

Е. А. Иофис

ТЕХНИКА ФОТОГРАФИИ

**сокращённая версия:
только самые необходимые сведения**

Москва
«Искусство»
1973

В книге рассматриваются все процессы создания фотографического изображения как черно-белого, так и цветного. Помимо обязательных сведений по технике фотографии даны и малоизвестные, но весьма важные сведения, а также практические рекомендации по различным фотографическим процессам.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся техникой фотографии.

Отзывы и замечания просим направлять по адресу: 103051, Москва, К-51, Цветной бульвар, 25, Издательство «Искусство», редакция литературы по фотографии и кинотехнике.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Фотография находит применение почти во всех сферах человеческой деятельности: в искусстве и общественной жизни, в науке и технике. Функции фотографии в каждой из этих областей различны. Например, в газетