­туда — в кору головного мозга.

Число рецепторных клеток весьма велико. Количество колбочек до­стигает 7 миллионов, а палочек — 130 миллионов. Распределены они очень неравномерно. Периферия глаза занята почти исключительно па-



лочками; число колбочек на единицу площади возрастает по мере при­ближения к центру глаза. Несколько в стороне от оптической оси глаза, ближе к виску, расположена область, именуемая жёлтым пятном и име­ющая в середине небольшое углубление, «центральную ямку», занятую исключительно колбочками, число которых достигает здесь 13000— 15000. Центральная ямка играет особо важную роль при различении де­талей.

Опыт показывает, что мы ясно видим только те предметы, изображе­ние которых проецируется на жёлтое пятно, и особенно хорошо разли­чаем детали, проецирующиеся на центральную ямку. Когда же изобра­жение падает на периферические части глаза, то, хотя ощущение света отчётливо, различение деталей практически не имеет места.

Глаз может различать лишь те детали объекта, угловые размеры кото­рых не меньше углового расстояния между соседними колбочками и па­лочками. В центральной же ямке плотность колбочек наибольшая, и различение деталей оказывается наилучшим. Именно поэтому при рас­сматривании предмета мы всегда фиксируем его изображение на жёлтое пятно и на центральную ямку.

Поле зрения этих участков невелико. Так, на жёлтое пятно одновре­менно может проецироваться изображение, занимающее по горизонту 8°, а по вертикали 6°. Поле зрения центральной ямки ещё меньше и рав­но 1°—1,5° по горизонту и по вертикали. Однако живой глаз обладает способностью быстро перемещаться в своей орбите — сканировать изо­бражение так, что за очень короткий промежуток времени мы можем последовательно фиксировать большую поверхность.

Глаз как приёмник света сочетает в себе особенности, присущие фо­тографическому и фотоэлектрическому методу регистрации. Одновре­менно с хорошим разрешением воспринимается конечная, но неболь­шая часть изображения. Всё же изображение регистрируется за счёт по­следовательного просматривания. Благодаря этой особенности мы не замечаем ограниченности поля ясного зрения и оцениваем поле зрения глаза по вертикальному и горизонтальному направлениям примерно в 120°—150°.

Светочувствительные клетки соединены с корой головного мозга нервными волокнами. Зрительный нерв входит в сетчатую оболочку на расстоянии 15° от центральной ямки по направлению к носу. Место вхо­да зрительного нерва в сетчатую оболочку лишено светочувствительных клеток, вследствие чего в этой зоне сетчатка нечувствительна к свету. Это место называется слепым пятном (6° х 8°).

Важной особенностью глаза является его способность работать в не­обычайно широком диапазоне освещённостей. Прямые лучи солнца создают на поверхности Земли освещённости порядка 100000 лк, а в темноте глаз может различить поверхность с освещённостью 10-6 лк (это несколько десятков фотонов). Работа в столь обширном диапазоне обеспечивается целым рядом различных механизмов. Почти мгновенно реагирует на резкое увеличение освещённости зрачок: диафрагмируя выходное отверстие глаза, он уменьшает количество света, попадающе­го на сетчатку. При слабом освещении зрачок вновь расширяется.

Каждому на собственном опыте известно, что происходит при быст­ром переходе из светлого помещения в тёмное или наоборот. В первомслучае сначала глаз ничего не различает, пока «не привыкнет к темно­те». При выходе из тёмного помещения освещение в первый момент, пока глаз «не привыкнет к свету», кажется слепящим. Эти явления на­зываются адаптацией глаза — способностью приспосабливаться к очень сильным различиям в освещённости. Отношение яркостей предметов, видимых днём при солнечном освещении, и предметов, видимых ночью (слабые звёзды), достигает 1012: 1. Адаптация осуществляется путём из­менения размера зрачка глаза, диаметр которого колеблется от 2 до 8 мм (площадь зрачка меняется в 16 раз).

При слабых яркостях работают только палочки, поэтому острота зрения и цветочувствительность падают. Различают два вида адаптации — темновую (переход от света к темноте) и световую (переход от темно­ты к свету).

Темновая адаптация — приспособление глаза к работе в условиях низких яркостей поля зрения.

Продолжительность темновой адаптации 1,5—2 часа. При ночном зрении активно реагируют палочки, их максимальная спектральная чувствительность приходится на X = 507 нм. Это сказывается в том, что синие цвета при слабой освещённости начинают казаться светлее, чем жёлтые и красные (в сумерках синее — светлеет, жёлтое — сереет, крас­ное — буреет).

Световая адаптация — приспособление глаза к работе в условиях вы­сокой яркости поля зрения.

Световая адаптация происходит при повышении яркостей в поле зрения. Продолжительность световой адаптации 5—10 мин. При днев­ном зрении активно реагируют колбочки. Их максимальная спектраль­ная чувствительность приходится на длину волны X = 555 нм. Чувстви­тельность палочек к свету значительно превышает чувствительность колбочек.

Величина, обратная световому порогу, называется световой чувстви­тельностью глаза. Световой порог глаза — это наименьшее количество лучистой энергии, вызывающее ощущение света. Для того, чтобы су­дить о способности видеть излучения различного спектрального соста­ва, необходимо оценить чувствительность органа зрения к монохрома­тическим излучениям различных длин волн.

Чувствительность глаза к свету различной длины волны можно оха­рактеризовать относительной спектральной световой эффективностью из­лучения для среднестатистического наблюдателя. Другое название этой характеристики — кривая спектральной видности. Абсциссами этой кривой служат длины волн X [нм], а ординатами — относительные спектральные чувствительности глаза Vx.

где Фэф — эффективный поток, вызвавший реакцию световосприни- 274

Для монохроматического излучения спектральная чувствительность глаза Kx определяется отношением:

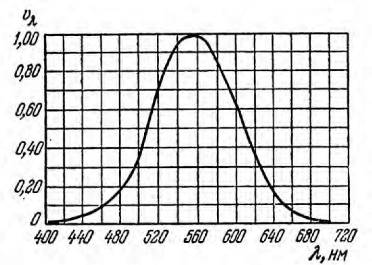


мающей системы глаза;

Фе — поток излучения, достигший световоспринимающей системы глаза.

Приняв в качестве единицы светового потока люмен (лм), получим спектральную чувствительность Kx = 683 лм/Вт для монохроматического излучения с длиной волны X = 555 [нм]. Это опытным путём много­кратно доказанное соотношение: 1Вт потока монохроматического из­лучения с длиной волны X = 555 [нм] равен 683 лм светового потока.

**Кривая относительной спектральной световой эффективности излуче­ния:**



Кривая видности

Относительная спектральная чувствительность глаза Vx определяется отношением спектральной чувствительности глаза Kx к максимальному значению спектральной чувствительности этого же глаза [Kx ]max:



Другими словами, чувствительность среднестатистического челове­ческого глаза зависит от длины волны излучения и имеет максимум в жёлто-зелёной части спектра (550—575 нм). График такой зависимости — «кривой видности» — определяет, сколько люменов «видимого света» несёт в себе каждый ватт лучистой энергии монохроматического (одно­цветного) излучения той или иной длины волны. При идеальном (без потерь) преобразовании электроэнергии в свет кривая видности как раз и покажет максимальную световую отдачу источника света заданногоцвета излучения. Так, для 555 нм мы получим «абсолютный рекорд» световой эффективности — 683 лм/Вт, а, скажем, для 635 нм (красные цвета) — всего 180 лм/Вт.

Несмотря на субъективность таких оценок, воспроизводимость их достаточно хороша, и кривая видности, как показывают измерения, не сильно меняется при переходе от одного наблюдателя к другому. Лишь у немногих людей глаза заметно отклоняются от нормы.

На основании многочисленных измерений установлен вид кривой видности, характеризующий средний нормальный глаз. Кривая имеет максимум при X = 555 нм (зелёный цвет). Численные значения орди­нат этой кривой приведены ниже в таблице. Из этой таблицы видно, что, например, для X = 760 нм (красный) требуется мощность при­мерно в 20 000 раз большая, чем для X = 550 нм, чтобы вызвать оди­наковое по силе зрительное ощущение.

**Таблица 1 Значения видности V2**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| X, нм | **V2** | X, нм | **V2** | X, нм | **V2** |
| 400 | 0,0004 | 520 | 0,710 | 640 | 0,175 |
| 410 | 0,0012 | 530 | 0,862 | 650 | 0,107 |
| 420 | 0,0040 | 540 | 0,954 | 660 | 0,061 |
| 430 | 0,0116 | 550 | 0,995 | 670 | 0,032 |
| 440 | 0,023 | 560 | 0,995 | 680 | 0,017 |
| 450 | 0,038 | 570 | 0,952 | 690 | 0,0082 |
| 460 | 0,060 | 580 | 0,870 | 700 | 0,0041 |
| 470 | 0,091 | 590 | 0,757 | 710 | 0,0021 |
| 480 | 0,139 | 600 | 0,631 | 720 | 0,00105 |
| 490 | 0,208 | 610 | 0,503 | 730 | 0,00052 |
| 500 | 0,323 | 620 | 0,381 | 740 | 0,00025 |
| 510 | 0,503 | 630 | 0,265 | 750 | 0,00012 |
|  |  |  |  | 760 | 0,00006 |

Светочувствительные элементы — палочки и колбочки — играют различную роль в зрительном ощущении. Палочки гораздо более чув­ствительны к свету, и в темноте (сумерках) зрительное ощущение полу­чается за счёт раздражения именно палочек. Колбочки же, будучи менее светочувствительными, обеспечивают способность к цветному зрению.

Цветное зрение — это способность различать излучения различного спектрального состава независимо от их интенсивности. При слабом освещении работают только палочки, и способность цветоразличения теряется.

Цветоразличение у колбочкового аппарата такое же, как у системы, состоящей из трёх светочувствительных приёмников с различными спектральными чувствительностями. Колбочки бывают трёх видов: красноощущающие (К-рецепторы), зелёноощущающие (З-рецепторы) и синеощущающие (С-рецепторы). Комплекс зрительного ощущения, определяемый общим уровнем возбуждения органа зрения и соотноше­нием уровней возбуждения трёх его КЗС-рецепторов, принято называть

**ощущением цвета.**

Ощущение цвета можно условно делить на две составляющие: коли­чественную — светлоту — и качественную — ощущение цветности. Ус­ловность этого деления заключается в том, что в действительности ощу­щение цвета любого излучения едино.

Деление на качественную и количественную составляющие ощуще­ния цвета лежат в основе современной колориметрии — науке о количе­ственном выражении цветов и их измерении. Степень различия и усло­вия равенства ощущений цветности устанавливаются эксперименталь­но зрительным сопоставлением двух оптически смежных полей сравне­ния, заполненных равнояркими и разноспектральными излучениями. Подобные эксперименты называются колориметрическими.

Примером возможности возникновения одинаковых ощущений цветности от разноспектральных излучений могут служить белые излу­чения: равноинтенсивные и состоящие из двух монохроматических из­лучений — дополнительных цветов. Таких белых излучений, получен­ных в результате смеси двух монохроматических излучений, может быть очень много. Тождественность ощущений разноспектральных излуче­ний возникает в результате одинакового соотношения уровней возбуж­дения КЗС-рецепторов органа зрения. Излучения, вызывающие одина­ковые ощущения цветности, принято называть одноцветными. Качест­венную характеристику излучения, определяемую различием соотно­шения уровней реакции трёх приёмников среднего глаза, принято на­зывать цветностью.

Средним глазом называют гипотетический трёхкомпонентный при­ёмник, спектральная чувствительность каждого компонента которого зависит только от длины волны и с достаточной точностью воспроизво­дит стандартизованные средние значения спектральной чувствительно­сти КЗС-рецепторов органа зрения человека в относительных едини­цах.

Итак, цветность излучения определяется его спектральным соста­вом, причём одинаковой цветностью могут обладать излучения с раз­личными спектральными составами. Наряду с этим заданному спек­тральному составу излучения соответствует единственно возможная цветность, так как любой заданный спектральный состав однозначно определяет соотношение уровней реакции КЗС-приёмников среднего глаза.

Для комплексной качественной и количественной оценки излуче­ния по аналогии с комплексной оценкой зрительного ощущения вводят понятие о цвете излучения. Цвет следует рассматривать как некоторое свойство излучения, определяющее результат его действия на средний глаз по ощущению цветности и светлоты. Следовательно, цвет излучения ха­рактеризуется его яркостью и цветностью.

Излучения, обеспечивающие тождественность зрительного ощуще­ния, принято называть одинаковыми по цвету. Возможность установле­ния зрительного тождества разноспектральных излучений позволяет сделать вывод о наличии в природе одинаковых по цвету излучений с различными спектральными составами.

Наиболее характерным примером различия ощущения по цветовой тональности является разноцветность монохроматических излучений.



ощущение цвета

**Источник излучения**

**Средний глаз**



Цвет излучения

1. Яркость

1. Светлота

количественная

характеристика

2. Цветоощущение (ощущение цветности)

* цветовая тональность

2. Цветность

качественная

характеристика

* цветовой тон
* чистота цвета
* цветовая насыщенность

Цветовая насыщенность определяется степенью различия ощущения цветности заданного излучения от ощущения цветности белого. Цвето­вой тон излучения применим для оценки качества не только монохро­матических излучений, но и любого излучения со сложным спектром.

Экспериментально установлено, что возможно тождественное вос­произведение любого цвета смесью белого с монохроматическим. В со­ответствии с этим цветовой тон любого излучения обозначают длиной волны того монохроматического излучения, которое в определённой пропорции смеси с белым обеспечивает зрительное тождество с иссле­дуемым излучением. Долю монохроматического излучения, которое обеспечивает в смеси с белым зрительное тождество с исследуемым из­лучением, называют чистотой цвета «р».

Трёхмерность цвета излучения и ощущения цвета определяется трёх- компонентностью органа зрения как приёмника излучения. Разработа­ны специальные математические системы для оценки и записи цвета как некоторой трёхмерной величины, характеризующей действие излу­чения на средний глаз.



**§ 4. ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Источник света — излучатель электромагнитной энергии в оптичес­ком диапазоне спектра.

Различают естественные источники света — небесные светила, при­родные явления (атмосферный электрический разряд) — и искусствен­ные источники.

Искусственным источником оптического излучения называют уст­ройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в электромагнитное излучение оптического диапазона: (X = 1-106 нм).

Напомним:



В зависимости от изменения длин волн и частот значительно меня­ются свойства излучений, определяемые энергией фотона Объ­единение излучений в группу оптического диапазона объясняется единством принципов возбуждения оптических излучений и общнос­тью методов их преобразования и использования. Границы этого объ­единения условны и могут иметь небольшие разночтения в разных ли­тературных источниках.

Наибольшей частью оптической области является участок инфра­красных излучений с малыми значениями энергии фотона. Вследствие этого инфракрасные излучения (ИК) в основном обнаруживаются по их тепловому действию. ИК-излучения широко используются для на­грева и сушки, для приготовления пищи. С помощью электронно-опти­ческих преобразователей ИК-излучения возможно зрительное воспри­ятие в темноте — приборы ночного видения. В отличие от ИК, ультра­фиолетовые излучения (УФ) обладают наибольшими значениями энер­гии фотонов. УФ-излучения очень активно вступают во взаимодействие с веществом.

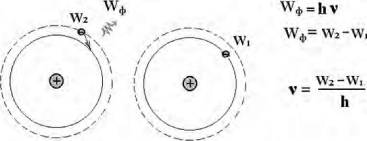
Электромагнитное излучение всех длин волн обусловливается коле­баниями электрических зарядов, входящих в состав вещества, т.е. элек­тронов и ионов. При этом колебания ионов, составляющих вещество, соответствуют излучению низкой частоты (инфракрасному; малая час­тота ^ длинные волны) вследствие значительной массы колеблющихся зарядов. Излучение, возникающее в результате движения электронов, может иметь высокую частоту (видимое и ультрафиолетовое излуче­ние), если эти электроны входят в состав атомов или молекул и удержи­ваются около своего положения равновесия значительными силами.

В металлах, где много свободных электронов, излучения последних соответствуют иному типу движения; здесь нельзя говорить о колебани­ях около положения равновесия. Свободные электроны, приведённые в движение, испытывают нерегулярное торможение, и их излучение при­обретает характер импульсов, т.е. характеризуется спектром различных длин волн, среди которых могут быть представлены и волны низкой ча­стоты.

Излучение тела сопровождается потерей энергии. Для того чтобы обеспечить возможность длительного излучения энергии, необходимо пополнять её убыль: в противном случае излучение будет сопровож­даться какими-либо изменениями внутри тела, и состояние излучаю­щей системы будет непрерывно изменяться. Указанные процессы могут быть весьма разнообразны, и, следовательно, характер свечения может быть различным.

Оптическое излучение возникает в результате перехода частиц веще­ства (атомов, ионов, молекул, валентных электронов) из возбуждённых состояний, в которые они попадают в результате поглощения энергии извне, в состояния с меньшей энергией. Частота возникающего излуче­ния определяется разностью энергий этих состояний. Пусть Wj — энер­гия начального (до излучения) состояния, W2 — энергия конечного (после излучения) состояния, тогда частота испускаемых электрома­гнитных волн будет V = (Wj — W2)/h.

Пусть Wj — энергия начального (до излучения) состояния, W2 — энергия конечного (после излучения) состояния, тогда частота испус­каемых электромагнитных волн V = (Wj — W2)/h:



где h = 6,626 • 10-34 Дж-с — постоянная Планка.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ**

В основе классификации лежит физический механизм генерации оп­тического излучения (ОИ).

**1. Тепловые источники.**

Источники, основанные на преобразовании тепловой энергии в энер­гию ОИ. Нагревая тело, его можно заставить светиться. Если убыль энер­гии восполнять непрерывным сообщением соответствующего количест­ва тепла, то излучение можно поддерживать неизменным.

Примеры тепловых источников: все пламенные источники (свечи, масляные лампы и др.), простые угольные дуги, лампы накаливания.

Собственно говоря, любое тело, если его температура отлична от аб­солютного нуля,[[20]](#footnote-21) излучает. При комнатной температуре тело излучает очень длинные инфракрасные волны.

Тепловые источники имеют низкий коэффициент полезного дей­ствия. Энергия, подводимая к тепловому излучателю для компенсации энергии излучения и тепловых потерь в окружающее пространство, мо­жет иметь любую форму. Например, вольфрамовая спираль электричес­кой лампы накаливания поглощает энергию электрического тока.

**2. Люминесценция.**

Как уже указывалось, любое тело при температуре выше абсолютного нуля посылает в окружающее пространство излучение, возникшее в ре­зультате неупорядоченного теплового движения молекул. Количествен­ные и качественные характеристики такого излучения определяются тер­модинамическими законами.

В некоторых случаях тело дополнительно к тепловым излучениям по­сылает в пространство излучения, возникающие в результате локализо­ванного возбуждения частиц (центров люминесценции). Как показывает опыт, люминесцировать могут тела, находящиеся в любом агрегатном со­стоянии. Твёрдые и жидкие вещества, способные излучать свет под дей­ствием различного рода возбуждений, называются люминофорами. Спектр люминесценции может состоять из отдельных линий (излучения отдельных атомов и ионов), полос (излучение молекул) и непрерывных участков (излучение твёрдых тел и жидкостей). При люминесценции воз­можно более эффективное преобразование подводимой энергии в ОИ, чем при тепловом возбуждении, поскольку люминесценция в принципе не требует нагрева тел.

В зависимости от способа передачи энергии люминесцирующим час­тицам или, как принято говорить, от способа их возбуждения различают некоторые разновидности люминесценции.

1) Электролюминесценция — электрическое воздействие на излучаю­щую систему. Это свечение паров или газов под действием проходящего через них электрического разряда. Поток электронов возбуждает нор­мальные атомы газа или пара, и те начинают светиться, отдавая избыточ­ную энергию.

Применение электролюминесценции: излучение разрядных источни­ков света, электролюминесцентные панели и светоизлучающие диоды. Свечение люминофоров под действием пучка электронов достаточной

скорости называют катодолюминесценцией. Она используется в элек­тронно-лучевых трубках.

1. Фотолюминесценция — излучение под действием другого возбужда­ющего излучения (одновременного или предварительного). Свечение люминесцентных красок (краски облучают УФ-излучением, и они све­тятся), свечение люминофоров под действием УФ. Фотолюминесценция люминофоров широко применяется в люминесцентных и других разряд­ных лампах.
2. Радиолюминесценция — оптическое излучение некоторых веществ (люминофоров) под действием продуктов радиоактивного распада.

Источники этого типа не требуют внешних источников питания, взрывобезопасны, имеют большой срок службы, но дают малые световые потоки и яркости, достаточные только для освещения шкал приборов, создания светящихся знаков и т.п. Светосоставы постоянного действия представляют собой люминофор, смешанный с радиоактивными вещес­твами. В настоящее время для возбуждения используют радиоактивные изотопы — тритий и прометий-147, дающие только р-излучение. Их до­стоинство в том, что электроны малой энергии полностью задерживают­ся даже тонкими защитными слоями вещества и не разрушают основу люминофора. Яркость в зависимости от цвета состава достигает от 0,05 до 2 кд/м2. Яркость свечения падает по мере распада трития. Период полу­распада трития 12 лет, фактическая яркость падает за 6—7 лет. Светосос­тавы употребляются для изготовления самосветящихся красок. Они без­вредны, так как тонкий слой лака полностью поглощает р-излучение.

1. Хемилюминесценция и биолюминесценция — оптическое излучение, сопровождающее химические превращения внутри вещества или живого организма. В этом случае испускание энергии идёт параллельно с изме­нением химического состава испускающей системы и уменьшением за­паса её внутренней энергии. Примеры: свечение гниющего дерева, свече­ние фосфора, медленно окисляющегося на воздухе, свечение светлячков, глубинных рыб и др.
2. Триболюминесценция — оптическое излучение возникает в результа­те трения веществ друг о друга.

Существуют и другие виды люминесценции.

**3. Источники смешанного излучения.**

Здесь сочетаются механизмы как тепловых, так и люминесцентных источников.

В театре в качестве источников света чаще всего используются элек­трические лампы: лампы накаливания (ЛН) и разрядные лампы (РЛ). Рассмотрим подробнее принцип их действия.

**Параметры электрических ламп:**

* технические;
* эксплуатационные.

**Технические параметры:**

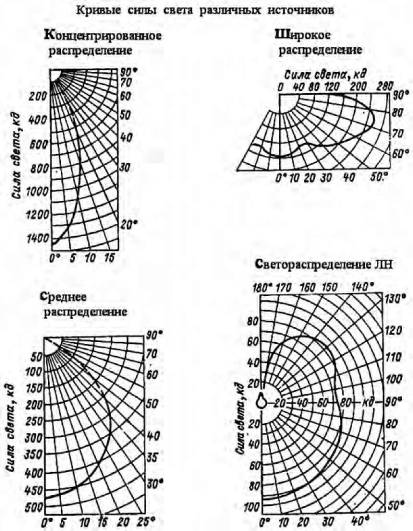
* светотехнические;
* электрические;



геометрические и конструктивные.

**1. Светотехнические параметры:**

* **Световой поток Ф [лм].**
* Сила света I [кд = лм/ср] — распределение силы света в простран­стве, задаваемое диаграммой направленности (кривая силы света).



- Яркость L [кд/м2] характеризует излучение поверхности светящего­ся тела по направлениям. Чем компактнее тело накала, тем выше его га­баритная яркость.

* Спектр излучения ДА Указываются спектральные плотности вышепе­речисленных величин, т. е. распределение их по спектру.

Цвет излучения лампы дополнительно характеризуется цветовыми па­раметрами:

* **координатами цветности x, y;**
* **цветовой температурой Тцв;**
* **индексами цветопередачи R^ Rj.**

Цвет излучения ламп типа ДРЛ (дуговая ртутная люминесцентная) оценивается так называемым «красным отношением».[[21]](#footnote-22)

* 1. **Электрические параметры:**
* **мощность лампы Р [Вт];**
* рабочее напряжение на лампе, на которое она рассчитана ил [В];
* **напряжение питания ип [В];**
* ток I [А] и код тока (постоянный, переменный с частотой f).

Для разрядных ламп вводят ещё ряд параметров, характеризующих ра­боту пускорегулирующего аппарата (ПРА).

1. **Геометрические и конструктивные параметры:**

* габаритные и присоединительные размеры;
* высота светового центра, размеры и форма излучающего тела;
* форма колбы, её оптические свойства;
* тип цоколя, конструкция и размеры электродов и др.

**4. Эксплуатационные параметры:**

* **коэффициент полезного действия лампы (КПД) П [%];**
* **световая отдача П [лм/Вт];**
* **срок службы Т [час];**
* **условия эксплуатации.**

КПД лампы Пе [%] характеризует энергетическую эффективность лампы:

Фе — весь энергетический поток в [Вт], даваемый лампой, — это УФ + свет + ИК;

Р — мощность, потребляемая лампой.

Световая отдача лампы П [лм/Вт] показывает, какая часть потребля-



I] = ; [лм Вт]

Ф — световой поток в [лм], Р — мощность, потребляемая лампой.

Лампы накаливания — П = 10 -=-20 [лм/Вт],

Галогенные ЛН — Т| = 25 [лм/Вт],

Газоразрядные лампы — П = 30 -5- 200 [лм/Вт],

Люминесцентные — П = 50 -н 80 [лм/Вт].

Задачей конструкторских разработок при проектировании новых ламп является максимальное увеличение световой отдачи лампы — это один из важных параметров экономичности лампы.

Для ламп накаливания:

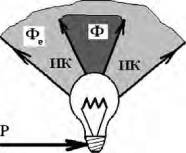
1. - Световая отдача увеличивается с увеличением мощности лампы.
2. - При галогенном наполнении

лёгким газом (криптон) — световая отдача выше,

тяжёлым газом (аргон) — световая отдача ниже.

1. - При понижении рабочего напряжения на лампе световая отдача повышается, т. е. низковольтные лампы имеют большую световую отда­чу.

Схематично преобразование энергии в лампе можно представить так:



Увеличивая светоотдачу, мы увеличиваем долю видимого излучения в общем излучении лампы.

Срок службы лампы — основной показатель долговечности работос­пособности лампы. Зависит:

* от конструкторской разработки,
* от соблюдения технологического процесса изготовления лампы,
* от соблюдения условий эксплуатации.

Различают:

* **Тф — полный срок службы (физический срок службы):**

продолжительность горения лампы от начала эксплуатации до полной или частичной утраты работоспособности (в ЛН — перегорание нити, в РЛ — потеря способности зажигаться).

* **Тг — гарантированный срок службы:**

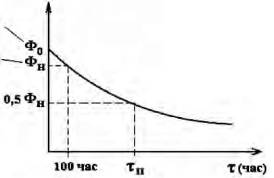
паспортная характеристика — время, в течение которого свето­вые параметры лампы не выходят за пределы номинальных значений.

* **Тп — полезный срок службы:**
* время, когда спад светового потока достигает 50% от номи­нального значения;
* продолжительность горения лампы от начала эксплуатации до момента ухода за установленные пределы одного из параметров, опре­деляющих целесообразность использования ламп данного типа;
* экономически оправданное выгодное время эксплуатации ис­точника; не надо ждать, пока перегорит лампа, её выгоднее сменить (порой почерневшая ЛН продолжает работать, т. е. потреблять энергию, как и прежде, но света почти не даёт).

**Тср — средняя продолжительность горения:**

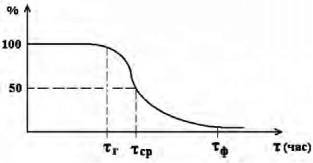
отрезок времени, в течение которого вышло из стоя 50% ламп из партии.

Кривая выхода ЛН из строя при испытании на срок службы называ­ется «кривой смертности ламп».



**Количество испытываемых ламп**

В процессе эксплуатации источника света наблюдается спад свето­вого потока. После 100 часов работы величина светового потока достига­ет номинального значения. Именно это значение указывается в катало­гах, по нему будут рассчитывать световой прибор, работающий с дан­ным источником.

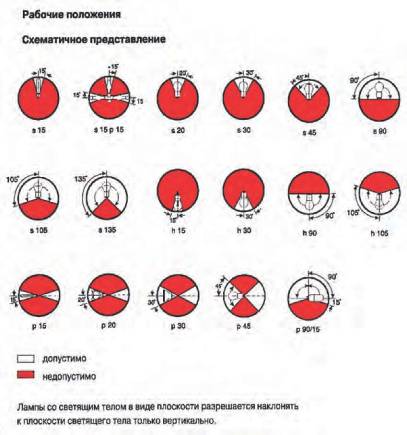


**Начальный световой поток Номинальный световой поток**

ЛН - Тп = 1000 час , П = 10-20 лм/Вт ГЛН — Тп = 2000 час , Г| = 25 лм/Вт РЛ — Тп = 10 000 час П = 200 лм/Вт

Условия эксплуатации ламп. В технической документации на лампы указываются:

* наличие механических воздействий при эксплуатации (нельзя тряс­ти или, наоборот, эксплуатация на транспорте предполагает наличие вибраций);
* **климатические условия:**
* температура окружающей среды,
* атмосферное давление;
* рабочее положение лампы — допустимый рабочий угол.



О цветности света лампы свидетельствует её цветовая температура, которая выражается по шкале Кельвина (0°К = - 273°С).

*Таблица 1*

|  |  |
| --- | --- |
| ИСТОЧНИК | Тцв °К |
| Свеча, керосиновая лампа | 2000 |
| Лампа накаливания | 2400 — 3400 |
| 15 Вт | 2400 |
| 60 Вт | 2600 |
| 100 Вт | 2750 |
| 200 Вт | 2800 |
| 500 Вт (криптоновая) | 2900 |
| 1000 Вт (прожекторная) | 3000 |
| Галогенная лампа накаливания | 3000—3400 |
| Люминесцентная лампа | 2700—6700 |
| Люминесцентная лампа дневного света | 5600 |
| Металлогалогенная лампа | 5200—5600 |
| Солнце при восходе и заходе | 2200 |
| Солнце через час после восхода 15° | 3500 |
| Солнце утром (вечером) 30° | 4000—4300 |
| Солнце 60° | 5600—5800 |
| Дневной свет при облачном небе | 7000—8500 |
| Чистое небо | 10000—20000 |
| Свет луны | 4300—5100 |
| Ксеноновая лампа | 8000 |
| Импульсная лампа-вспышка (цветокорректированная) | 5400—5500 |
| Импульсная лампа-вспышка (не цветокорректированная) | 6000 |

Значения Тцв имеют небольшие расхождения в разных литературных источниках.

Для сравнения: индекс цветопередачи свечи Тцв = 2000 ° К Ra=50.

Тцв есть температура АЧТ, при которой его излучение имеет такую же цветность, как у рассматриваемого источника.

Цветопередача источника характеризует влияние спектрального со­става излучения источника на зрительное восприятие цветных объектов по сравнению с восприятием их при освещении опорным источником (эталонным источником). В качестве опорного берут источник с цвето­вой температурой Тцв = 5000°К.

Цветопередача источника выражается коэффициентом цветопере­дачи или индексом цветопередачи R^

Шкала индексов построена таким образом, что Rа = 100 — опорный источник; источник с таким показателем оптимально передаёт все цве­та. Чем ниже R^ тем хуже будут передаваться цвета. По качеству цвето­передачи ИС разделяют на три класса:

* высокого R 3s 85,
* среднего 70 ^ R < 85,
* низкого Кд < 70.



**§ 5. ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ (ЛН)**

1880 год — открытие теплового действия электрического тока, опыты по получению света путём накаливания проводников с током. Успех со­путствовал русскому изобретателю Александру Николаевичу Лодыгину (1847—1923). Он поместил угольный стержень в стеклянный баллон, из которого кислород удалялся за счёт сгорания части угля при прохожде­нии через него тока. Благодаря этому оставшаяся часть угля работала под действием электрического тока относительно долго, излучая свет, — таков принцип действия угольной лампы.

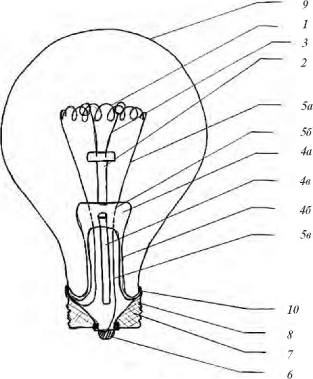
В случае с электрической лампой накаливания двух мнений быть не может: изобрел ее наш соотечественник Александр Николаевич Лоды­гин. И даже запатентовал! Но оказалось, что не менее важно ещё и под­держивать свой патент (пролонгировать его), и вот в этих-то материях наш «левша» по всем статьям уступил более подкованному американцу — «гению патента» Томасу Альве Эдисону, которому в результате и до­стались единоличные лавры первооткрывателя. Очень обидно, что в за­падных справочниках, например, в авторитетной Encyclopedia Britannica, имя русского ученого не упоминается вовсе. Не было такого ученого — и всё!

В 1872 году Лодыгин впервые публично продемонстрировал свою лампу и в том же году подал «прошение на привилегию» (по-современ­ному — патентную заявку) на «способ и аппараты дешевого электриче­ского освещения». Вместе с другом и помощником Василием Дидрих- соном Лодыгин основал собственную компанию — «Русское товарище­ство электрического освещения Лодыгин и К°». А годом позже, 20 мая 1873 года, на Одесской улице в Санкт-Петербурге зажглись восемь фо­нарей с лампами его новой конструкции, что стало газетной сенсацией городского масштаба. В том же 1873 году Лодыгиным были получены патенты во многих странах Европы: Австро-Венгрии, Испании, Порту­галии, Италии, Бельгии, Франции, Великобритании, Швеции, Саксо­нии и других германских землях, а также в далеких Индии и Австралии. И только год спустя спохватилось родное патентное ведомство — 11 июля 1874 года Лодыгин получил русскую «привилегию» за №1619! Правда, с приоритетом, указанным задним числом — от 2 октября 1872 года.

Насколько талантлив и самобытен был Лодыгин в электротехнике, настолько же бездарным он оказался в бизнесе. Компания Лодыгина прогорела быстрее, чем его опытные лампочки. Вдобавок ко всему лам­па накаливания Лодыгина в 1876 году оказалась в тени «электрической свечи» (дуговой лампы) Павла Яблочкова, хотя впоследствии выясни­лось, что будущее за лампой накаливания, основанной на принципах Лодыгина.

1876 год — в Париже русский электротехник Павел Яблочков (1847— 1894) получил патент на «электрическую свечу». Утверждают, что изо­брел он её в России, но не был понят и поддержан. Впервые «русский свет» был применён в большом парижском магазине «Лувр», когда 22 «свечи Яблочкова» заменили 200 газовых рожков. Между электродами,

**Устройство лампы накаливания**



1. — Тело накала W
2. — Штабик стеклянный с линзочкой для крепления держателей ни­ти
3. — Молибденовые крючки — держатели нити
4. — Стеклянная ножка

4а — лопатка 4б — трубка — тарелка 4в — штенгель — стеклянная трубочка для откачки воздуха и напол­нения газом лампы

1. — Трёхзвенные электроды

5а — внутреннее звено — Ni

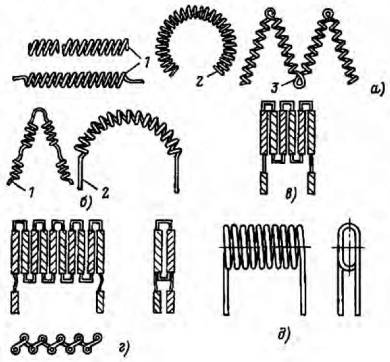
5б — звено, обеспечивающее вакуумно-плотный впай

* платинит (стекло платиновое)
* молибден (стекло молибденовое)

5в — наружное звено — Cu

1. — Контактная пластина, к которой припаивают электрод
2. — Изолятор — стекломасса
3. — Стакан цоколя, второй электрод припаивается к стакану (оцин­кованная сталь)
4. — Стеклянная колба
5. — Циклёвочная мастика — крепит колбу с цоколем

**Наиболее распространённые формы тел накала (моно- и биспиралей)**



а - сплошные (1 - прямолинейная; 2 - дуговая; 3 - в виде зигзага); б - секционные(1 - под углом; 2 - дужкой); в - многосекционные, формованные в одной плоскости(«моноплан»); г - многосекционные, формованные в двух плоскостях («биплан»);д - плоские, изготавливаемые на керне в виде пластины

расположенными параллельно, ученый поместил слой изолирующего вещества — каолина, испарявшегося по мере сгорания углей, в этот слой затем он стал добавлять элементы, придающие освещению тёплый оранжевый цвет. Это нововведение Яблочкова применяется до сих пор. Ещё одно революционное новшество было в том, что изобретатель за­менил постоянный ток в лампочке на переменный. Впервые свое изо­бретение Яблочков представил в Лондоне на выставке физических при­боров в 1876 году, а через некоторое время лампочки "яблочкофф" ста­ли освещать и Елисейские поля, и дворцы персидского шаха, и дворцы короля Камбоджи.

1879 год — американский изобретатель Томас Альва Эдисон (1847— 1931) на основе принципиальных идей, заложенных в лампе Лодыгина, создал лампу серийного производства, применив для тела накала уголь­ную нить, полученную обугливанием длинных и тонких бамбуковых во­локон. Кроме того, он ввёл откачку воздуха из баллона.

И снова нужно заявить со всей определённостью: электрической лампочки Эдисон не изобретал. До него улицы городов уже вовсю осве­щались дуговыми лампами, а в домах, где столь яркий свет был не ну­жен, по-прежнему пользовались газовыми рожками. Все, что сделал Эдисон, — соединил в одну совершенную схему-головоломку электро­лампы, электрогенераторы, провода, розетки, вилки и тому подобное. Трудно поверить, но никому до него это не пришло в голову. Револю­цию вызвало не само появление лампы, запатентованной им в 1879 го­ду, а скорее разработанная компаниями Эдисона система производства и потребления электроэнергии, рассчитанная на целый городской рай­он и даже на весь город.

**1890 год — Лодыгин демонстрирует лампу с телом накала в виде ни­ти из тугоплавкого металла — молибдена.**

**1903 год — первые образцы вольфрамовых ламп накаливания.**

1906—1909 гг. — промышленное освоение выпуска вольфрамовой проволоки и следом промышленный выпуск вакуумных ЛН с вольфра­мовой нитью.

**1913 год — американец Ирвинг Ленгмюр (1881—1957) предложил на­полнять ЛН нейтральным газом и применять спиральное тело накала вме­сто нитевидного.**

**1935 год — массовое производство биспиральных ламп.**

1959 год — использование галогенового цикла в ЛН в кварцевой кол­бе.

W — вольфрам:

* имеет высокую температуру плавления 3650°K ;
* имеет малую скорость испарения;
* формоустойчив при высокой рабочей температуре, устойчив к ме­ханическим нагрузкам;
* обладает высокой пластичностью в горячем состоянии, что позво­ляет получать нить малых диаметров;
* хорошо спирализуется;
* обладает высокой световой отдачей (50 лм/Вт).

Для обеспечения нормальной работы раскалённого вольфрамового тела накала необходимо изолировать его от кислорода воздуха. Для это­го тело накала нужно разместить либо в безвоздушной среде — такие лампы называются вакуумными, либо в среде инертных газов или их смесей, не реагирующих с материалом тела накала, — газополные лампы (аргоновые, криптоновые, ксеноновые).

***Зачем вводят газовое наполнение?***

При нагревании вольфрам испаряется. Для уменьшения испарения

*Таблица 1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид тела накала | Мощность | Наполнение |
| Нить | < 25 Вт | Вакуум |
| Биспираль | 40 — 100 Вт | Технический Кг |
| Спираль | >100 Вт | Технический Аг |
| Спираль | >1000 Вт | Азот N2 |

Wвводят газовое наполнение — инертный газ; таким образом, увеличи­вается срок службы лампы.

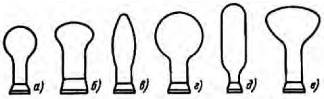
При увеличении давления инертного газа скорость испарения воль­фрама ещё более резко уменьшается, однако доля энергии на нагрев увеличивается, поэтому необходимо думать о прочности колбы. Здесь разработчики источников ищут компромисс.

***Зачем нужна спираль?***

При одних и тех же мощности, напряжении, температуре и длине нить, свитая в спираль, будет испаряться дольше, чем прямолинейная. Скорость испарения будет меньше за счёт перехвата испаряющихся ча­стиц смежными кольцами спирали.

Площадь контакта нити с инертным газом меньше, следовательно, нет потерь на нагрев газа, увеличивается энергетическая эффектив­ность лампы.

**ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КОЛБ ЛН**



а - каплеобразная (шар - конус); б - грибообразная; в - свечеобразная; г - шаровая;д - цилиндрическая; е - параболическая

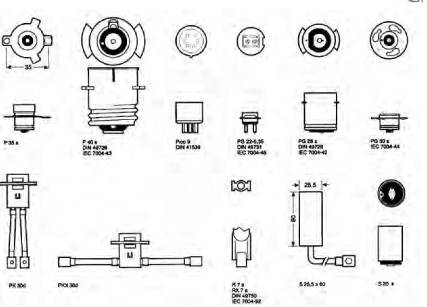
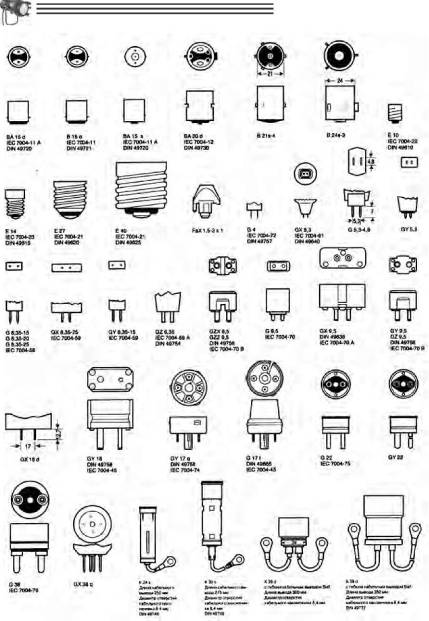
**Основные типы цоколей ЛН**

Обозначение ЛН общего назначения: В — 220 — 25 — Е 14

В — вакуумная (Б — биспиральная, Г — газополная, БК — крип­тоновая),

220 — напряжение питания, В, 25 — мощность, Вт, Е 14 — тип цоколя.

Обозначение ЛН, используемых в театре: ПЖ — 220 — 500 — Е 27 ПЖ — прожекторная, ПЖЗ — прожекторная зеркальная, ЗК — зеркальная, КГ — кварцевая галогенная, КГМ — кварцевая галогенная малогабаритная, 220 — напряжение питания, В, 500 — мощность, Вт, Е 27 — тип цоколя.



**ГАЛОГЕННЫЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ**

Галогены — вещества, занимающие VII группу таблицы Менделеева (F — фтор, Cl — хлор, Br — бром, I — йод) — химически очень активны и вступают в соединение со всеми простыми веществами.

Нагретое вещество тела накала испаряется и летит к стенке колбы лампы. Там температура ниже, и вещество тела накала осаждается на колбе.

Ещё в 1888 г. было предложено (Скрибнер) вводить в вакуумную лампу накаливания с угольным телом накала хлор (Cl) для очистки кол­бы от распылённого угля. Начиная с этого времени и до 1959 г. было много патентов, в которых предлагалось использовать соединения гало­генов для очистки стенок колбы от распылённого вещества тела накала. Однако при старой конструкции лампы с использованием в ней старых материалов высокая химическая активность галогенов приводила к плохим результатам. Поэтому нужна была новая конструкция лампы, что и было предложено в 1959 г. (Цаблер и Мосби) — трубчатая кварце­вая лампа с возвратным циклом в парах йода (I).

**ГАЛОГЕННЫЙ ЦИКЛ**

При температуре выше 300°C и ниже 1200°C йод образует соедине­ние с W — йодид вольфрама, который находится в парообразном состо­янии:

**W + 2I = WI2**

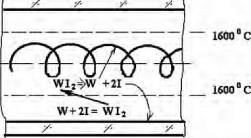
Эта реакция должна происходить у стенок колбы, на которых напы­лён W. Пары йодида вольфрама диффундируют в зону тела накала и при температуре выше 1600°C диссоциируют (распадаются).

W осаждается на тело накала и вокруг него, где температура выше 1600°C, йод диффундирует к стенкам колбы и продолжает свою работу по переносу вольфрама. Таким образом, галогенный цикл обеспечивает очистку колбы от распылённого W, что обеспечивает существенно меньший спад светового потока в процессе эксплуатации лампы.

Галогенный цикл только очищает колбу, что обеспечивает стабиль­ность параметров светового потока. Он не является причиной увеличе­ния светоотдачи или увеличения срока службы лампы. Процесс перего­рания галогенных ламп такой же, как и у обычных ЛН, т. е. определяет­ся теми же условиями и механизмами.

**ТРЕБОВАНИЯ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ГАЛОГЕННЫХ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ**

1. Температура внутри колбы не должна быть ниже 250°C, иначе йо- дид вольфрама осядет на стенках колбы и галогенный цикл не будет замкнутым. Чтобы цикл надёжно замыкался, температура должна быть около 600°C.
2. Вблизи тела накала температура должна быть выше 1600°C для то­го, чтобы пары йодида W диссоциировали, а W конденсировался на эле­ментах в зоне тела накала.
3. Поскольку галогены химически очень активны, то конструктив­ные элементы лампы должны выполняться из материалов, химически инертных по отношению к галогенам. Предъявляются повышенные требования к очистке инертного газа от примесей.
4. Пары в галогенном цикле (галоген и его соединение с материалом тела накала) не должны сильно поглощать излучение в видимой облас­ти. При наполнении лампы йодом световой поток уменьшается до 10%, вместо йода современные галогенные лампы наполнены бромистым метилом и метиленом.



**КОНСТРУКЦИЯ ГАЛОГЕННОЙ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ**

1



L

**L**

Трубчатая ЛН с йодно-вольфрамовым циклом

***г з $567***

* 1. Молибденовый вывод
  2. Впаянная в кварц молибденовая фольга
  3. Вольфрамовый электрод
  4. Тело накала — вольфрамовая спираль, или биспираль
  5. Колба — кварцевая трубка
  6. Отпай штенгеля (для откачки лампы)
  7. Вольфрамовые держатели — пружинные кольца — закрепляют спираль по оси колбы (это важно для галогенного цикла)

Наполнение лампы двухкомпонентное:

* инертный газ Cr — криптон (К — ксенон) при высоком давле­нии от 6 до 10 атмосфер; благодаря этому увеличивается световая отда­ча и срок службы лампы;
* галогенная добавка — бромистый метил, бромистый метилен.

Световая отдача галогенных ламп ~ 25 лм/Вт.

**§ 6. РАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ (РЛ)**

Разрядной называют лампу, в которой оптическое излучение (ОИ) возникает в результате электрического разряда в газах, парах или их смесях.

РЛ имеют самую высокую световую отдачу (П = 30 — 200 лм/Вт), больший по сравнению с ЛН срок службы — до 15 тыс. часов, а также разнообразные спектры излучения, широкий диапазон мощностей, яр­кости и других параметров.

Первые разрядные лампы имели плохую цветопередачу, однако в со­временных РЛ этот недостаток устранён. В настоящее время РЛ — са­мые массовые источники света, применяемые для освещения и посте­пенно вытесняющие лампы накаливания.

Принцип действия РЛ основан на электрическом разряде между дву­мя электродами, запаянными в прозрачную для ОИ колбу той или иной формы. Иногда для облегчения зажигания впаивают дополнительные электроды. Внутреннее пространство колбы после удаления воздуха и тщательного обезгаживания (удаления сорбированных в материале кол­бы и электродах паров воды и других газов при помощи откачки под на­гревом) наполняется определённым, чаще всего инертным, газом до за­данного давления (или инертным газом и небольшим количеством ме­талла с высокой упругостью паров, например, ртутью, натрием и др.).

Существует категория РЛ с электродами, работающими в открытой атмосфере, с разрядом в воздухе и в парах вещества электродов. Это угольные дуги, во время работы которых расходуется материал электро­дов. В лампах специальных типов используется разряд в проточном га­зе. Существуют также РЛ с высокочастотным безэлектродным разря­дом. Они представляют собой запаянную колбу без электродов, содер­жащую необходимые газы, пары.

Классификация РЛ возможна по физическим, конструктивным при­знакам, эксплуатационным свойствам и областям применения.

По составу газов и паров, в которых происходит разряд, РЛ делятся

на:

* разряд в газах;
* разряд в парах металлов;
* разряд в парах металлов и их соединений.

**По рабочему давлению РЛ делятся на:**

* лампы низкого давления (10-1 —104 Па);
* высокого давления (104—106 Па);
* сверхвысокого давления (более 106 Па).

В РЛ разряды бывают следующих видов: дуговой, тлеющий и им­пульсный.

Дуговой разряд характеризуется высокой плотностью тока на катоде (102—104 А/см2) и давлением рабочего вещества 10-1—108 Па.

Тлеющий разряд характеризуется малой плотностью тока на катоде

(10-5—10-2 А/см2) и низким давлением газа или пара (103 Па).

Импульсный разряд характеризуется пиковой электрической мощно­стью до 2 • 108 Вт, световым потоком 1010 лм и яркостью 1011 кд/м2.

По области свечения РЛ делятся на лампы со столбом и лампы тлею­щего свечения.

В зависимости от того, что является основным источником излучения, РЛ делят на:

* 1. газо- или паросветные, в которых излучение вызвано возбуждени­ем атомов, молекул или рекомбинацией ионов;
  2. фотолюминесцентные (называемые для краткости просто люми­несцентными), в которых излучение создают люминофоры, возбуждае­мые излучением разряда;
  3. электродосветные, излучение в которых создаётся электродами, раскалёнными в разряде до высокой температуры. У большинства РЛ 2- го и 3-го типов к основному виду излучения примешивается излучение разряда, таким образом, они являются по существу источниками сме­шанного излучения.

В РЛ многих типов разрядную колбу, часто называемую горелкой, по­мещают во внешнюю колбу, которая выполняет ряд функций: 1 — за­щищает горелку от повреждения; 2 — уменьшает влияние окружающей среды на тепловой режим горелки; 3 — предохраняет нагретые выводы и монтаж от окисления; 4 — служит поверхностью для нанесения раз­личного рода покрытий и т.д.

Зажигание разряда возможно лишь при напряжении выше опреде­лённого значения, когда становится возможным лавинное образование зарядов в газовом межэлектродном промежутке. Это приводит к резко­му, практически внезапному возрастанию тока и появлению свечения. Данный процесс называется зажиганием самостоятельного разряда, а соответствующее ему напряжение — напряжением зажигания из. На­пряжение зажигания определяет нижнюю границу напряжения, кото­рое необходимо приложить к РЛ для возникновения самостоятельного разряда. При меньшем напряжении межэлектродный промежуток яв­ляется диэлектриком.

С ростом тока напряжение на РЛ падает, поэтому устойчивая работа РЛ возможна только при наличии в схеме устройств, ограничивающих силу тока в заданных пределах.

Напряжение истад, необходимое для стабилизации разряда после его возникновения, как правило, ниже напряжения зажигания истад<из. Переход от режима зажигания РЛ к режиму стабилизации разряда назы­вается периодом разгорания лампы. Это время, необходимое для разогре­вания колбы и установления теплового режима. Продолжительность разгорания определяется наполнением лампы, соотношением темпера­тур её колбы в холодном и рабочем состояниях и другими обстоятельст­вами. У ксеноновых ламп высокого давления продолжительность разго- рания 3—5 мин. У высокотемпературных РЛ с парами металлов продол­жительность разгорания 5—15 мин.

В случае выключения РЛ, т.е. прекращения разряда, возможность повторного поджига или горячего поджига также зависит от наполнения лампы.

В нерабочем состоянии металлы (вещества) присутствуют в колбе в

299

жидком или твёрдом состоянии, и давление (упругость) их паров опре­деляется как давление паров, насыщающих пространство. При комнат­ной температуре оно обычно очень мало. После включения РЛ по мере нагревания колбы и металла (вещества) давление и плотность паров в объёме колбы очень резко возрастают (в сотни тысяч и миллионы раз). Вследствие этого повторное зажигание ламп с разрядом в парах метал­ла при высоком и сверхвысоком давлении без специальных приёмов возможно только по истечении некоторого времени после выключения, в течение которого РЛ остынет и давление паров в ней снизится на­столько, чтобы она зажигалась по стандартной схеме. Для повторного зажигания горячей лампы необходимо приложить напряжение горяче­го поджига на порядок выше напряжения холодного поджига

**U^s >>**

В РЛ с газовым наполнением общее количество газа в объёме колбы остаётся неизменным как в холодной, так и в работающей лампе. Во время работы за счёт нагрева происходит некоторое повышение давле­ния газа и перераспределение его плотности по объему. Вследствие это­го в РЛ с газовым наполнением: 1— практически отсутствует период разгорания, т.е. их электрические и световые параметры сразу после за­жигания разряда принимают значения, близкие к рабочим; 2 — темпе­ратура колбы слабо влияет на характеристики разряда; 3 — напряжение зажигания РЛВД (разрядная лампа высокого давления) и РЛСВД (раз­рядная лампа сверхвысокого давления) велико; и 4 — давление газа в неработающем состоянии велико.

Пускорегулирующий аппарат ПРА — это светотехническое устрой­ство, с помощью которого осуществляется питание РЛ от электричес­кой сети.

**Основные функции ПРА:**

* обеспечение необходимых режимов зажигания (холодного и горя­чего);
* обеспечение разгорания;
* обеспечение устойчивого режима работы РЛ.

**Дополнительные функции ПРА:**

* подавление пульсаций светового потока;
* подавление радиопомех, создающихся при работе комплекта РЛ— ПРА, и др.

По физической природе светящийся столб разряда представляет со­бой плазму, т.е. газ или пар, состоящий из нейтральных атомов и содер­жащий «примесь» электронов и ионов. Концентрации электронов и ио­нов в каждом элементарном объёме практически равны между собой, благодаря чему плазма квазинейтральна. Исключения составляют по­граничные слои у стенок колбы и у электродов, где эта нейтральность нарушается. Концентрация электронов и ионов в столбе стационарно­го разряда составляет обычно 10-4—10-2 концентрации нейтральных атомов.



Внешнее электрическое поле, приложенное к столбу, вызывает уско­ренное движение электронов. В результате различного рода соударений с атомами электроны передают им энергию. При упругих соударениях вследствие большой разницы в массах электроны передают атомамочень малую часть энергии, но резко меняют направление движения. Поэтому движение электронов в столбе носит хаотический характер. При низком давлении газа и малой плотности тока из-за относительно малой передачи энергии атомам электронный газ нагревается до темпе­ратур в десятки тысяч градусов по шкале Кельвина (электронная темпе­ратура), в то время как температура газа нейтральных атомов, на кото­рые электрическое поле не действует, лишь немногим превышает окру­жающую. В стационарном состоянии нагрев электронного газа уравно­вешивается его охлаждением за счёт передачи энергии атомам газа. В столбе разряда низкого давления основными процессами передачи яв­ляются возбуждение и ионизация атомов. Возбуждённые атомы, воз­вращаясь в состояния с меньшей энергией, испускают при этом избы­ток энергии в виде фотонов, которые, покидая разряд, уносят энергию с собой. Образующаяся в результате ионизации пара электрон—ион идёт на пополнение потерь заряженных частиц. В разряде низкого дав­ления потеря заряженных частиц происходит в основном в результате их рекомбинации на стенках колбы, куда они попадают за счёт диффу­зии. При этом они отдают свою энергию стенкам, вызывая их нагрева­ние. Излучение возникает при переходе атомов из нижнего возбуждён­ного состояния в основное невозбуждённое.

По мере повышения давления и плотности тока растёт число различ­ных соударений между электронами и атомами газа и обмен энергией между ними. В результате температура электронов падает, а температу­ра газа возрастает. Возникающий в этих условиях большой перепад тем­ператур от осевых частей разряда к периферии приводит к стягиванию разряда в яркий светящийся шнур, окружённый тёмной оболочкой. В термической плазме и при высоком давлении излучающего газа или па­ра излучение происходит при переходах электронов в атомах из одного возбуждённого состояния в другое, возбуждённое с меньшей энергией.

**ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Лампа такого типа представляет собой стеклянную цилиндрическую трубку — колбу, в которую закачаны пары ртути. Внутренняя поверх­ность колбы покрыта люминофором. По обоим её концам впаиваются ножки с катодами. Основным источником оптического излучения в этой группе ламп является слой люминесцирующего вещества (люми­нофора), возбуждаемого ультрафиолетовым излучением электрическо­го разряда в парах ртути.

Лампы имеют в 4—6 раз большую световую отдачу, чем лампы нака­ливания.

Лампы с трёхполосным люминофором более экономичны (световая отдача до 104 лм/Вт), но обладают худшей цветопередачей (Ra=80), с пятиполосным люминофором имеют отличную цветопередачу (Ra=90—98) при меньшей световой отдаче (до 88 лм/Вт). ЛЛ обеспечи­вают мягкий, равномерный свет, но распределением света в простран­стве трудно управлять из—за большой поверхности излучения. Для ра­боты люминесцентных ламп необходима специальная пускорегулирую- щая аппаратура (ПРА).

Существуют специальные устройства (пульты), позволяющие регу­лировать интенсивность светового потока люминесцентных ламп от 10% до 100%. От 0 до 10% нарастание светового потока происходит не­управляемым образом в результате поджига разряда. Подобные пульты позволяют использовать люминесцентные лампы в театральной прак­тике. Уже возможно управление световым потоком люминесцентных ламп по сигналу DMX 512.

Люминесцентные лампы делятся на две группы: общего и специаль­ного назначения. Они работают в электрических сетях переменного то­ка напряжением 127—220 А с частотой 50 Гц и включаются в сеть вме­сте с пускорегулирующий аппаратурой, обеспечивающей зажигание ламп, нормальный режим работы и устранение радиопомех. Часто за­жигающее устройство — стартёр, или ПРА — встроено в конструкцию цоколя лампы или в конструкцию светильника, предназначенного для работы с ЛЛ. Наиболее массово применяются ЛЛ мощностью от 4 до 80 Вт.

Одно из главных преимуществ ЛЛ — долговечность (срок службы до 20 000 часов). Благодаря экономичности и долговечности ЛЛ стали са­мыми распространёнными источниками света в офисах предприятий. В странах с мягким климатом ЛЛ широко применяются в наружном осве­щении городов. В холодных районах их распространению мешает паде­ние светового потока при низких температурах.

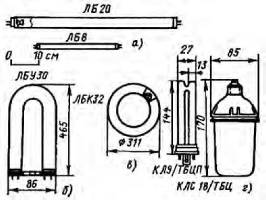
Если «закрутить» трубку ЛЛ в спираль, мы получим КЛЛ — компакт­ную люминесцентную лампу. По своим параметрам КЛЛ приближаются к линейным ЛЛ (световая отдача до 75 лм/Вт, Тцв=2700—6000° К, Ra=80 и более).

Компактные люминесцентные лам­пы различной цветности используются для освещения жилых помещений, ад­министративных зданий, в декоратив­ных и специальных осветительных ус­тановках.



Виды ЛЛ (габаритныечертежи):

*а - прямые трубчатые; б - U-образная; в - кольцевая; г - компактные (рисунки выполнены не в масштабе)*



КЛЛ имеют резьбовой цоколь Е27 и встроенную ПРА, поэтому могут вклю­чаться непосредственно в сеть с помо­щью обычного патрона для ЛН.

Маркировка ЛЛ в странах СНГ основана на буквенном обозначении конструктивных признаков. Первая буква Л — люминесцентная, следу­ющие буквы обозначают цвет излучения: Б — белый, ТБ — тёпло-бе- лый, ХБ — холодно-белый, Д — дневной, Е — естественно белый, УФ — ультрафиолетовый, К, С, З, Г — красный, синий, зелёный, голубой. Од­на или две буквы Ц после обозначения цвета означают высокое или ещё более высокое качество цветопередачи. Далее следуют буквы, обознача­ющие особенности конструкции лампы: Р — рефлекторная, У — U-об- разная, К — кольцевая, Б — быстрого пуска, А — амальгамная. Цифры, стоящие после букв, обозначают мощность в ваттах. Сигнальные ЛЛ тлеющего разряда имеют маркировку, начинающуюся с букв ТЛ; труб­ки, применяющиеся в световой рекламе — маркировку ГР-20.

Специальные ЛЛ:

* Цветные — для декоративного освещения и световой рекламы;
* Сигнальные малогабаритные тлеющего разряда — для систем автома­тики и радиоэлектроники;
* Лампы люминесцентные ртутные эритемные — используются в меди­цине, для замены естественной солнечной облучённости;
* Лампы ртутные бактерицидные — источники УФ для обеззаражива­ния воздуха, жидкостей, продуктов и др.

**РАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (РЛВД)**



**Люминесцентные ртутные высокого давления типа ДРЛ (дуговая ртутная люминесцентная)**

Лампы типа ДРЛ представляют собой ртутную го­релку в виде трубки из прозрачного кварцевого стек­ла, вмонтированную в колбу из тугоплавкого стекла. Внутренняя поверхность внешней колбы покрыта тонким слоем порошкообразного люминофора. Кол­ба снабжена резьбовым цоколем.

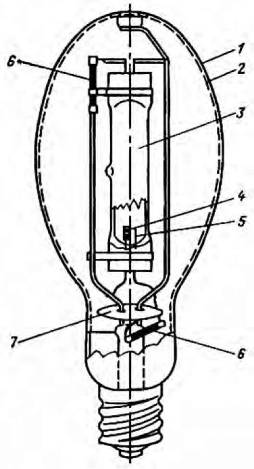
Принцип действия основан на преобразовании УФ-излучения ртутного разряда высокого давления, составляющего около 40% всего потока излучения, в недостающее излучение в красной части спектра при помощи люминофора. Качество исправления цвето­передачи ламп типа ДРЛ определяется относитель­ным содержанием красного излучения — отношени­ем светового потока в красной области спектра (600— 780 нм) к общему световому потоку лампы («красное отношение»). При освещении РЛВД без люминофора возникает сильное искажение цвета предметов, особенно человеческой кожи, что объясняется отсут­ствием излучения в оранжево-красной части спектра.

Дуговые разрядные лампы намного старше ламп накаливания, им более 200 лет. Однако современный вид они приобрели только в эпоху высоких технологий. В лампах применяют два основных разряда высо­кого давления — ртутный и натриевый. Оба дают достаточно узкопо­лосное излучение: ртутный — в голубой области спектра, натриевый —

в жёлтой, поэтому цветопередача ртутных (Ra=40—60) и особенно на­триевых ламп (Ra=20—40) оставляет желать лучшего.

Лампы ДРЛ выпускаются мощностью 50—2000 Вт, со световым по­током 1,9—120 Клм. Они применяются для освещения больших произ­водственных площадей, улиц, участков открытых пространств, на кото-

**Устройство лампы ДРЛ**



*Лампа типа ДРЛ мощностью 400 Вт (частично в разрезе) 1 - внешняя стеклянная колба; 2 - слой люминофора; 3 - разрядная трубка из прозрачного кварцевого стекла; 4 - рабочий электрод; 5 - зажигающий электрод; 6 - ограничительные резисторы в цепи зажигающих электродов; 7 - экран (конструкция ламп другой мощности аналогична)*

рых производятся работы в ночное время. Они включаются в сеть пере­менного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц через соответствую­щую ПРА. ДРЛ обладают высокой световой отдачей 45—55 лм/Вт. Срок службы в среднем 10 тысяч часов.

**МЕТАЛЛОГАЛОГЕННЫЕ ЛАМПЫ (МГЛ)**

**Новый класс источников света среди ртутных разрядных ламп высокого**

**давления**



Добавление внутрь разрядной трубки ртутной лампы галогенидов различных металлов позволило создать новый класс источников света — металлогалогенные лампы (МГЛ), отличающиеся очень широким спектром излучения и прекрасными параметрами.

Устройство и принцип действия МГЛ основаны на том, что галоге- ниды многих металлов испаряются легче, чем сами металлы, и не разру­шают кварцевое стекло. Поэтому внутрь разрядных колб МГЛ, кроме ртути и аргона, как в РЛВД, дополнительно вводятся различные хими­ческие элементы в виде их галоидных соединений (т.е. соединения I, Br, Cl). После зажигания разряда, когда достигается рабочая температура колбы, галогениды металлов частично переходят в парообразное состо­яние. Попадая в центральную зону разряда с температурой несколько тысяч градусов по шкале Кельвина, молекулы галогенидов диссоцииру­ют на галоген и металл. Атомы металла возбуждаются и излучают харак­терные для них спектры. Диффундируя за пределы разрядного канала и попадая в зону с более низкой температурой вблизи стенок колбы, они воссоединяются в галогениды, которые вновь испаряются.

Этот замкнутый цикл обеспечивает два принципиальных преимуще­ства:

* 1. в разряде создаётся достаточная концентрация атомов металлов, дающих требуемый спектр излучения;
  2. появляется возможность вводить в разряд щелочные металлы (на­трий, литий, цезий) и другие агрессивные металлы (кадмий, цинк). Всё это позволило создать МГЛ с различными спектрами.

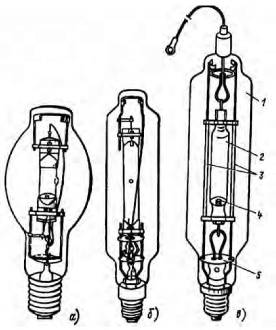
Главные преимущества МГЛ по сравнению с лампами накаливания:

* увеличенная в три-четыре раза световая отдача (60—100 лм/Вт);
* схожий со спектром дневного света спектр ОИ (4500—6500°К);
* увеличенная в 20 раз яркость;
* высокий индекс цветопередачи = 80—95, что соответствует «естественной» передаче цветов освещаемого объекта.

Время разгорания МГЛ 5—10 мин. Средний срок службы — 15 000 часов.

МГЛ общего назначения — ДРИ — Дуговая, Ртутная, с Излучающи­ми добавками. Используется для освещения спортивных сооружений,

**Общий вид МГЛ для общего освещения**



**Общий вид ламп типа ДРИШ для цветного телевидения и кино: — - 10СМ**

*а - лампа 400 Вт в эллипсоидальной прозрачной колбе;*

*б - лампа 2000 Вт в цилиндрической прозрачной колбе;*

*в - линейная лампа мгновенного перезажигания для цветного телевидения:*

1. *- внешняя стеклянная колба;*
2. *- разрядная трубка;*
3. *- траверсы из изоляционного материала;*
4. *- электрод;*
5. *- экран*

5)

**«JQ—**

в)

гт

ХДД7

**«=0:**

а=п

демонстрационных залов, выставок, ярмарок и др.

Срок службы 1500—7000 часов.

МГЛ для театра, кино и телевидения — ДРИШ — Дуговая, Ртутная, с Излучающими добавками, Шаровая.

Срок службы 400 часов.

**НАТРИЕВЫЕ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (ДнаТ)**

Это одна из наиболее эффективных групп источников видимого из­лучения. Они обладают самой высокой световой отдачей среди извест­ных РЛ и незначительным снижением светового потока при длитель­ном сроке службы. Они широко используются в наружном освещении: архитектурные здания и сооружения, аэродромы, строительные пло­щадки, скоростные магистрали, транспортные пересечения, протяжён­ные туннели — везде, где замена ламп труднодоступна и где факт пере­горания источника может вызвать опасную ситуацию на освещаемой территории. Здесь самое важное — стабильность светового потока на всём протяжении срока службы лампы и максимально возможный срок службы.

Имеет свет золотисто-белого оттенка, Тцв = 2100°К, но цветопере­дача плохая — Ra = 60.

Срок службы 20 000 часов.

***й***

Светоотдача 350 лм/Вт.

**КСЕНОНОВЫЕ ЛАМПЫ СВЕРХВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (ДКсШ, ДКсШРБ и др.)**

Ксеноновые разрядные лампы сверхвысокого давления работают, в основном, на постоянном токе и применяются в кинопроекционной аппаратуре, в осветительных установках для освещения больших пло­щадей, открытых территорий горных карьеров, портов, строительных площадок, аэродромов. Лампы используются в полиграфии, медицине, биологии, полупроводниковой технике.

В структуре условного обозначения Х—Y—Z: Х — буквенное обозна­чение (Д — дуговая, Кс — ксеноновая, Эл — эллипсоидная, Ш — шаро­вая, Т — трубчатая, РБ — разборная, РМ — разборная в металлическом корпусе); Y — мощность лампы, Вт (250, 500, 1000, 2000, 3000, 3800, 4000, 5000, 6500, 10000, 20000, 55000, 70000); Z — отличие лампы от ба­зовой модели (от 1 до 7).

Лампы характеризуются высокой энергетической яркостью. Непре­рывный спектр в видимой области даёт цветность, очень близкую к спектру солнца.

Спектральное распределение энергии остаётся практически посто­янным в течение всего срока службы и не зависит от колебаний напря­жения электрической сети и от величины силы тока.

Лампы типов ДКсЭл, ДКсШ, ДКсШРБ питаются от сети перемен­ного тока напряжением 220 В частоты 50 Гц через выпрямительное ус­тройство и пускорегулирующую аппаратуру с импульсным зажигаю­щим устройством. Лампы типа ДКсТ питаются непосредственно от се­ 307

ти переменного тока частоты 50 Гц. Лампы типа ДКсРМ — водоохлаж- даемые, высокоинтенсивные — предназначены для имитации солнеч­ного излучения, работают со специальным источником постоянного тока.

Ксеноновые лампы сверхвысокого давления эксплуатируются в го­ризонтальном или в вертикальном положении, анодом вверх. Лампы, работающие в горизонтальном положении, свободно располагаются в аппаратуре цоколями на двух опорах и подключаются к источнику пи­тания гибкими удлинителями. В лампах, работающих в вертикальном положении, жёстко фиксируется только один цоколь.

Охлаждаются лампы во время работы струей воздуха. В аппаратуре, где применяются «озонные» лампы, предусматривается вытяжная вен­тиляция.

Ксеноновые лампы из-за высокого давления наполняющего газа как в рабочем, так и не в рабочем состоянии взрывоопасны, поэтому они снабжены специальными защитными футлярами, которые снимают с ламп только после установки их в аппаратуре. При извлечении их из ап­паратуры на лампы предварительно надевается защитный футляр. При монтаже и демонтаже ламп необходимо пользоваться маской-щитком из органического стекла и плотными кожаными или хлопчатобумажны­ми перчатками.

По конструкции лампа представляет собой колбу шаровой, эллипсо­идной или трубчатой формы, выполненную из кварцевого стекла, с вва­ренными в нее электродными узлами. Колба ламп типов ДКсЭл 250—3, ДКсЭл 500-6, ДКсЭл 1000-6, ДКсЭл 2000-6, ДКсЭл 3000-6, ДКсЭл 3000-7, ДКсЭл 4000-6, ДКсЭл 6500-6 выполнена из легированного кварцевого стекла, не пропускающего коротковолновое ультрафиоле­товое излучение, что препятствует образованию озона при работе ламп; такие лампы называются «безозонными».

Лампы типов ДКсЭл и ДКсШ имеют малые межэлектродные рас­стояния по сравнению с трубчатыми.

Для герметизации рабочих объёмов ламп используются впаи на ос­нове молибденовой фольги, механическое уплотнение через алюмини­евую или медную прокладки, а также набор переходных стёкол.

Источником излучения служит разряд, возникающий между двумя самокалящимися электродами (катод, анод) в атмосфере ксенона.

Высокоинтенсивные водоохлаждаемые лампы сверхвысокого давле­ния типа ДКсРМ совмещают в себе газоразрядный ксеноновый источ­ник излучения с эллипсоидно-зеркальным отражателем.

**ИМПУЛЬСНЫЕ КСЕНОНОВЫЕ ЛАМПЫ**

В фотовспышках применяют специальные импульсные лампы, представляющие собой стеклянную трубку, наполненную инертным га­зом, обычно ксеноном. В момент разряда накопительного конденсато­ра происходит мгновенное свечение газа очень большой яркости. Спек­тральный состав излучаемого света близок к солнечному (5300°— 5600°К), поэтому эти лампы можно применять как при чёрно-белой, так и цветной фотографии. Для возникновения вспышки необходимо (помимо создания на концах лампы напряжения разряда, обычно око-



ло 400 В) ионизировать газ внутри баллона лампы. Это осуществляется с помощью высокого (около 300 В) напря­жения, подаваемого на внешний электрод лампы, пред­ставляющий собой провод, намотанный на трубку лампы (одно колечко снаружи, в 1—2 мм от катода).

Импульсные ксеноновые лампы класса ХОР использу­ются в стробоскопах. Линейные лампы класса ХОР имеют диаметр 12 мм, их суммарная длина составляет 241—698 мм в зависимости от мощности лампы. Спектр потока, из­лучаемого этими лампами, как и у всех ксеноновых ламп, почти непрерывен, диапазон — от 200 до 1000 нм.

Цветовая температура этих ламп составляет 5600°К. Им­пульсные ксеноновые лампы работают в балластной цепи резонансного типа. Также им требуется электронное уст­ройство для зажигания (около 10 кВ) и, для большей мощ­ности, — трансформатор, чтобы повысить напряжение цепи до напря­жения, необходимого лампе. Эти лампы обладают как мгновенным, так и повторным зажиганием, им не требуется время для нагрева.

Лампы этого класса имеют срок службы от 250 до 500 часов при 20% потерях световых характеристик после 250 отработанных часов.

Лампы класса ХОР нуждаются в принудительном воздушном охлаж­дении. Они не выделяют озона. Но работать они должны при защитном экране либо вне прямой видимости, чтобы не нанести вред глазам и кожному покрову человека, так как они дают коротковолновое УФ-из- лучение. Рабочее положение для этих ламп: универсальное.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ТАБЛИЦЫ**

Лампы импортного производства имеют другую маркировку. Суще­ствуют таблицы, устанавливающие соотношение этих обозначений.

RSI / MSI / HMI. Лампы RSI обладают способностью повторного зажигания из горячего состояния и бывают как одноцокольного испол­нения с наружной колбой, так и двухцокольного исполнения без на­ружной колбы. Применяются эти лампы, главным образом, для кино- и телесъёмки, сценического освещения, фотосъёмки, для имитации сол­нечного света. Они не имеют нареканий при понижении номинального напряжения с целью уменьшения светоотдачи (при диммировании) и обладают возможностью установки в любое рабочее положение. При работе ламп подавляются звуковые помехи в электронных балластах и отсутствует мерцание.

RSR / MSR / HMR ../Р. Эта лампа была специально разработана для использования в видеопроекторах. Наряду с уже доказанными преиму­ществами ламп RSI, она демонстрирует особое свойство, касающееся специального наполнения и задействованной системы электродов, — возможность работы не только в режиме пониженного, но и в режиме дополнительного напряжения, т.е. эта лампа может превышать свою мощность. Таким образом, технические характеристики света, такие как цветовая температура, индекс цветопередачи, световая отдача, оста­ются фактически постоянными в любом режиме работы.



***й***

RSR / MSR / HMR. Лампы RSR с наружной колбой не обладают воз­ 309

можностью повторного зажигания из горячего состояния. Эти лампы применяются для световых эффектов. Повышенный срок службы и простое управление (обслуживание) — отличительная особенность этих ламп.

Время разгорания. Этот период времени зависит от типа лампы и ус­ловий для рассеивания света в помещении. При нормальных условиях 80% светоотдачи достигается в течение ~ 3 минут.

Срок службы. На срок службы лампы существенное влияние оказы­вают рабочие параметры: частота включения и цветовая температура.

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ КОДЫ МАРКИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ ЛАМП Код LIF:**

Задан Федерацией Света в Лондоне. Обеспечивает электро- и меха­ническую взаимозаменяемость ламп, которые имеют аналогичные ко­ды LIF. Коды LIF подразделяются на группы в соответствии с основным назначением. Код ANSI:

Задан Американским национальным институтом стандарта (норм). Обеспечивает систему электро- и механической взаимозаменяемости ламп от различных производителей, имеющих один и тот же код ANSI.

*Таблица 1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| (Вт) | (В) | Код LIF | Код ANSI | Приблиз. величина началь­ных люменов | Цвето­вая темп. K | Тело накала, Form H&W | Дли­на мм | Диа­метр, мм | LCL  мм | Но- мин. сред­ний срок служ -бы | Кол-  во в  упа­ковке | При­меч. | Код това­ра |
| 3000 | 230 | HX48 |  | 82000 | 3200 | MP 24\*26 | 210 | 47 | 127 | 400 | 12 | K | 30503 |
| 3000 | 240 |  |  | 82000 | 3200 | MP 24\*26 | 210 | 47 | 127 | 400 | 12 | K | 30504 |
| 5000 | 120 | CP29 | DPY | 143000 | 3200 | MP 31\*26 | 280 | 65 | 165 | 500 | 6 |  | 41736 |
| 5000 | 230 |  |  | 135000 | 3200 | MP 36\*33 | 280 | 65 | 165 | 500 | 12 |  | 30505 |

Ватты: потребляемая мощность лампы. Для расчёта потребляемой энергии (кВтч) умножьте указанную мощность на время работы и раз­делите на 1000.

Вольты: напряжение питания лампы.

Приблизительная величина начальных люменов: приведённые значе­ния основаны на сферической фотометрии при номинальном напряже­нии ламп, которые уже отработали около 15% (или минимум, составля­ющий 2 часа) номинального срока службы.

Цветовая температура: цветовая температура указана по шкале Кель­вина. Зрительное ощущение "теплоты" или "холода" света. Чем выше число, тем "белее" или "холоднее" кажется свет.

Форма тела накала: следующие обозначения используются для обоз­начения формы тела накала:

SC — осевая одиночная спираль — соответствует ANSI С8,

СС — осевая одиночная спираль — соответствует ANSI CC8,

МР — одноплоскостная сетка — соответствует ANSI C13,

BP — двухплоскостная сетка — соответствует ANSI C13D,

TF — двойная одноплоскостная сетка — соответствует ANSI 2C13,

S.C.H. — одиночная спираль шестиугольная — соответствует ANSI 6—C8,

S.C.S.— одиночная спираль квадратная — соответствует ANSI 4—C8.

Тело накала, H&W: размеры тела накала в мм.

Длина: длина лампы в мм.

Диаметр: диаметр лампы в мм.

LCL: расстояние до центра тела накала в мм.

Номинальный средний срок службы: момент времени, когда 50% всех установленных ламп ещё горят.

Количество в упаковке: количество ламп в одной коробке.

**Примечания:**

А — параболический отражатель (щит), расположенный перед телом накала, маскирующий прямой свет.

В — работа при горизонтальном или почти горизонтальном положе­нии.

С — предохранение от влаги; рекомендуется использовать специаль­ные защитные устройства.

D — треснутая лампа должна быть немедленно заменена, т.к. вслед­ствие внутреннего давления в колбе она может неожиданно лопнуть (расколоться).

Е — необходимо постоянное использование защитного экрана для лампы.

F — рабочее положение цоколем вниз по отношению к горизонталь­ному положению.

G — рабочее положение цоколем вниз 30°.

H — возможен заказ данной позиции на номинальное напряжение 100 вольт.

J — возможен заказ данной позиции на номинальное напряжение 120 вольт.

К — специально разработана для использования в прожекторах.

L — лампа с двойным телом накала. Световой спектр соотносится по выбору либо с одинарным, либо с двойным телом накала.

М — минимальная температура нагрева стенки колбы вольфрам-га­логенной лампы составляет 250°С.

N — необходим предохранитель HBC 3—4 Ампера.

Р — необходим предохранитель HBC 5—6 Ампер.

Q — необходим предохранитель HBC 6—7 Ампер.

R — необходим предохранитель HBC 10 Ампер.

S — благодаря наличию внутреннего интегрального отражателя но­минальные люмены не показаны.

T — затемнённый верх.

V — благодаря наличию дихроичного отражателя номинальные лю­мены не показаны.

W — одноцокольные лампы с аксиальным биспиральным телом на­кала.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА**

*Таблица 2*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код LIF** | **Код ANSI** | **GE Lighting** | **Radium** | **Philips** | **Osram** |
| **Низковольтные галогенные лампы накаливания без отражателя** | | | | | |
| A1/215 | FCR | A1/215 FCR | - | 7023 | HLX64625 |
| A1/216 | FCS | A1/216 FCS | - | 7158 XHP | HLX64640 |
| A1/220 | BRL | A1/220 BRL | - | 7027 | HLX64610 |
| A1/223 | EHJ | A1/223 EHJ | - | 7748S | HLX64655 |
| A1/270 | - | A1/270 | - | 7787 | HLX64664 |
| **Низковольтные галогенные лампы накаливания с отражателем MR16** | | | | | |
| A1/259 | ELC | A1/259 ELC | - | 13163 | HLX64653 |
| A1/230 | EFN | A1/230 EFN | - | 6853 FO | HLX64615 |
| A1/231 | EFP | A1/231 EFP | - | 6834 | HLX64627 |
| A1/232 | EFR | A1/232 EFR | - | 6423 | HLX64634 |
| - | ENH | ENH | - | 13095 | 93506 |
| - | ENX | ENX | - | 13824 | 93525 |
| - | ELH | ELH | - | 13096 | 93518 |
| **Одноцокольные галогенные студийные и театральные лампы/ Цоколь GX 9,5** | | | | | |
| CP23 | - | CP23 | RHS 650W/CP23/230/GX9,5 | 6993P(CP67 FVC) | 64720 |
| CP24 | - | CP24 | RHS 1000W/CP70/230/GX9,5 | 6995P | 64745 |
| CP70 | FVA | CP70 FVA | RHS 1000W/CP70/230/GX9,5 | 6995P | 64745 |
| CP90 | - | CP90 | RHS 1200W/CP90/230/GX9,5 | 6895P | 64754 |
| T11 | - | T11 | - | - | - |
| T19 | FWP | T19 FWP | RHP 1000W/T19/230/GX9,5 | 6996P | 64744 |
| T12 | - | T12 | RHP 650W/T12/230/GX9,5 | 6998P(T21) | 64719 |
| T29 | FWS | T29 FWS | RHP 1200W/T29/230/GX9,5 | 6897P | 64752 |
| **Одноцокольные галогенные студийные и театральные лампы/ Цоколь GY 9,5** | | | | | |
| CP81 | FSL | CP81 FSL | RHS 300W/CP81/230/GY9,5 | 6872P | - |
| M38 | - | M38 | - | 6874 P | 64662 |
| CP82 | FRH | CP82 FRH | RHS 500W/CP82/230/GY9,5 | 6873P | - |
| M40 | - | M40 | - | 6877P | 64672 |
| A1/244 | - | A1/244 | RHS 500W/A1-244/230/GY9,5 | 7389 | 64680 |
| CP89 | FRL | CP89 FRL | RHS 650W/CP89/230/GY9,5 | 6638P | 64717 |
| A1/233 | DYR | A1/233 DYR | - | VL650 | 64686 |
| T18 | GCV | T18 GCV | - | 6820P | 64684 |
| T25 | GCV | T25 GCV | RHP 500W/T25/230/GY9,5 | 6820V | 64670 |
| T27 | GCT | T27 GCT | RHP 650W/T27/230/GY9,5 | 6823P | 64718 |
| T26 | GCT | T26 GCT | - | - | - |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код LIF** | **Код ANSI** | **GE Lighting** | **Radium** | **Philips** | **Osram** |
| **Одноцокольные галогенные студийные и театральные лампы/ Цоколь GY16** | | | | | |
| CP43 | FTM | CP43 FTM | RHS 2000W/CP72/230/GY16 | 6994P | 64788(CP72) |
| CP79 | - | CP79 | - | - | - |
| **Одноцокольные галогенные студийные и театральные лампы/ Цоколь G22** | | | | | |
| CP39 | FKH | CP39 FKH | RHS 650W/CP39/230/G22 | 6993Z(CP68) | 64721 |
| CP40 | FKJ | CP40 FKJ | RHS 1000W/CP71/230/G22 | 6995Z(CP71) | 64747(CP71) |
| CP93 | - | CP93 | - | - | 64756 |
| CP92 | - | CP92 | RHS 2000W/CP92/230/G22 | 6975Z | 64777 |
| CP91 | - | CP91 | RHS 2500W/CP91/230/G22 | 6894Y | 64796 |
| **Одноцокольные галогенные студийные и театральные лампы/ Цоколь G38** | | | | | |
| CP106 | - | HX270 | RHS 1000W/CP106/230/G38 |  | 64757 |
| CP41 | FKK | CP41 FKK | RHS 2000W/CP73/230/G38 | 6994Z | 64789(CP73) |
| CP94 | - | CP94 | - | - | 64798 |
| HX48 | - | HX48 | - | - | - |
| CP29 | - | CP29 | RHS 5000W/CP85/230/G38 | 6963Z | 64805(CP85) |
| CP83 | ECR | CP83 | RHS 1000W/CP83/230/G38 | - | 64815 |
| CP99 | BCM | - | - | - | 64818 |
| **Линейные (двухцокольные) галогенные лампы /Цоколь R7s** | | | | | |
| P2/7 | EKM | P2/7 EKM | RHS 1000W/P2-7/230/R7s | 13989R | 64741 |
| P2/6 | FAD | P2/6 FAD | - | 6365R | 54574 |
| P2/13 | DXX | P2/13 DXX | RHS 800W/P2-13/230/R7s | 13162R | 64571 |
| P2/11 | EME | P2/11 EME | - | 13162R | - |
| P2/20 | ELL | - | RHS 1000W/P2-20/230/R7s | 7786R | 64583 |
| P2/12 | FEX | - | RHS 1250W/P2-12/230/R7s | 6358R | 64751 |
| P2/27 | - | P2/27 FEX | - | - | 64781 |
| P2/36 | - | - | RHS 5000W/P2-36/230/K24s | - | 64800 |
| P2/10 | - | P2/10 | - | 7775R/16 | - |
| **Одноцокольные галогенные студийные и театральные лампы / Цоколь G9,5** | | | | | |
| - | GKV | GKV | RHS 600W/GKV/240/G9,5 | 6986P | 64716 |
| CP77 | FEP | CP77 FEP | - | 6983P | 93734 |
| - | FKR | FKR | - | - | 93728 |
| - | - | HPL575 | - | 6986P/S | - |
| - | - | HPL750 | - | - | - |
| - | - | HX800 | - | 6982P | - |
| **Лампы PAR 36,56,64** | | | | | |
| CP60 | EXC | CP60 EXC | RHS 1000W/CP60/230/GX16D | PAR64 NSP | 64737/3 |
| CP61 | EXD | CP61 EXD | RHS 1000W/CP61/230/GX16D | PAR64 SP | 64738/3 |
| CP62 | EXE | CP62 EXE | RHS 1000W/CP62/230/GX16D | PAR64 FL | 64739/3 |
| - | - | 4515(PAR36) | - | - | - |
| - | - | 300PAR56/NSP | - | PAR56 FLOOD | - |
| - | - | 300PAR56/WFL | - | PAR56 WIDE | - |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код LIF** | **Код ANSI** | **GE Lighting** | **Radium** | **Philips** | **Osram** |
| **Металлогалогенные лампы. Одноцокольные металлогалогенные лампы.** | | | | | |
|  |  |  | RSI 200W/SE/230/GZY9,5 |  | MSR 200W HR |
|  |  |  | RSI 250W/SE/230/FAX1,5 |  | HMI 250W/SE |
|  |  |  | RSI 400W/SE/230/GZZ9,5 |  | MSR 400W HR |
|  |  |  | RSI 575W/SE/230/G22 |  | MSR 575W HR |
|  |  |  | RSI 1200W/SE/230/G38 |  | MSR 1200W HR |
|  |  |  | RSI 2500W/SE/230/G38 |  | MSR 2500W HR |
|  |  |  | RSI 4000W/SE/230/G38 |  | MSR 4000W HR |
|  |  |  | RSI 575W/SE/P |  | HMP 575W/SE |
|  |  | CSS- 150/850/GY9,5 |  |  | HTI 150W |
|  |  |  |  |  | HTI 250W/SE |
|  |  |  |  |  | HTI 400W/SE |
|  |  |  |  | MSR 400W/SA | HTI 405W/SE |
|  |  |  |  | MSR 700W/SA |  |
|  |  |  |  | MSR 1200W/SA | HTI 1200W/SE |
|  |  |  |  |  | HTI 2500W/SE |
|  |  |  | RSD 200W/230/GY9,5 | MSD 200W | HSD 200W |
|  |  |  | RSD 250W/230/GY9,5 | MSD 250W | HSD 250W |
|  |  |  | RSR 400W/230/GX9,5 | MSR 400W | HSR 400W |
|  |  |  | RSR 700W/230/G22 | MSR 700W/2 | HSR 700W |
|  |  |  | RSR 1200W/230/G22 | MSR 1200W | HSR 1200W |
|  |  |  | RSR 575W/230/GX9,5 | MSR 575W/2 | HSR 575W/2 |
| **Линейные (двухцокольные) металлогалогенные лампы** | | | | | |
|  |  |  | RSI 200W/230/X515 |  | HMI 200W |
|  |  |  | RSI 575W/230/SFC10 | MSI 575W | HMI 575/GS |
|  |  |  |  |  | HMI 1200W/S |
|  |  |  | RSI 1200W/230/SFC15,5 | MSI 1200W | HMI 1200W/GS |
|  |  |  |  | MSI 1800W |  |
|  |  |  | RSI 2500W/230/SFA21 | MSI 2500W | HMI 2500W/GS |
|  |  |  | RSI 4000W/400/SFA21 | MSI 4000W | HMI 4000W |
|  |  |  | RSI 6000W/230/S25,5 | MSI 6000W | HMI 6000W |
|  |  |  | RSI 6000W/230/S25,5 | MID 12000W | HMI  12000W/GS |
|  |  |  | RSI 12000W/400/S25,5 |  | HMI 12000W |
|  |  |  | RSI 18000W/400/S30 |  | HMI 18000W |

**СОКРАЩЕНИЯ В НАЗВАНИЯХ РАЗРЯДНЫХ ЛАМП PHILIPS**

*Таблица 3*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MSR xxx** |  | **MSR = Medium Source Rare Earth** |
|  | **MSR xxx HR** | **HR = Hot Restrike горячий поджиг** |
|  | **MSR xxx SA** | **SA = Short Arc короткая дуга** |
|  | **MSR xxx SA/DE** | **DE = double ended двухцокольная** |
| **MSD xxx** |  | **MSD = Medium Source Daylight** |
| **CPL xxx** |  | **CPL = Compact Power light** |
| **Ceramic ST** |  | **ST = studio and theatre** |

**§ 7. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА СВЕТОДИОДЫ**

Полупроводниковые светоизлучающие приборы — светодиоды — называют источниками света будущего. Достигнутые характеристики светодиодов (для белых светодиодов световая отдача до 25 лм/Вт при мощности прибора до 5 Вт, Ra=80—85, срок службы 100 000 часов) уже обеспечили лидерство в светосигнальной аппаратуре, автомобильной и авиационной технике. Светодиодные источники света стоят на пороге вторжения на рынок общего освещения и в театральную практику. Уже существуют светодиодные приборы, позволяющие регулировать свето­вой поток по сигналу DMX512, что даёт возможность их подключения напрямую к световому пульту, не используя диммер (как для галогенных источников) или механический темнитель (как для разрядных источни­ков).

Светодиоды, или светоизлучающие диоды (в английском варианте LED — light emitting diodes), хорошо известны каждому как мини­атюрные индикаторы (обычно красного или зелёного цвета), применяемые в аудио и ви­деоаппаратуре и в бытовой технике. Прежде всего, светодиод — это полупроводниковый диод, то есть по сути дела p-n переход. Напо­мним, что р-п-переход — это «кирпичик» по­лупроводниковой электронной техники, представляющий собой соеди­нённые вместе два куска полупроводника с разными типами проводи­мости (один с избытком электронов — «n-тип», второй с избытком ды­рок — «p-тип»). Если к p-n переходу приложить «прямое смещение», т. е. подсоединить источник электрического тока плюсом к p-части, то че­рез него потечёт ток. Современные технологии позволяют создавать ин­тегральные схемы, содержащие огромное количество p-n переходов на одном кристалле; так, в процессоре Pentium-IV их количество измеря­ется десятками миллионов.



Нас интересует, что происходит после того, как через прямо смещён­ный p-n переход пошел ток, а именно момент рекомбинации носителей электрического заряда — электронов и дырок, когда имеющие отрица­тельный заряд электроны "находят пристанище" в положительно заря­женных ионах кристаллической решётки полупроводника. Оказывает­ся, что такая рекомбинация может быть излучательной, при этом в мо­мент встречи электрона и дырки выделяется энергия в виде излучения кванта света — фотона. В случае безызлучательной рекомбинации энер­гия расходуется на нагрев вещества. В природе существует как минимум 5 видов излучательной рекомбинации носителей зарядов, в том числе так называемая прямозонная рекомбинация. Впервые это явление в да­лекие 20-е годы исследовал О.В. Лосев, наблюдавший свечение крис­таллов карборунда (карбид кремния SiC). Для большинства полупро­водниковых диодов это явление — просто «побочный эффект», не име­ющий практического смысла. Для светодиодов же излучательная реком­бинация — физическая основа их работы.

Первые имеющие промышленное значение светодиоды были созда­ны на основе структур GaAsP/GaP Ником Холоньяком (США). Поми­мо них в 60-е годы были созданы светодиоды из GaP c красным и жёл­то-зелёным свечением. Внешний квантовый выход (отношение числа излучённых светодиодом фотонов к общему числу перенесённых через р-п-переход элементарных зарядов) был не более 0,1%. Длина волны излучения этих приборов находилась в пределах 500—600 нм — облас­ти наивысшей чувствительности человеческого глаза, — поэтому яр­кость их жёлто-зелёного излучения была достаточной для целей инди­кации. Световая отдача светодиодов при этом составляла приблизи­тельно 1—2 лм/Вт.

Дальнейшее совершенствование светодиодов проходило по двум на­правлениям — увеличение внешнего квантового выхода и расширение спектра излучения. Велик вклад в эту работу советских ученых, в част­ности Ж.И. Алфёрова с сотрудниками, еще в 70-е годы разработавших так называемые многопроходные двойные гетероструктуры, позволив­шие значительно увеличить внешний квантовый выход за счет ограни­чения активной области рекомбинации. Использовались гетерострук- туры на основе арсенидов галлия-алюминия, при этом был достигнут внешний квантовый выход до 15% для красной части спектра (световая отдача до 10 лм/Вт) и более 30% — для инфракрасной. Показателен факт присуждения Жоресу Ивановичу Алфёрову Нобелевской премии в 2000 году, когда стали очевидными важность и огромное значение его работ для развития науки и техники.

Исследования других гетероструктур привели к созданию эффектив­ных светодиодов, излучающих в других областях спектра. Так, светоди­оды на основе фосфидов алюминия-галлия-индия (разработка компа­нии Hewlett Packard) излучали красно-оранжевый, жёлтый и жёлто-зелё­ный свет. Они имели световую отдачу до 30 лм/Вт (и внешний кванто­вый выход до 55%), превосходя лампы накаливания. При этом необхо­димо понимать, что, в отличие от ламп накаливания, светодиоды излу­чают свет в относительно узкой полосе спектра, ширина которой со­ставляет 20—50 нм. Они занимают промежуточное положение между лазерами, свет которых монохроматичен (излучение со строго опреде­лённой длиной волны), и лампами различных типов, излучающих бе­лый свет (смесь излучений различных спектров). Иногда такое «узкопо­лосное» излучение называют «квазимонохроматическим». Как источ­ники «цветного» света, светодиоды давно обогнали лампы накаливания со светофильтрами. Так, световая отдача лампы накаливания с красным светофильтром составляет всего 3 лм/Вт, в то время как красные свето- диоды сегодня дают 30 лм/Вт и более. Например, новейшие приборы Luxeon производства американской компании Lumileds обеспечивают 50 лм/Вт для красной и даже 65 лм/Вт для оранжево-красной части спектра. Впрочем, и это не рекорд — для жёлто-оранжевых светодиодов планка 100 лм/Вт уже взята.

Долгое время развитие светодиодов сдерживалось отсутствием при­боров, излучающих в синем диапазоне. Эту проблему решил несколько лет назад Ш. Накамура из компании Nichia Chemical с помощью гете­ 317



роструктуры на основе нитрида индия-галлия InGaN. В сине-зелёной области спектра удалось добиться внешнего квантового выхода до 20% и вплотную приблизиться по эффективности к люминесцентным лам­пам (световая отдача 60—80 лм/Вт).

Изобретение синих светодиодов замкнуло «RGB-круг»: теперь стало возможным получение любого цвета, в том числе любого оттенка бело­го цвета простым смешением цветов. При этом могут быть использова­ны как отдельные светодиоды разных цветов, так и трёхкристальные светодиоды, объединяющие кристаллы красного, синего и зелёного свечения в одном корпусе. Если синий светодиод покрыть специаль­ным жёлтым люминофором, мы получим белый свет. Белые светодиоды намного дешевле трёхкристальных, обладают хорошей цветопередачей, а по световой отдаче (до 30 лм/Вт) они уже обогнали лампы накалива­ния («мировые рекорды» яркости, мощности и эффективности, похо­же, начали сыпаться, как из рога изобилия; на последней Lightfair-2002 Lumileds Lighting показала белый Luxeon мощностью 5 Вт с потоком 120 лм). Еще один метод — возбуждение трёхслойного люминофора светодиодом ультрафиолетового спектра по аналогии с кинескопом цветного телевизора (УФ-светодиод в данном случае «заменяет» элек­тронную пушку кинескопа).

Кристалл светодиода — практически точечный источник света, по­этому корпус может быть очень миниатюрным. Конструкция корпуса светодиода должна обеспечить минимальные потери излучения при вы­ходе во внешнюю среду и фокусирование света в заданном телесном уг­ле. Кроме того, должен быть обеспечен эффективный отвод тепла от кристалла. Самая распространённая конструкция светодиода — тради­ционный 5-миллиметровый корпус. Конечно, это не единственный ва­риант «упаковки» кристалла. Например, для сверхъярких светодиодов, рассчитанных на большие токи, требуется массивный теплоотвод.

**Три способа получить белый свет:**



к

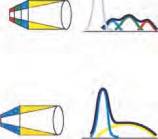
Красный + синий + зеленый светодиоды Динамическая настройка цветов Отличная цветопередача Широчайшая гамма возможных цветов

^Ч - /\ Красный + синий + зеленый

/ \f\fl 1 Динамическая настройка цв<

J 1 Отличная цветопередача

г\_ / ' \ Широчайшая гамма возможь



Самый простой и дешевый способ

Хорошая цветопередача

Синий светодиод + желтый люминофор

Возможна настройка белого цвета путем подбора

люминофора

Отличная цветопередача

УФ-соетодйоя + RGB-люминофор



**КОНСТРУКЦИЯ СВЕТОДИОДА**

пластиковая линза

силикон



анод

кристалл

катод

алюминиевая или медная основа

**ПРЕИМУЩЕСТВА СВЕТОДИОДОВ**

Кроме высокой световой отдачи, малого энергопотребления и воз­можности получения любого цвета излучения, светодиоды обладают целым рядом других замечательных свойств. Отсутствие нити накалива­ния благодаря нетепловой природе излучения светодиодов обусловли­вает фантастический срок службы. Производители светодиодов декла­рируют срок службы до 100 тысяч часов, или 11 лет непрерывной рабо­ты, — срок, сравнимый с жизненным циклом многих осветительных ус­тановок. Отсутствие стеклянной колбы определяет очень высокую ме­ханическую прочность и надежность. Малое тепловыделение и низкое питающее напряжение гарантируют высокий уровень безопасности, а безынерционность делает светодиоды незаменимыми, когда нужно вы­сокое быстродействие (например, для стоп-сигналов).

Сверхминиатюрность и встроенное светораспределение определяют другие, не менее важные достоинства. Световые приборы на основе светодиодов оказываются компактными, плоскими и удобными в уста­новке.

**СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Обычно в справочных данных указывается осевая сила света Io све- тодиода в милликанделлах для заданного значения прямого тока J^,. Для современных сверхъярких светодиодов значение Io колеблется в пределах 200—5000 мКд (здесь речь идет о стандартных 5-миллиметро­вых светодиодах, для приборов большего размера прямой ток может из­меряться сотнями миллиампер и даже амперами, а сила света — десят­ками канделл).

корпус

Характер светораспределения определяется углом излучения. Естес­твенно, чем меньше угол излучения, тем больше осевая сила света при том же световом потоке. Обычно указываются цвет свечения и длина волны излучения. Цветовая температура и общий индекс цветопереда­чи весьма актуальны для белых светодиодов, применяемых в целях ос­вещения.

Производители декларируют Ra до 75—85 (хорошая цветопередача). Еще больших результатов можно добиться, «синтезируя» белый цвет пу­тем смешения нескольких цветов; при этом белые светодиоды могут ис­пользоваться совместно с «цветными».

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Электрические характерис­тики светодиодов очень важны по двум причинам. Во-первых, светодиод должен работать в правильном режиме, чтобы полностью реализовать свой ресурс; во-вторых, яркостью светодиодов можно легко уп­равлять, а если применять сме­шение цветов, таким же лег­ким становится управление цветом прибора, в состав кото­рого входят светодиоды разных цветов.

Полную информацию о поведении светодиода даёт его вольтампер- ная характеристика (ВАХ), повторяющая по форме ВАХ обычного кремниевого диода. В случае обратного включения светодиода через не­го протекает малый ток утечки 10бр, светодиод при этом не излучает све­та. Обратное напряжение, приложенное к светодиоду, не должно пре­вышать предельно допустимого обратного напряжения иобр, иначе воз­можен пробой p-n перехода. Очень важно, чтобы ток, протекающий че­рез светодиод, не превышал предельно допустимый прямой ток, в про­тивном случае светодиод выйдет из строя. Току 1пр соответствует прямое напряжение ипр.



Светодиоды допускается «запитывать» в импульсном режиме, при этом импульсный ток, протекающий через прибор, может быть выше, чем значения постоянного тока (до 150 мА при длительности импуль­сов 100 мкс и частоте импульсов 1 кГц). Для управления яркостью све- тодиодов (и цветом, в случае смешения цветов) используется широтно- импульсная модуляция (ШИМ) — метод, очень распространённый в современной электронике. Это позволяет создавать контроллеры с воз­можностью плавного изменения яркости (диммеры) и цвета (колор- чейнджеры).



**§ 8. ОПТИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ**

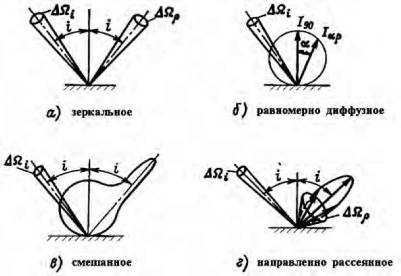
Совокупность оптических деталей, установленных в положении, за­данном расчётом и конструкцией, составляет оптическую систему при­бора.

Существуют следующие виды оптических деталей: линзы, зеркала, призмы и клинья, дифракционные решётки, сетки, экраны, светофиль­тры, защитные стёкла, поляризационные призмы, компенсаторы, све­товоды и др.

**ПЛОСКИЕ ОТРАЖАЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ (ПЛОСКИЕ ЗЕРКАЛА)**

Отражением называется возвращение излучения объектом без изме­нения длин волн составляющих его монохроматических излучений.

Существуют следующие виды отражения:



а) зеркальное отражение без рассеивания отражённого потока:

* падающий и отражённый лучи лежат в одной плоскости с перпен­дикуляром к элементу отражающей поверхности в точке падения луча;
* угол падения луча равен углу его отражения;
* закон квадратов расстояний для отражённого пучка соблюдается от источника света, а не от отражающей поверхности;

Aflj = Дйр; Lp = Lи рз = const, где Lи — яркость источника в преде­лах телесного угла Дй|, рз — коэффициент отражения зеркала;

б) равномерно диффузное отражение, при котором отражённый поток излучения рассеивается так, что яркость во всех направлениях полупро­странства одинакова:

Aflj << АДр = 2П; L = Е-р/П; где L и E — яркость и освещённость поверхности, равномерно отражающей свет; р — её коэффициент отра­жения;

в) диффузное смешанное отражение, при котором наблюдается час­тично зеркальное и частично диффузное отражение:

при смешанном отражении индикатрису силы света можно разде­лить на две составляющие, одна из которых описывает равномерно диффузное отражение, другая — приближённо зеркальное. Напомним, что индикатрисой называют функцию, выражающую зависимость от­носительных значений фотометрической величины от направления;

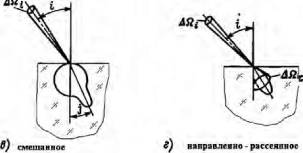
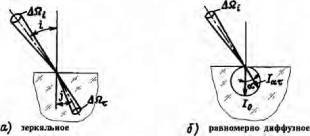
г) направленно-рассеянное отражение, при котором фотометрическое тело отражённых от участка поверхности сил света можно приближён­но описать вытянутым эллипсоидом вращения, большая ось которого располагается в направлении зеркального отражения.

АД( < АДр. В пределах АДр яркость отражающей поверхности не­постоянна. Максимальная яркость наблюдается в направлении зер­кального отражения.

**ПЛОСКИЕ ПРЕЛОМЛЯЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ**

Пропусканием называется прохождение излучения света сквозь сре­ду без изменения длин волн составляющих его монохроматических из­лучений.

**Возможны следующие виды пропускания:**



а) направленное отражение без рассеивания;

б) равномерно диффузное отражение, при котором прошедший поток излучения рассеивается так, что яркость во всех направлениях полупро­странства одинакова:

L=E,T/n=const, где L — яркость поверхности, пропустившей световой поток, E — освещённость поверхности, на которую падает световой по­ток, Т — коэффициент пропускания слоя среды;

в) смешанное отражение, при котором наблюдается частично направ­ленное, частично равномерное диффузное пропускание;

г) направленно-рассеянное отражение, при котором индикатриса силы света приближённо описывается вытянутым эллипсоидом вращения.

Монохроматический поток излучения Ф(А,), падающий на тело, де­лится на три части: отражённую, поглощённую и прошедшую. Отноше­ние каждой из этих составляющих к падающему потоку называется, со­ответственно, спектральным коэффициентом отражения — р(Х), погло­щения — а(А) и пропускания — Т(А). Очевидно, что:

р(А)+ а(А) + Т(А) = 1.

**Оптическая плотность среды D = lg(1/T).**

**ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЛАСТИНА**

При прохождении света через плоскопараллельную пластину прелом­ление происходит на двух параллельных границах. Поэтому при прохож­дении через пластину световой луч не меняет направление распростране­ния, а только смещается параллельно самому себе.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | | |
| п | **р X** | N. "В |  |
|  | | \*Х <v К | |

**d sin (а -р)**

**р**

**cos**

<

а — величина смещения луча; d — толщина пластины;

а — угол падения на первую границу раздела;

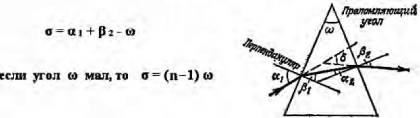
в — угол преломления на первой границе раздела, равный углу паде­ния на вторую границу раздела; n — показатель преломления.

Предполагается, что среда по обе стороны пластины одна и та же.

**ПРИЗМА**

В призме световой луч дважды испытывает преломление на прелом­ляющих гранях и изменяет своё направление. Полное отклонение луча

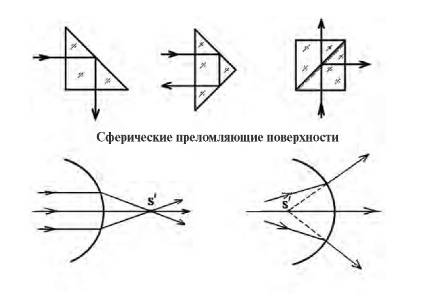
зависит от угла падения света на призму и от преломляющего угла приз­мы.



8 — угол отклонения луча призмой; ttj — угол падения на первую грань; ^2 — угол преломления на второй грани; Ю — преломляющий угол призмы; n — показатель преломления.

Призмы применяются в следующих целях: изменение хода лучей в приборах, изменение направления оптической оси системы; изменение направления линии визирования; оборачивание изображения; умень­шение габаритного хода лучей; разделение пучков лучей; вращение изо­бражения или компенсация поворота изображения; разложение света; поляризация света и др.

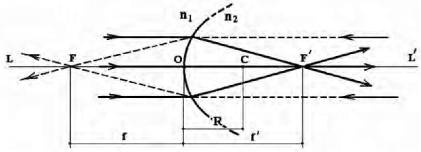
**Примеры хода лучей в призмах**



Действительное изображение

Мнимое изображение

Если изображение образовано пересечением самих лучей, то оно на­зывается действительным, а если изображение образовано пересечением геометрических продолжений лучей, то оно называется мнимым.



**ПРЕЛОМЛЕНИЕ ЛУЧЕЙ СФЕРИЧЕСКОИ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

nj — коэффициент преломления первой среды (пвоздуха = 1);

n2 — коэффициент преломления второй среды.

Пространство предметов — пространство, расположенное слева от преломляющей поверхности (при ходе лучей слева направо).

Пространство изображений — пространство, расположенное справа от преломляющей поверхности (в случае хода лучей справа налево про­странства предметов и изображений меняются местами).

**C — центр сферической поверхности;**

**R — радиус кривизны поверхности;**

L L' — оптическая ось, проходящая через центр сферы;

О — вершина сферической поверхности;

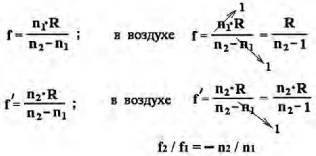
F' — задний фокус сферической поверхности — точка, в которой схо­дятся после преломления параллельные лучи, идущие слева направо;

F — передний фокус сферической поверхности — точка, в которой сходятся после преломления параллельные лучи, идущие справа налево (обратный ход лучей);

**f — переднее фокусное расстояние;**

Фокусные расстояния зависят от радиуса кривизны поверхности R и

**f— заднее фокусное расстояние.**

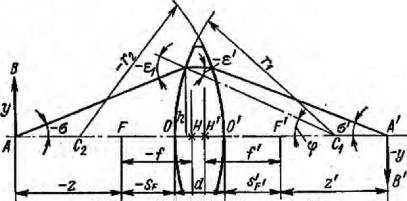


от материала сред — iij, п2. Фокусные расстояния сферической поверх­ности различны по знаку и не равны по абсолютной величине, т. к.

Ilj п2.

Правила знаков для расчёта оптических систем:

* **положительным направлением вдоль оптической оси считается на­правление света слева направо;**
* оптическую систему принято изображать так, чтобы её первая (входная) поверхность располагалась на рисунке слева;
* угол луча с оптической осью считается положительным, если луч, пересекая ось, идёт сверху вниз, и отрицательным — снизу вверх;
* линейные величины предмета и изображения, а также отрезки высот лучей считаются положительными, если они расположены над осью, и отрицательными — под осью;
* радиус кривизны поверхности считается положительным, если её центр кривизны находится справа от поверхности, и отрицательным — слева от поверхности, т.е. отсчёт производится от поверхности к центру;
* величины толщин и воздушных промежутков между преломляющи­ми поверхностями при движении света слева направо всегда считаются положительными;
* фокусные расстояния считаются положительными по направлению света от главных плоскостей;
* углы между лучом и нормалью к поверхности в точках падения луча (углы падения и преломления) считаются положительными, если нор­маль должна быть повёрнута по ходу часовой стрелки, чтобы совпасть с направлением луча;
* угол между нормалью и оптической осью считается положительным, если оптическая ось должна быть повёрнута по направлению движения часовой стрелки, чтобы совпасть с нормалью;
* при преломлении или отражении лучей на сферической поверхно­сти за начало отсчёта отрезка принимается вершина поверхности (точ-



f

. ***-s --V*** Д ' L***4t' s'***

>- -—

Правило обозначения размеров и угловых величин



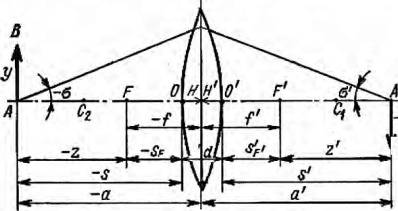
ка О). Отрезки считаются положительными, если они откладываются вдоль оси справа от точки О по направлению распространения света, и отрицательными, когда откладываются слева от точки О.

В случае отрицательных значений указанных выше величин перед ними ставится знак минус.

Соответственные (одноимённые) и сопряжённые точки, отрезки и углы в пространстве предметов и пространстве изображений указыва­ются одинаковыми буквами, но обозначения, относящиеся к простран­ству изображений, отличаются знаком «штрих» вверху каждой буквы.

Случай преломления на одной сферической поверхности сравни­тельно редок. Большинство реальных преломляющих систем содержит по крайней мере две преломляющие поверхности (линза) или большее их число.

Система сферических поверхностей считается центрированной, ес­ли центры всех поверхностей лежат на одной прямой, которая называ­ется главной оптической осью системы.



***Ч'***

t

!

Если лучи выходят из одной точки или сходятся в одной точке, то та­кой пучок называется гомоцентрическим.

**ЛИНЗЫ**

Линзами называют детали из оптически прозрачных однородных материалов, ограниченные двумя преломляющими поверхностями, из которых по крайней мере одна является поверхностью тела вращения (сфера, асферическая или цилиндрическая поверхность). В соответ­ствии с этим различают линзы сферические, асферические и цилиндри­ческие.

Проходящие через линзу лучи преломляются дважды. При построе­нии хода лучей преломление на обеих границах заменяют одним пре­ломлением в так называемой главной плоскости линзы. Все расстояния (фокусное расстояние, расстояния до предмета и изображения) отсчи- тываются от главной плоскости линзы.

О О' — главная оптическая ось, проходит через центры кривизны обеих поверхностей;

Н Н' — главная плоскость линзы (малым расстоянием между плоско­стями Н и Н' пренебрегают, точки Н и Н' совпадают);

Пересечение главной плоскости и главной оптической оси проходит через оптический центр линзы — точки Н (Н').

F — передний фокус системы — точка, сопряжённая с бесконечно удалённой точкой, расположенной на оси системы в пространстве изо­бражений;

F' — задний фокус системы — точка, сопряжённая с бесконечно уда­лённой точкой, расположенной на оси системы в пространстве предме­тов;

f — переднее фокусное расстояние;

f' — заднее фокусное расстояние;

а — расстояние до предмета;

а'— расстояние до изображения;

S'F' — задний вершинный фокальный отрезок;

SF — передний вершинный фокальный отрезок;

d — толщина линзы.

Линза называется тонкой, если её вершины можно считать совпадаю­щими, т.е. если толщина линзы d мала по сравнению с радиусами кри­визны ограничивающих поверхностей.



**1** **=** (п-1) ~ ) **;**



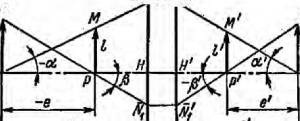
Формулы тонкой линзы, находящейся в воздухе:

полагая S=oo ; S : Г

**RrRi**

- Г=

{n-lJ-CRj-RJ



**щ L<**

в

***-***а

***в'***

***У\****

***У***

*А*

Соотношения между линейным, угловым и продольным увеличениями

**Линейное (поперечное) увеличение оптической системы:**

V = y'/y = -z'/f = -f / z ; zz' = ff — формула Ньютона. Угловое увеличение оптической системы: W = а'/а = f / z'= z / f. Продольное увеличение оптической системы: Q=e'/e. QW=V. Для систем в однородной среде Q=V[[22]](#footnote-23).

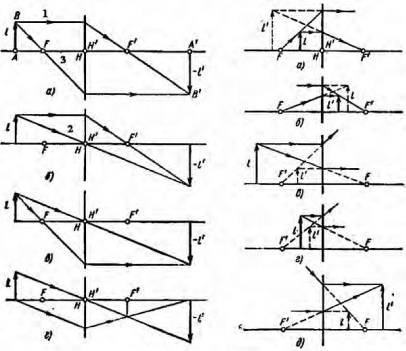
Оптическая сила линзы, находящейся в воздухе, — величина, обрат­ная заднему фокусному расстоянию линзы:

**Ф = 1 / f,**

измеряется в диоптриях при условии, что f' измеряется в метрах. 1 дптр — оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой 1 м.

**ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТОНКОЙ ЛИНЗЕ**

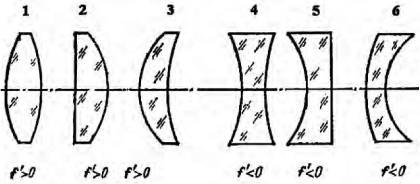
Для построения изображения достаточно воспользоваться двумя из трёх характерных лучей:



а, б - положительные линзы; в, г, д - отрицательные линзы

3. посылаем луч через точку переднего фокуса F; после преломления на главной плоскости луч пойдёт параллельно оптической оси.

**ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЛИНЗ**



Если параллельные лучи после преломления в линзе сходятся, то линза называется собирательной, или положительной (f' > 0):

1. — двояковыпуклая,
2. — плоско-выпуклая,
3. — вогнуто-выпуклая (R1 < R2) — положительный мениск.

Если параллельные лучи после преломления в линзе расходятся, то линза называется рассеивающей, или отрицательной (f' < 0):

1. — двояковогнутая,
2. — плоско-вогнутая,
3. — выпукло-вогнутая (R1 > R2) — отрицательный мениск.

Рассмотрены варианты для случая, когда коэффициент преломле­ния линзы больше коэффициента преломления среды, т.е. линза нахо­дится в воздухе. Если материал линзы преломляет меньше, чем окружа­ющая среда (например, воздушные полости в воде), то рассеивающие и собирающие линзы поменяются местами: 1, 2, 3 — отрицательные, 4, 5, 6 — положительные.

**ОГРАНИЧЕНИЕ ПУЧКОВ ЛУЧЕЙ В ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Диафрагмы и оправы оптических деталей ограничивают пучки лу­чей, поступающие в оптическую систему.

Апертурная диафрагма — диафрагма, ограничивающая пучок лучей, выходящий из осевой точки предмета (ограничивает числовую аперту­ру или светосилу прибора). АД может располагаться до оптической си­стемы, внутри неё и за оптической системой.

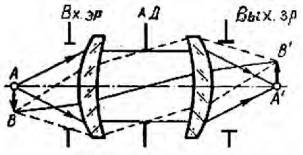
Входной зрачок — изображение апертурной диафрагмы в простран­стве предметов. Сама АД, если она расположена в области предметов, является входным зрачком оптической системы.

*Таблица 1*

**Определение и назначение некоторых линз и линзовых систем**

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип линз (системы)** | **Определение и назначение** |
| Мениск | Радиусы кривизны одинаковы по знаку |
| Линза афокальная | Оптическая сила линзы равна нулю |
| Линза бифокальная | Одна часть поверхности имеет один радиус кривизны, другая — другой радиус кривизны |
| Линза зеркальная | Одна поверхность работает как отражающее зеркало, другая — как преломляющая поверхность |
| Коллектив, коллектив-сетка | Линза, расположенная в фокальных плоскостях или вблизи них и предназначенная для отклонения к оси пучков лучей с целью уменьшения габаритов оптической системы. На одной из поверхностей могут быть деления (сетка) |
| Конденсор, коллектор | Положительная линза или система линз, служащая для отклонения к оси пучков лучей, идущих от источников света |
| Система панкратическая | Система линз для получения плавного изменения увеличения |
| Система перемены увеличения | Система линз для получения ряда дискретных значений увеличения прибора |
| Объектив | Линза, система линз или система линз и зеркал, служащая для получения действительного изображения предмета (или его проекции на экран) |
| Окуляр | Линза или система линз, служащая для рассматривания изображений и помещаемая перед глазом |

Выходной зрачок — изображение апертурной диафрагмы в простран­стве изображений. Сама АД, если она расположена в пространстве изо­бражений, является выходным зрачком.



Глава 15

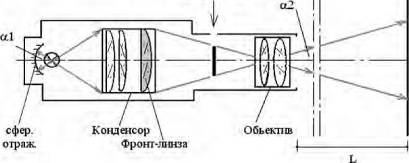
**Сценические световые эффекты**

**§ 1. ТЕАТРАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ**

Театральный проекционный прибор предназначен для перенесения (проецирования) с большим увеличением изображения картины или предмета на экран или театральную декорацию. При этом изображение обычно получается сильно увеличенным. Так, например, при проеци­ровании кадра размером 18х24 мм на экран размером 3,6х4,8 м линей­ное увеличение равно 200, а площадь изображения превышает площадь кадра в 40 тысяч раз.

**экран**

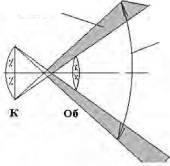
**диапозитив**



**Расстояние до экрана**

Проекционные аппараты, предназначенные для демонстрации про­зрачных объектов (диафильмов, диапозитивов и т.п.), называются диас­копами (от греческого dia — «через, прозрачный»). Освещение объекта производится достаточно мощным источником через конденсор. За ис­точником устанавливается вогнутое зеркало (отражатель) так, чтобы ис­точник находился в его центре. Это зеркало, направляя обратно свето­вой поток, падающий на заднюю стенку диапроектора, увеличивает ос­вещённость объекта. Объект помещается вблизи фокальной плоскости объектива, который даёт изображение на удалённом экране. Для резкой наводки объектив может плавно перемещаться. Размер изображения за­висит от фокусного расстояния объектива.

Конденсор[[23]](#footnote-24) — это короткофокусная линза или система линз (либо линз и зеркал), предназначенная для концентрации светового потока и равномерного освещения всего поля изображения (всего диапозитива). Фронтальная линза — это последняя, выходная линза в конденсоре; её можно вынуть и заменить другой. Назначение фронтальной линзы —сократить потери светового потока из-за возможного несоответствия диаметров конденсора и объектива.



**Фронт-линза конденсора**

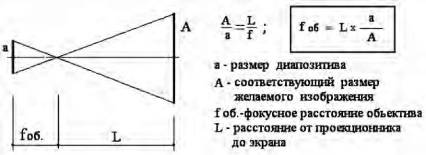
потер!I светового потокл

выходном поток m конденсора

Тонкая юстировка (настройка) оптической системы проекционного аппарата осуществляется изменением взаимного расположения источ­ника света и отражателя с помощью специальной каретки.

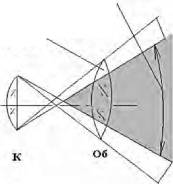
Для демонстрации на экране непрозрачных предметов, например, рисунков, выполненных на бумаге, служит прибор, называемый эпиас- копом. В эпиаскопе объект сильно освещается сбоку источником с от­ражателем (вогнутым зеркалом); отражённые лучи от каждой точки объекта попадают на плоское зеркало, которое поворачивает их и на­правляет в объектив, дающий изображение на экране.

Чаще всего применяют приборы, имеющие двойную систему для проецирования как прозрачных, так и непрозрачных объектов. Такие приборы называются эпидиаскопами.



В работающем проекционном аппарате существует опасность чрез­мерного нагрева конденсора и объекта. Существует два варианта защи­ты:

* изоляция от теплового потока с помощью теплофильтров;



выходной поток ш конденсора \*

неработающая юна объек rim а

* принудительное охлаждение с помощью вентилятора или специ­ального компрессора (холодильника).

Теплофильтры — это наборные прозрачные пластины, изготовлен­ные из стекла, поглощающего инфракрасное излучение и пропускаю­щего видимый спектр. Устанавливают теплофильтры (один или не­сколько) между конденсорными линзами или между источником и кон­денсором. Располагать фильтр перед диапозитивом нельзя: на экране получится изображение стыков стеклянных пластин. Тепловые стек­лянные фильтры поглощают часть видимого света, уменьшая его яр­кость, поэтому в современных разработках от них отказываются.

Ещё один способ уменьшения нагрева — специальное покрытие от­ражателя, которое пропускает через себя инфракрасное излучение и от­ражает видимую часть спектра. Благодаря этой фильтрации падающий на объект суммарный световой поток (прямой и отражённый) несет меньше тепла.

Охлаждение воздушной струёй с помощью вентиляторов и специ­альных холодильников весьма эффективно, но такая система увеличи­вает габариты прибора и его стоимость, к тому же появляется сильный шум. Эти недостатки пытаются устранять в новых моделях.

Проекция — элемент декорационного оформления — давно привле­кала художников, занимающихся сценическим светом. До появления проекционного прибора использовались всевозможные приставки и насадки на линзовые прожекторы.

Отечественная промышленность в 1960—70-е годы выпускала ком­плекты съёмных конденсорных обойм ОСК-150М, которые предназнача­лись для освещения диапозитивов, и комплекты съёмных объективов ОКП с различными фокусными расстояниями. Обойма устанавлива­лась на линзовый прожектор типа ПРУ-1-212 (универсальный, с про­жекторной лампой ПЖ 220—1000 Вт), на неё крепилась насадка с объ­ективом и устанавливался диапозитив. Подбирая объектив с нужным фокусным расстоянием, получали изображение желаемого размера.

***М г***



ОбоймасъёмнаяОСК-150М



Такой примитивный проекционный аппарат не обеспечивал доста­точной яркости и не годился для получения проекции на хорошо осве-

щённой сцене, но при затем­нении можно было получить изображение хорошего качес­тва.

Кроме стандартных теат­ральных объективов выпуска­лись приставки для получе­ния динамических световых эффектов.

ПП-2М — приставка про­екционная для получения светового эффекта движущих­ся волн. Внутри корпуса при­ставки по направляющим возвратно-поступательно пе­ремещаются три квадратные рамки, затянутые сетками из волнообразных проволок. Эксцентрики, укреплённые

на выходном валу редуктора, перемещают рамки-диапозитивы. Рельеф­ное стекло, установленное в пазы объектива, усиливает эффект.

ПРЭ-1М2 — приставка проекционная для получения динамических эффектов «облака», «дождь», «снег», «пожар» и т.п. Под съёмным кожу­хом установлен привод, состоящий из электродвигателя и коробки ско­ростей с четырьмя ступенями скоростей (0,11; 0,22; 0,84 и 1,73 об/мин). На вал редуктора устанавливают диски-диапозитивы с нужным изобра­жением (например, облака или дождь). На приставку можно установить один объектив или обойму из двух объективов.

В 1970-е годы отечественная промышленность выпускала театраль-



Проекционнаяприставка ПП-2М

Проекционные приставки ПРЭ-1М2

ные диапроекторы, которые, помимо получения проекции, использо­вались и для освещения. К ним относятся, в частности:

* ДПТ-3 с лампой накаливания мощностью 3 кВт;
* ДКТ-3 с ксеноновой газоразрядной лампой мощностью 3 кВт;
* ДМ-1 с низковольтной галогенной лампой накаливания 1 кВт;
* ДПТ-2500 с металлогалогенной газоразрядной лампой ДРИШ 2500.

Наибольший интерес представляет ДПТ-10 — самый мощный оте­чественный диапроектор для больших театральных и концертных залов. Он устанавливается на специальную тумбу, закреплённую на передвиж­ной тележке с четырьмя домкратами, что позволяет легко перемещать и жёстко закреплять прибор в заданном положении. Горизонтальная руч­ка на задней части основания корпуса служит для наклона и поворота при направке диапроектора.

Размер диапозитива 24х24 мм. С помощью специального устройства диапозитив можно поворачивать на 360° в любую сторону и фиксиро­вать стопорной рукояткой.

Светооптическая система ДПТ-10 состоит из галогенной лампы на­каливания, сферического отражателя, трёхлинзового конденсора, теп- лофильтра, набора объективов и поворотного плоского зеркала, уста­навливаемого под углом 45° к оси прибора перед объективом для разво­рота проецируемого изображения под углом 90° вниз или в стороны.

Галогенная прожекторная лампа с диаметром стеклянной колбы бо­лее 35 см имеет следующие технические характеристики:

* мощность 10 000 Вт;
* напряжение 220 В;
* световая отдача 29 лм/Вт;
* световой поток 290 000 лм;
* срок службы 300 часов.

Для охлаждения лампы, линз конденсора, диапозитивов использу­ются пять вентиляторов. Холодный воздух поступает через решетку жа­люзи, расположенную по периметру нижней части корпуса диапроекто­ра. Для предохранения от перегрева частей прибора, находящихся в зо­не прямого нагрева, лучистым потоком источника света служат тепло­защитные экраны.

Диапроектор допускает работу с серийными проекционными эф­фектными приставками ПРЭ-1 и ПП-2. В комплект диапроектора вхо­дят театральные объективы ОКП2-180-1, ОКП1-250-1, ОКП1-350-1 (с фокусными расстояниями 100, 180, 250, 350 мм), переходные тубусы, набор рамок для диапозитивов.

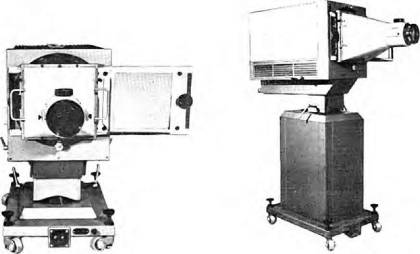
Среди зарубежных приборов в 1970-е годы наиболее популярными были проекторы фирм «Людвиг Пани» (Австрия) «Райхе и Фогель»

(ФРГ).

Эти приборы работают как с галогенными лампами накаливания, так и с металлогалогенными газоразрядными лампами HMI (отечест­венный аналог — ДРИШ). Назовем некоторые проекторы:

* ВР 2 с галогенной лампой накаливания на 220 В и 2000 Вт;
* ВР 5 с галогенной лампой накаливания на 220 В и 5000 Вт;
* ВР 1,2 HMI с металлогалогенной лампой, подключается к сети питания 220 В через пускорегулирующее устройство;
* ВР 4 HMI с металлогалогенной лампой, подключается к питаю­щей сети 380 В через пускорегулирующее устройство.

Плавный ввод светового потока металлогалогенных проекционных

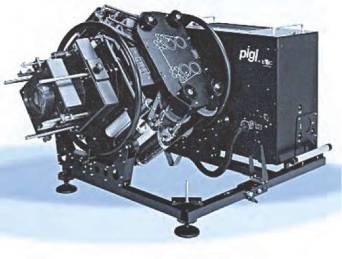


Диапроектор ДПТ-10 ***336***



аппаратов осуществляется при помощи механических шторок, имею­щих дистанционное управление. Возможно подключение дистанцион­но управляемой кассеты с диапозитивами и различных динамических эффектных приставок. В комплект входит набор объективов с различ­ными фокусными расстояниями.

Среди современных производителей проекционных приборов на­иболее преуспела французская компания Е/Т/С. Приборы, выпускаемые ЕТС, имеют большую линейку мощностей и могут быть использованы как в небольших театрах, так и во время уличных представлений для проекции изображения на здания. Проекторы ЕТС обладают большим разнообразием функциональных возможностей; управление парамет­рами осуществляет электронный блок. По сути, это сочетание проекто­ра и компьютера.



Проекционный аппарат Е/Т/С



Универсальные о бъеетивы с переменным фокусным расстоянием

Объективы для проект юни ков серии BP

**BP 4/HMI**

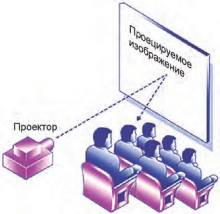
**§ 2. ПРОЕКЦИОННЫЕ ЭКРАНЫ**

Использование проекционного оборудования для сцены началось в 1860-х годах, ещё до появления ламп накаливания. С тех пор появилось множество сценических материалов, оборудования и технологий, спо­собных удовлетворить всех — от самого маленького до самого «Большо­го» театра.

Художник, желающий овладеть искусством проекции, неизбежно задаётся вопросами: как выбрать проектор, как подготовить картинки и на какой фон проецировать. В этой главе мы дадим информацию о важ­ной составляющей проекционной технологии — проекционных экра­нах, и подробно рассмотрим виниловые экраны ROSCO.

В некоторых случаях роль экрана могут выполнять кулисы и падуги, но их возможности с точки зрения максимально полного воплощения идей режиссёра не идут в сравнение со специально разработанным про­екционным экраном. В частности, никакие элементы традиционного сценического оформления не годятся для проекции изображения «на просвет»: они либо непрозрачны, либо окрашены, и цвет проектируе­мой картины искажается.

Для правильного выбора проекционной поверхности необходимо вначале выбрать способ проецирования.



**ФРОНТАЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ**

При фронтальной проекции проектор и зрители находятся по одну сторону экрана. Проектор обычно скрыт от аудитории — находится по­зади зрителей — и удален от экрана. Чем больше это расстояние, тем мощнее должен быть проектор.

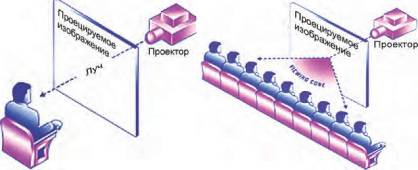
При фронтальной проекции изображение сохраняет свою интенсив­ность, чёткость и контрастность с большим углом обзора, то есть сидя­щие перед правым и левым краями экрана будут видеть изображение почти так же хорошо, как и сидящие по центру.

Экран для фронтальной по­верхности делается из материала с высокой отражательной способ­ностью, чтобы получить достаточ­но яркое изображение даже с ма­ломощным проектором.

У фронтальной проекции есть и свои недостатки. Во-первых, на­личие большой светлой поверхно­сти на сцене может отвлекать вни­мание зрителя. По словам некото­рых режиссёров, зрители «ждут, что сейчас начнётся кино». Во- вторых, приходится освещать об­ласть вокруг экрана, так как иначе из-за сильного отражения проек­ция «размывается». В-третьих, если в луч проектора попадают актёры или предметы, на экране появляются тени. Выбор места расположения источника с точки зрения минимизации теней может привести к иска­жению проекции. В этом случае приходится корректировать исходное изображение.

**ПРОЕКЦИЯ НА ПРОСВЕТ**

Чтобы получить проекцию «на просвет», экран помещают между проектором и зрителями, которые видят изображение сквозь экран. Эк­ран должен быть из материала с малыми коэффициентами отражения и поглощения, тонкий, чтобы получить изображение с необходимой оп­тической чёткостью и яркостью. Экран может быть тёмного цвета, что



позволяет замаскировать его среди декораций. Проектор устанавливают так, чтобы люди, перемещающиеся позади экрана, не попадали в проек­ционный луч. Предметы и люди перед экраном не создают помех проек­ции.

Можно достичь интересных эффектов при проецировании изобра­жения сквозь экран, расписанный красками, например, эффект пере­хода от дня к ночи.

У проекции «на просвет» также есть недостатки. Во-первых, так как источник мощный и луч его направлен на зрителя, в центре проекции образуется яркое световое пятно. Во-вторых, размеры сцены в глубину не позволяют устанавливать проектор достаточно далеко от экрана (как при фронтальной поверхности), поэтому экран должен иметь теплоза­щитный слой. Из-за этого качество изображения резко ухудшается для зрителей, сидящих сбоку от экрана.

При равной интенсивности, расстоянии и размере изображения фронтальная проекция даёт лучшие результаты, чем проекция «на про­свет». Для получения изображения равного качества при фронтальной про­екции требуется меньшая мощность проектора.



Пример световой проекции

**ЭКРАНЫ ДЛЯ ФРОНТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ**

Экраны Front White (фронтальные белые) производятся из хорошо отражающего светонепроницаемого материала и обеспечивают на­ибольшую яркость получаемых изображений при самом широком угле обзора. Из-за высокой отражательной способности эти экраны отража­ют также и паразитный свет. Поэтому необходимо позаботиться об его минимизации.

**ЭКРАНЫ ДЛЯ ПРОЕКЦИИ «НА ПРОСВЕТ»**

Проекционные экраны Black (чёрные) лучше всего использовать при большой освещённости. Прямая светопередача составляет всего около 6%, но контраст между тёмным фоном и светом от источника позволя­ет проецировать изображения с высокой степенью разрешения. Тёмно- серый (почти чёрный) цвет экрана позволяет получить хорошее разре­шение при проецировании сквозь него контрастного изображения. Та­кой экран незаметен среди декораций. Чёрные экраны особенно подхо­дят для балетных и оперных постановок, где их тёмная поверхность по­глощает отражение лучей прожекторов следящего света от пола. Угол обзора у этого экрана ограничен 60 градусами.

Проекционные экраны Grey (серые) обладают многими преимущес­твами чёрных экранов, но дают более широкий угол обзора. Средне-се­рый цвет помогает замаскировать экран на фоне декораций, позволяет добиться реалистических цветов и чёткости изображения. Угол обзора увеличивается до 120 градусов, а более светлый цвет экрана обеспечива­ет лучшую светопередачу и, следовательно, более яркое изображение.

Light Translucent (прозрачные) экраны имеют слегка матовую, светло-

Пример световой проекции

серую поверхность и применяются для различных целей. Их лучше все­го использовать при большой освещённости рассеянным светом, осо­бенно при проведении уличных мероприятий. Эти экраны имеют повы­шенную степень светопередачи, а получаемое изображение оказывает­ся достаточно ярким даже при повышенной внешней освещённости. Следует, однако, позаботиться о том, чтобы избежать появления яркого пятна в центре экрана напротив источника. Оно может быть видимо зрителями из-за высокой прозрачности экрана.

Экраны всех трёх типов могут также применяться в качестве диффу­зионных материалов для равномерной световой заливки задника.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЭКРАНЫ**

Экран Twin White (двусторонний белый) — самый универсальный про­екционный экран, предлагаемый ROSCO. Его молочно-белый цвет по­зволяет получать одинаково яркие изображения и при фронтальной проекции, и при проекции «на просвет». Это значит, что режиссёр мо­жет без проблем переходить от одного вида проекции к другому. Угол обзора для данного экрана составляет почти 180 градусов, то есть прак­тически каждый зритель в зале может видеть неискажённое изображе­ние. Так как экран слегка окрашен для улучшения отражения при фрон­тальной проекции, на качество изображения может повлиять отраже­ние рассеянного света, поэтому следует позаботиться о снижении осве­щённости вокруг экрана.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУСТОРОННЕГО ЭКРАНА ROSCO В ЦИКЛОРАМЕ**

Двусторонний белый экран является идеальной циклорамой для ки­нотеатров, видеостудий и театральной сцены. Молочно-белый цвет идеально рассеивает свет и не создаёт гребешковых искажений. Пре-



Пример световой проекции

восходные эффекты могут быть достигнуты при фронтальном освеще­нии экрана снизу и освещении задней поверхности экрана сверху. Осве­тительные приборы можно скрыть от зрителя при помощи самого экра­на или путем отклонения нижней части экрана вперед на 5 градусов.

**СПЕЦИФИКА РАБОТЫ С ВИНИЛОВЫМИ ЭКРАНАМИ**

Виниловые экраны долговечны, и за ними легко ухаживать. Если на муслиновом заднике появилось пятно, его очень трудно удалить без специальной чистки, а виниловый экран можно протереть раствором мягкого моющего средства. Его можно накрутить на валик для длитель­ного хранения. Виниловые экраны имеют длину до 24 м при практиче­ски неограниченной ширине.

При работе с ними нужно хорошо знать особенности этого материа­ла и владеть приёмами, позволяющими уменьшить или компенсировать недостатки экранов.

1. Освещённость сцены менее влияет на проекцию «на просвет», чем на фронтальную проекцию, поэтому, по возможности, используйте тех­нологию проекции «на просвет».

1. Все экраны ROSCO имеют матовую поверхность, уменьшающую отражение окружающего света.
2. Постарайтесь уменьшить отражение от пола. Для этого применя­ют специальные суперматовые грунтовки для сцены типа ROSCO Tough Prime Black или профессиональные театральные краски типа ROSCO Supersaturated Black с матовыми закрепляющими глазурями (например,

ROSCO Clear Flat).

1. Повесьте бесшовную сетку на расстоянии не менее 5 см перед эк­раном. Сетка поглотит бликующий свет, не ухудшая при этом качество полученного изображения.
2. Подвесьте экран так, чтобы проекция находилась на высоте не ме­нее 60 см от пола, и отражённый от пола свет не попадал на экран.
3. Располагайте осветительные приборы таким образом, чтобы уменьшить прямое попадание света на экран.
4. Используйте шторки для осветительных приборов для фокусиров­ки света вблизи или вокруг экрана. Располагайте актёров не ближе

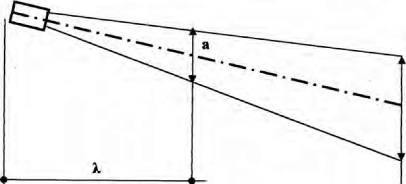
1,2 м от экрана, чтобы их было легче подсвечивать сзади и сбоку.

1. Для получения максимальной яркости изображения используйте высококонтрастные картинки. Постарайтесь максимально сфокусиро­вать изображение за счет уменьшения его размера. Используйте линзы с соответствующим фокусным расстоянием. Установите проектор как можно ближе к экрану.



**§ 3. ТРАНСПАРАНТНАЯ ПРОЕКЦИЯ**

Транспарантная проекция основана на получении теневого изобра­жения объекта, находящегося на пути световых лучей. Это простое све­тотехническое устройство — оптическая система, состоящая из источ­ника света, отражателя, металлического или прочного негорючего ма­териала слайда-маски (современное название — «гобо») внутри одного корпуса. Отсутствие сложных оптических элементов позволяет избе­жать световых потерь и получить достаточно яркое изображение. Транс- парантная проекция применяется для выявления бликов на плоскости живописного задника.



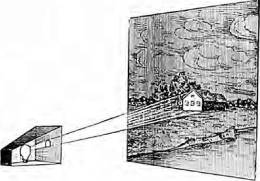
А

Л

А/а = ЛЛ,

Для получения необходимого изображения нужны объект, экран или задник, на который проецируется изображение и источник света. Объ­ектом, как правило, служит специальный шаблон (например, «облако» или «силуэт корабля»). Шаблоны вырезают из жести или выпиливают из фанеры по рисунку. Если рисунок настолько сложен, что отдельные его части не соединяются друг с другом, делают шаблон-раму. В этом случае части рисунка вырезают из чёрной бумаги и наклеивают на стек­ло. Можно нанести рисунок прямо на стекло чёрным лаком. При помо­щи ажурных шаблонов изображают на сцене тени от листвы деревьев, добиваются иллюзии солнечных бликов на плоскостной декорации.

Этот прием нашел широкое применение в западноевропейской и американской театральной практике. Для транспарантной проекции



Осветительная арматура транспарантной проекции

создавались специальные приборы.

К достоинствам транспарантной проекции надо отнести, во-первых, её выразительность (благодаря контрастности силуэтного рисунка), во- вторых, возможность её установки в любом месте сцены, в-третьих, воз­можность увеличения или уменьшения изображения даже при малой глубине сцены и, в-четвёртых, простоту оборудования и эксплуатации.

Недостатком является то, что при больших масштабах увеличения изображение становится расплывчатым. Наиболее чёткие проекции по­лучаются при освещении транспаранта точечным источником света.

Иногда расплывающаяся проекция нужна по замыслу. Например, режиссёр С. Радлов совместно с художником И. Рабиновичем в поста­новке оперы Р. Вагнера «Гибель богов» создали световой горизонт, на котором по мере развития музыкальной темы и сценического действия мягкими бликами выступали и сменялись различные цветовые сочета­ния. Контуры рисунка были размыты, цветовые фрагменты сливались, перетекали друг в друга, исчезали и появлялись вновь. По существу, это был опыт светомузыки: ни художник, ни режиссёр не ставили задачи создать самостоятельную живописную сюжетную композицию, а хоте­ли выразить характер и настроение музыки с помощью цветовых соче­таний. Идея, к которой уже неоднократно обращалась художественная мысль, была воплощена в данном случае с необыкновенной простотой. На арьерсцене развесили обычные лампы с матовыми колпаками, кото­рые были окрашены прозрачными красками. Включая и выключая их в заданном порядке через темнитель света, создавали нужные цветовые и теневые сочетания на горизонте.

Вид теневого или силуэтного рисунка зависит от взаимного располо­жения экрана-задника, предмета и источника света. Как правило, они находятся на одной прямой (оси). Объект располагается между источ­ником и экраном. Если ось перпендикулярна поверхности экрана, мы получим силуэт, точно воспроизводящий форму предмета. Чем ближе предмет к источнику света, тем крупнее проекция, и наоборот.

Используя эту закономерность, можно получать на экране разно­масштабные теневые фигуры, например, одновременно две человечес­кие тени — гигантскую и небольшую. Для этого каждый объект нужно



Пример теневого изображения

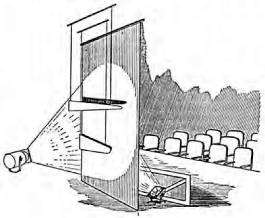
осветить отдельным источником. Размещая предметы на разных рас­стояниях от источников, можно получить, в частности, очень отчётли­вую удалённую перспективу. В зависимости от условий можно прибли­жать объект к источнику или источник к объекту, результат будет оди­наковым.

Множественные тени можно получить, если осветить объект не­сколькими источниками, расположенными на одной прямой парал­лельно экрану.

Если расположить экран под углом к оси «источник света — объект», то теневой рисунок исказится, приобретёт некоторый ракурс. Накло­ном экрана можно создать, например, гротесковый силуэт того или

иного персонажа.

Тени могут быть как статичными, так и движу­щимися. Движущиеся те­ни — выразительный эле­мент спектакля. Чтобы их получить, не обязательно перемещать объект. Мож­но, во-первых, переме­щать по сцене источник света. Изменяя угол осве­щения, мы получим эф­фект движения теней. Та­ким приёмом создают, на­пример, иллюзию движе­ния поезда: тени пересека­ют сцену и скрываются за кулисами.



Пример теневого изображения

***й***

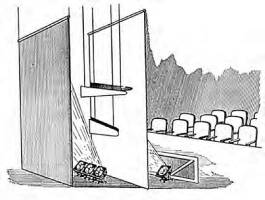
347

Второй способ — это применение нескольких источников света, разме­щённых под разными, за­ранее рассчитанными, уг­лами к объекту. Поочеред­но включая источники, мы получим движение теней на экране.

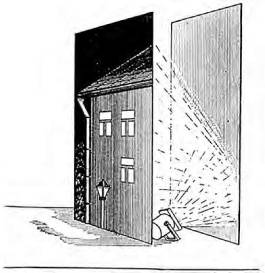
Чтобы получить на эк­ране чёткий теневой рису­нок, окружённый полуте­нью, нужно осветить объ­ект двумя источниками, расположив их друг за дру­гом на небольшом рассто­янии так, чтобы дальний

источник был несколько выше ближнего. Полутени могут быть подкра­шены двумя способами. Если закрыть источник (или оба) светофильт­рами, мы получим чёрный силуэт на цветном фоне. Если же дать цвет­ную подсветку рисунка на экране одним или несколькими дополни­тельными источниками, установленными перед экраном или позади него (на просвет), можно добиться удачного цветного контура. Инте­ресные результаты можно получить, если одновременно применить ок­рашенный основной источник и добавочные цветные подсветки на те­невой рисунок. Необходимо только обратить внимание на соотношение яркости основного и добавочного источников света.

Интересен прием дублирующего транспаранта. Актёра помещают



Пример теневого изображения



Один из видов транспарантной проекции

перед белым экраном, а позади экрана устанавли­вают источник света и да­ют на просвет увеличен­ную фигуру этого же актё­ра. Рисунок тени вовсе не должен повторять позу че­ловека перед экраном, бо­лее того, порой ориги­нальный и самостоятель­ный теневой рисунок дает понятие о скрытых качест­вах или переживаниях ге­роя.



**§ 4. ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НА СЦЕНЕ**

Ещё со времён древнего Китая и Японии было известно загадочное свечение в темноте целого ряда веществ. В ХП веке это явление было открыто (но не исследовано) в Европе итальянцем В. Касциорало. Ещё два века спустя английскому инженеру Бальмену удалось приготовить долго и хорошо светящуюся краску, которая получила название «баль- маин». В состав бальмаина входил висмут. С этого времени начались экспериментальные исследования природы свечения вещества. Их про­водили Вернейль, Фокино, Беккерель, Форстер и другие учёные.

Известно, что при нагревании многие вещества начинают излучать свет. Свечение некоторых веществ, избыточное над их тепловым излучени­ем при данной температуре и возбуждённое какими-либо источниками энергии, называется люминесценцией. Люминесценция возникает под действием света, радиоактивного и рентгеновского излучений, элек­трического поля, при химических реакциях и механических воздей­ствиях. Примеры люминесценции — свечение гниющего дерева, свет­лячков, экрана телевизора. Физические механизмы люминесценции различны.

Некоторые тела при освещении не только отражают часть падающе­го на них света, но и начинают светиться. Люминесценция под действи­ем света называется фотолюминесценцией.

Примером легко наблюдаемой фотолюминесценции может служить синевато-молочное свечение керосина при дневном свете. Очень боль­шое число растворов красок и других веществ обнаруживает люминес­ценцию, особенно под действием источников ультрафиолетового света (электрической дуги, ртутной лампы и т.п.). Надо отметить, что люми­несценция очень чувствительна: иногда достаточно ничтожного коли­чества вещества (10-10 г), чтобы наблюдать свечение.

Фотолюминесценция имеет важную особенность: свет люминесцен­ции имеет иной спектральный состав (т.е. иной цвет), чем свет, вызвав­ший свечение. Отличие цвета свечения от возбуждающего света неред­ко хорошо видно на глаз. Наблюдения показывают, что свет люминес­ценции характеризуется большей длиной волны, чем возбуждающий свет. Эта закономерность носит название правила Стокса.

Любой опыт по возбуждению фотолюминесценции может служить иллюстрацией правила Стокса. Например, поставим перед фонарём фиолетовый светофильтр и направим пучок фиолетового света на про­зрачный сосуд с раствором любого флюоресцина (вещества, способно­го люминесцировать). Жидкость начнет ярко светиться зелёно-жёлтым светом, который имеет много большую длину волны, чем фиолетовый.

Напомним, что длина волны видимой части спектра убывает в ряду красный — оранжевый — жёлтый — зелёный — голубой — синий — фи­олетовый. Последовательность цветов в направлении уменьшения дли­ны волны очень легко запомнить с помощью правила радуги: «Каждый охотник желает знать, где сидят фазаны» — первая буква каждого слова одновременно является первой буквой в названии цвета.

Длина волны красного цвета находится в промежутке 620—760 нм, длина волны фиолетового цвета — в промежутке 388—450 нм. Зелёный свет имеет среднюю в этом ряду длину волны — 510—555 нм.

Излучение с длиной волны менее 380 нм невидимо глазу. Оно назы­вается ультрафиолетовым излучением, или просто ультрафиолетом. Люминесценция, возбуждённая ультрафиолетом, видима, потому что имеет, в соответствии с правилом Стокса, цвет большей длины волны. Применяя источники света, содержащие значительное количество ко­ротких (ультрафиолетовых) лучей, можно обнаружить, что почти все те­ла в той или иной степени обладают способностью люминесцировать.

Некоторые тела сохраняют способность светиться некоторое время после того, как их освещение прекратилось. Такое послесвечение может длиться разное время: от десятитысячных долей секунды до нескольких часов. По длительности различают флуоресценцию (свечение, прекра­щающееся вместе с освещением) и фосфоресценцию (длительную лю­минесценцию). Это деление условно, поскольку резкую границу между флуоресценцией и фосфоресценцией провести трудно.

Явление фосфоресценции обнаруживают многие специально приго­товленные кристаллические порошки. Ими пользуются для изготовле­ния так называемых фосфоресцирующих экранов. Это может быть лист картона, покрытый, например, порошком сернистого цинка. Такой эк­ран сохраняет свечение две-три минуты после освещения. Фосфорес­цирующие экраны светятся также под действием рентгеновских лучей. Подбирая состав фосфоресцирующего вещества, можно изменять спек­тральный состав излучаемого света (в том числе приближая его к днев­ному свету).

«Палитра» свечения разнообразна. Например, растворы сернокис­лого хинина флуоресцируют голубыми лучами, раствор хлорофилла — красными. Плавиковый шпат дает фиолетовое свечение, розовая крас­ка магдала — оранжево-жёлтое.

К интенсивно фосфоресцирующим веществам можно причислить сернистые соединения щёлочноземельных металлов — кальция, бария и стронция. При этом оказывается, что преломляемость лучей, испус­каемых при фосфоресценции, меньше преломляемости лучей, вызыва­ющих свечение.

Светящиеся краски — относительно новый элемент сценической техники; их люминесценция возбуждается светом видимого спектра или ультрафиолетовым излучением. Они стали применяться в театре с 1941 года по предложению Заубермана. Краски готовились на основе особых анилинов, обладали необходимой стойкостью, безвредностью и ярко флуоресцировали в ультрафиолетовых лучах. С тех пор светящие­ся краски находят широкое применение в театре для изготовления де­кораций, бутафории, костюмов и грима. Они многоцветны, прекрасно смешиваются с клеевыми, анилиновыми и гримировальными краска­ми, после чего окрашенные поверхности под влиянием ультрафиолето­вых лучей или даже простого прожектора с фиолетовым светофильтром дают превосходные сценические эффекты свечения.

Ценнейшим достоинством светящихся красок является их полная невидимость при обычном освещении сцены, что дает возможность по готовым, написанным клеевыми или анилиновыми красками декора­циям, бутафории или костюму прописать светящимися красками нуж­ный рисунок, без какого бы то ни было повреждения основной живопи­си, без нарушения отдельных цветов и общего колорита. Бутафорские предметы и украшения изготовляют при необходимости из специаль­ного флюоресцирующего стекла, дающего под действием ультрафиоле­та особо интенсивное свечение. В ультрафиолетовых лучах привычная обстановка сцены может стать практически невидимой, а новая декора­ция мгновенно выступает, изменяя всю одежду сцены до полной неуз­наваемости. При глубокой и тщательной проработке световой картины можно достигать мгновенных художественных метаморфоз: например, превращения сложного пейзажа в морское дно, высоких гор — в ночной пейзаж. Желательно, чтобы трансформируемые картины имели близ­кий силуэтный рисунок. Если к этому добавляется изменение рисунка и характера бутафории, костюмов и, наконец, грима, то легко себе представить масштабы эффекта, производимого светящейся картиной.

Целый ряд сценических образов с большим успехом решается при­менением светящихся красок. Например, ранее для получения на сцене светящихся контуров употреблялись громоздкие, дорогостоящие и опасные в пожарном отношении транспарантные декорации, заклеен­ные тканями и освещённые электрическими лампами, расположенны­ми в специальных кожухах-боксах. Для получения сценического эф­фекта от транспаранта необходимо притемнение сцены, то есть созда­ние тех же условий, в которых «работают» светящиеся краски, а между тем возможности последних бесконечно шире и в художественном, и в экономическом смысле. Применяя транспарант, можно получить све­товые пятна и несложные светящиеся контуры, но получение этим при­ёмом сложных рисунков и разбросанных по декорациям контуров не­возможно. Потребовалось бы построить и укрепить бесконечное коли­чество безопасных кожухов со сложнейшей электрической проводкой, а многочисленные технические прорезы на декоративном полотне, подклеенные тканями, фактически уничтожили бы декорацию — при обычном освещении она выглядела бы антихудожественно. А с помо­щью флуоресцирующих красок легко создать на сцене звёзды, радугу, луну и другие светящиеся объекты.

При освещении ультрафиолетовыми лучами можно получить весьма любопытный эффект «светового грима»: кожа окрашивается в шоко­ладный цвет, а зубы и ногти начинают светиться необычным белым све­том. Кроме того, изготавливаются специальные гримировальные светя­щиеся краски, которые наносят поверх обычного грима. Под действием ультрафиолетовых лучей лица актёров совершенно изменяют и выраже­ние, и черты, и форму в соответствии с замыслом постановщика.

Осветить детали артистического костюма можно маленькими лам­почками, питающимися от переносных батареек. Но необходимое для этого оснащение, во-первых, стесняет движения артиста, во-вторых, свет получается неярким и недостаточно выразительным. Если же по­верх анилиновых красок расписать костюм светящимся красками, мож­но добиться поистине театральных эффектов. Например, хор, кордеба­лет или статисты, изображающие людскую толпу, внезапно превраща­ются в группу скелетов или диковинных животных.

Мы видим, что, используя явления люминесценции, можно совер­шать сложные переходы действия на затемнённой сцене без антрактов на перестановки и переодевания, получая при этом значительно более богатые, чем обычно, сценические эффекты.

Выбор флуоресцирующих и фосфоресцирующих красок разных цве­тов в настоящее время велик, и можно выбрать ту или иную длитель­ность свечения в зависимости от сценической задачи. Яркость свечения красок на декорациях, костюмах, бутафории и гриме зависит от количе­ства ультрафиолетовых источников и от степени освещённости самой сцены. Для больших сцен достаточно 8—14 прожекторов и светильни­ков, чтобы получить яркую флуоресценцию. Источники ультрафиоле­тового света следует располагать на осветительском мостике и в боко­вых кулисах с таким расчётом, чтобы на первых двух планах вместе с фиолетовым цветом можно было бы включить синие и голубые тона. Этот приём нужен для придания большей колоритности не только деко­рации, но и актёрам, которые при движении попадают в разные зоны освещения, отчего интенсивность свечения их грима и костюмов меня­ется.

В последнее время успешно проделываются опыты освещения флю­оресцирующих поверхностей не специальными приборами с ультрафи­олетовыми лучами, а обычными сильными прожекторами с фиолетовы­ми фильтрами, что очень упрощает использование явлений флюорес­ценции на сцене.

Надо заметить, что проекции световых декораций на горизонт нис­колько не изменяются от действия ультрафиолетовых лучей.

**БИБЛИОГРАФИЯ**

1. Баженов Н.А. Сочинения и переводы. — М., 1869.
2. Банг Г. О Художественном театре // Новая студия. — 1912. — № 4.
3. Барков В.С. Световое оформление спектакля. — М., 1953.
4. Бегунов Б.Н., Заказнов Н.П. Теория оптических систем. — М., Машиностроение, 1973.
5. Бронников А.А. Осветительное оборудование сцены. — М., 1961
6. Вайс Ж.-М., Шавелли М. Лечение цветом.— Ростов-на Дону, 1997.
7. Гвоздев А.А. Иосиф Фуртенбах и оформление спектакля на рубеже XVI-XVII вв.: О театре. - 1929.- Вып. III.
8. Гвоздев А.А. Художник в театре. — М., 1931.
9. Генель Е. Институт Жака Далькроза в Хеллерау // Новая студия. — 1912. — № 5.
10. Головня А. Свет — искусство оператора. — М., 1945.
11. Горчакова Н.М. Оформление спектакля. — М., 1948.
12. Дерибере М. Цвет в деятельности человека. — М., 1964.
13. Джилетт М. Игра со светом: Введение в сценическое освещение. —Mountain View: «Mayfield Publishing», 1989.
14. Драгунский В.В. Цветовой личностный тест: Практическое пособие. — Минск, 1999.
15. Журнал «Артист» —1893.— № 30.
16. Зальцман А. Свет, освещение и светосила: Листки курсов ритмической гимнастики. — 1914. — № 4 (январь).
17. Иванов В.И. Влияние цветовых воздействий на динамику работоспособности и функционального состояния спортсменов. — Автореф. — Л., 1987.
18. Извеков Н.П. Свет на сцене. — Л.-М., 1940.
19. Ильин Р. Изобразительные ресурсы экрана. — М., 1973.
20. Келер В., Лукхардт В. Цвет в архитектуре. — М., 1961.
21. Килпатрик Д. Свет и освещение. — М., 1988.
22. Кухлинг Х. Справочник по физике. Под ред. Лейкина Е.М., - М. Мир, 1983.
23. Ландсберг Г.С. Оптика. — М., Наука, 1976.
24. Люшер М. Четырёхцветный человек, или путь к внутреннему равновесию: Цветовой личностный тест. — Минск, 1999.
25. Люшер М. Сигналы личности: Ролевые игры и их мотивы. — Воронеж, 1993.
26. Мельников Ю.Ф. Светотехнические материалы. — М., Высшая школа, 1976.
27. Мешков В.В. Основы светотехники. Ч.1—2-е изд. — М., Энергия, 1979.
28. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники. Ч.2. —2-е изд. — М., Энергоатомиздат, 1989.
29. Миннарт М. Свет и цвет в природе. — М., 1959.
30. Михалевский Д.В. Свет в сценографии Аппиа: Театральная техника и технология: Сборник рекомендательных материалов. — М.: Институт «Гипротеатр», 1986.
31. Об упразднении существующей театральной рампы // Ежегодник императорских театров. — Сезон 1891—1892 гг.
32. Нюберг Н.Д. Курс цветоведения. — М., 1932.
33. Образцова А.Г. Синтез искусств и английская сцена на рубеже XIX — XX вв. - М., 1984.
34. Паркер О., Смит X. Организация сценического пространства и освещения. — Нью-Йорк: «Holt Rinehart and Winston», 1974.
35. Пилброу Р. «Сценическое освещение». — Лондон: «Кассель», 1986.
36. Позднеев А.М. Очерки быта буддийских монастырей и буддийского духовенства в Монголии в связи с отношениями сего последнего к народу. — СПб, 1887.
37. Серов А.Н. Критические статьи. — СПб., 1892.
38. Справочная книга по светотехнике. Под редакцией Айзенберга Ю.Б. —М., Энергоатомиздат, 1995.
39. Справочник конструктора оптико-механических приборов. Под общей редакцией Панова В.А. —Л., Машиностроение, Ленинградское отделение, 1980.
40. Тибетская книга мертвых. — СПб., 1992.
41. Трембач В.В. Световые приборы. — М., Высшая школа, 1990.
42. Фрилинг Г., Ауэр К. Человек — цвет — пространство. Прикладная цветопсихология. — М., 1973.
43. Фукс Г. Революция театра. — СПб., 1911.
44. Хогарт Б. Игра тени и света для художников. — Тула: «Родничок»; М.: «Астрель»; М.: «АСТ», 2001.
45. Чернова А. Все краски мира, кроме жёлтой: Опыт пластической характеристики у Шекспира. — М., 1987.
46. Экскузович И.В. Техника театральной сцены в прошлом и настоящем. — Л., 1930.
47. Элементарный учебник физики / под ред. акад. Г.С. Ландсберга: В 3 т. — М., 1972. — Т.3: Колебания и волны. Оптика.
48. Garnier Ch. Le Theatre. — Paris, 1871.
49. Fuchs T. Stage Lighting. — Boston, 1929.
50. Hartmann L. Theatre Lighting. — New-York, 1930.
51. Keller Max. Buhnenbeleuchtung.. — Dumont Buchverlag Koln. 1985.
52. Ridge H. Stage Lighting. — Cambridge, 1928.

**Перечень иллюстраций, фотографий, чертежей и рисунков, вошедших в первое издание книги**

**Глава 1**

Иллюстрации на страницах 8, 9, 10, 16, 19, 21, 24, 32, 34, 33, 37, 48, 49 использованы из книги: Извеков Н.П. Свет на сцене. —Л.—М., 1940.

Иллюстрации на страницах 11, 12, 13, 15, 23, 27, 35, 36, 38, 39, 40, 41—47 использованы из книги: Экскузович И.В. Техника театральной сцены в прошлом и настоящем. — Л., 1930.

Таблицы на страницах 25, 26, 30 выполнены автором — Исмагиловым Д.Г.

**Глава 3**

Фотографии сцены на страницах 71—78 и чертеж на странице 75 сделаны автором — Исмагиловым Д.Г. с разрешения Московского Художественного академического театра им. А.П. Чехова.

**Глава 4**

Фотографии, таблицы, чертежи и рисунки выполнены автором — Древалёвой Е.П.

Фотографии приборов использованы из каталогов:

* на стр. 89, 90, 94, 335, 336 — Проспекты. Министерство Культуры. СССР, в/о Союзтеатрпром, Завод «ГОСТЕАСВЕТ». — М., Информэлектро, 1978;
* на стр. 90, 91 — Каталог «Coemar», 12 издание;
* на стр. 95 — Каталог «LPD», 2004, Стр. 95;
* на стр. 100, 114, 116 — Каталог «ETC», 2004;
* на стр. 105, 106 + Каталог «DedoLight», 2004;
* на стр. 109 — Каталог. Оборудование, инвентарь и принадлежность учреждений культуры. Министерство культуры СССР.

Всесоюзное промышленное объединение «Союзпромкультура». — М., «ВНИИполиграфии», 1987. Стр. 109.

* на стр. 110, 118, 120 — Каталог «Strand Lighting», 2001;
* на стр. 107, 110, 114, 118, 120 — Каталог «Lampo», 2001;
* на стр. 120 — Каталог «Selecon», 2004;
* на стр. 119 — Каталог «Rosco», 2003;
* на стр. 104, 105 — Рисунки из книги: Трембач В. В.

Световые приборы. —М., Высшая школа, 1972.

**Глава 5**

Фотографии сделаны автором - Исмагиловым Д. Г с разрешения фирмы ЗАО «ДОКА Медиа» (стр. 123—126), принципиальные схемы — из каталогов фирмы производителя «АОВ» Бельгия (стр. 127, 128, 131).

**Глава 6**

Иллюстрации на страницах 134, 139, 140 использованы из книги: Ильин Р.Н. Техника киносъёмки. — М., 1968

Фотографии на страницах 136, 137 использованы из книги: Keller M. Buhnenbeleuchtung. — Koln. 1985.

**Глава 7**

Фотографии из спектаклей «Белая Гвардия», «Мещане», «Изображая жертву» на страницах 141, 142, 159, 160, 161, 165 сделаны автором — Исмагиловым Д.Г. — с разрешения Московского Художественного академического театра им. А.П. Чехова.

Фотографии на страницах 144—158 использованы из книги: Килпатрик Д.Свет и освещение. —М., 1988.

Фотографии из спектаклей «Макбет», «Палата №6», «Летучий Голландец», «Леа» на страницах 164, 166, 167, 169, 170 сделаны автором

* Исмагиловым Д.Г. — с разрешения Государственного Академического Большого Театра России.

Иллюстрации на страницах 163, 166, 168, 169 использованы из книги: Барков В.С. Световое оформление спектакля. — М., 1953.

**Глава 8**

Фотографии из спектаклей «Горячее сердце», «Мещане», «Белая Гвардия», «Летучий Голландец» на страницах 177, 178, 181, 182, 183 сделаны автором — Исмагиловым Д. Г. — с разрешения Московского Художественного академического Театра им. А.П. Чехова и Государственного Академического Большого Театра России.

**Глава 9**

Иллюстрации, чертежи и таблицы на страницах 188—198 сделаны автором — Исмагиловым Д.Г. — с разрешения Московского Художественного академического Театра им. А. П. Чехова.

**Глава 10**

Фотографии на страницах 200, 201, 202 — Мосты Парижа; 203, 204, 205 — Город Рим, освещение административных зданий; 208, 209 — Город Лиссабон, освещение административных зданий, предоставлены фирмой ЗАО «ДОКА Медиа» из каталогов фирмы «^gabekov». Швейцария. 2000.

**Глава 11**

Иллюстрации на страницах 212, 213, 216, 217, 222 использованы из книги: Нюберг Н.Д. Курс цветоведения. — М., 1932.

**Глава 13**

Иллюстрация на странице 235 предоставлена фирмой ЗАО «ДОКА Медиа» из каталогов фирмы «Rosco» (США).

**Глава 14**

Фотографии, таблицы, чертежи и рисунки сделаны автором — Древалёвой Е.П.

На стр. 248, 249, 288, 295, 296 — Каталог ламп - «Osram», 2000.

Схемы и рисунки на страницах 258, 267, 276 использованы из «Справочника по физике», Кухлинг Х., — М., Мир, 1982.

Иллюстрации на стр. 268, 269, 272, 284, 292, 294, 298 использованы из «Справочной книги по светотехнике» под редакцией Айзенберга Ю.Б.

* М., Энергоатомиздат, 1995.

Фотографии на страницах 303, 304,306,310 — из каталогов «Philips».

Фотография на странице 337 — из журнала «Сценическая техника и технология» № 6,1978.

**Глава 15**

Иллюстрации на страницах 347, 348, 349 использованы из книги: Барков В.С. Световое оформление спектакля. — М., 1953.

Иллюстрация на страницах 340, 341, 346 предоставлены фирмой ЗАО «ДОКА Медиа» из каталогов фирмы «Rosco» (США).

Фотографии из спектаклей «Магритомания», «Белая Гвардия» на страницах 342, 343, 344 сделаны автором — Исмагиловым Д.Г. — с разрешения Московского Художественного академического театра им. А.П. Чехова и Государственного Академического Большого Театра России.

Для иллюстраций использованы фотографии из личного архива автора — Исмагилова Д.Г.

*ОПЕРНЫЕ СПЕКТАКЛИ:*

«МАЗЕПА» П. Чайковский, постановка 2004 года Музыкальный руководитель и дирижёр А. Титов Режиссёр-постановщик Р. Стуруа Художник-постановщик Г. Алекси-Месхишвили Художник по свету Д. Исмагилов

«ЛЕТУЧИЙ ГОЛАНДЕЦ» Р. Вагнер, постановка 2004 года Музыкальный руководитель и дирижёр А. Ведерников Режиссёр-постановщик П. Конвичный Художник-постановщик Й. Лайакер Художник по свету Д. Исмагилов

«МАКБЕТ» Дж. Верди, постановка 2003 года Музыкальный руководитель и дирижёр А. Ведерников Режиссёр-постановщик Э. Някрошюс Художник-постановщик М. Някрошюс Художник по свету Д. Исмагилов

*БАЛЕТНЫЕ СПЕКТАКЛИ:*

«ЛЕА» Л. Бернстайн, постановка 2004 года Музыкальный руководитель и дирижёр И. Дронов Балетмейстер-постановщик А. Ратманский Художник-постановщик М. Нильсон Художник по свету Д. Исмагилов

«МАГРИТОМАНИЯ» Ю. Красавин, постановка 2004 года Музыкальный руководитель и дирижёр И. Дронов Балетмейстер-постановщик Ю. Посохов Художник-постановщик Т. Хартшорн Художник по свету Д. Исмагилов

«ПАЛАТА №6» А. Пярт, постановка 2004 года Музыкальный руководитель и дирижёр И. Дронов Балетмейстер-постановщик Р. Поклитару Художник-постановщик А. Злобин Художник по свету Д. Исмагилов

*ДРАМАТИЧЕСКИЕ СПЕКТАКЛИ:*

«БЕЛАЯ ГВАРДИЯ» М. Булгаков, постановка 2004 года Режиссёр-постановщик С. Женовач Художник-постановщик А. Боровский Художник по свету Д. Исмагилов

«ИЗОБРАЖАЯ ЖЕРТВУ» Братья Пресняковы, постановка 2004 года Режиссёр-постановщик К. Серебренников Художник-постановщик Н. Симонов Художник по свету Д. Исмагилов

«ГОРЯЧЕЕ СЕРДЦЕ» А. Островский, (неосуществлённая постановка) Режиссёр-постановщик Е. Каменькович Художник-постановщик А. Боровский Художник по свету Д. Исмагилов

«МЕЩАНЕ» М. Горький, постановка 2004 года Режиссёр-постановщик К. Серебренников Художник-постановщик Н. Симонов Художник по свету Д. Исмагилов

1. из интересующей нас точки предмета посылаем луч, параллель­ный главной оптической оси. После преломления на главной плоскос­ти (НН') луч пройдёт через задний фокус F';

1. Все сноски вынесены в конец книги в раздел ПРИМЕЧАНИЯ. [↑](#footnote-ref-2)
2. См. стр. 102. [↑](#footnote-ref-3)
3. Устройство газовых столов подробно описано в главе 1. [↑](#footnote-ref-4)
4. Напомним закон Ома: при заданном напряжении сила проходящего в цепи тока обратно пропорциональна сопротивлению. [↑](#footnote-ref-5)
5. Оптический прибор, состоящий из светонепроницаемого ящика, в передней стенке которого имеется небольшое отверстие с оптическими стеклами, через которое проходят лучи света, дающие на противоположной стенке изображение. [↑](#footnote-ref-6)
6. Красная линия (театральный термин) — воображаемая линия, обозначающая внутреннюю сторону портальной стены. [↑](#footnote-ref-7)
7. **софит** [↑](#footnote-ref-8)
8. Белый цвет называют также ахроматическим, что в переводе с греческого означает "лишённый окраски". [↑](#footnote-ref-9)
9. См. главу 13 «Применение светофильтров для создания световых эффектов». [↑](#footnote-ref-10)
10. Так, совершенно дисгармоничным, на первый взгляд, кажется излюбленное монголами сочетание фиолетового и оранжевого: фиолетовый шёлковый национальный халат (дэли), подпоясанный оран­жевым кушаком. Но когда видишь оранжевую полоску заката на глубоко синем, почти фиолетовом небе пустыни Гоби, соглашаешься с этим колористическим решением. [↑](#footnote-ref-11)
11. Люшер М. «Четырёхцветный человек, или путь к внутреннему равновесию». [↑](#footnote-ref-12)
12. Дерибере М. «Цвет в деятельности человека». М., 1964. [↑](#footnote-ref-13)
13. Об английской цветовой символике см.: Чернова А. «Все краски мира, кроме жёлтой. Опыт пласти­ческой характеристики у Шекспира». М., 1987. [↑](#footnote-ref-14)
14. Заметим, что буддисты выставляют перед божествами кусочек жёлтого шёлкового флёра - как жер­тву осязанию богов. См.: Позднеев А.М. «Очерки быта буддийских монастырей и буддийского духо­венства в Монголии в связи с отношениями сего последнего к народу». СПб, 1887. [↑](#footnote-ref-15)
15. Дерибере М. «Цвет в деятельности человека». М., 1964. [↑](#footnote-ref-16)
16. Подробнее о цветотерапии см.: Дерибере М. «Цвет в деятельности человека». М., 1964. См. так­же: Вайс Ж.-М. и Шавелли М. «Лечение цветом». Ростов-на-Дону, 1997. [↑](#footnote-ref-17)
17. Люшер М. «Четырёхцветный человек, или путь к внутреннему равновесию». [↑](#footnote-ref-18)
18. Межжду шкалами Цельсия и Кельвина существует простая связь: t° C + 273 = T °K. [↑](#footnote-ref-19)
19. Данный курс лекций носит информационно-ознакомительный характер. Некоторые материалы по объяснению процессов генерирования и перераспределения ОИ сознательно упрощены для облег­чения восприятия сути явления. [↑](#footnote-ref-20)
20. Так называемым абсолютным нулём является -273 градуса по шкале Цельсия, 0 градусов по Кельвину или - 460° по Фаренгейту. [↑](#footnote-ref-21)
21. «Красное отношение» — относительное содержание красного излучения, т. е. отношение светового потока в красной области спектра (600 — 780 нм) к общему световому потоку лампы, выраженное в %. Данный параметр характеризует разрядные источники с низкой цветопередачей. Используется для «характеристики зрительной работы по требованиям к цветоразличению». (Нормативы по естественному и искусственному освещению — СНиП 23-05-95). «Красное отношение» считается высоким, если Фк > 10 %. [↑](#footnote-ref-22)
22. посылаем луч через точку Н(Н') — оптический центр линзы, луч проходит, не меняя направления; [↑](#footnote-ref-23)
23. См. главу 4. [↑](#footnote-ref-24)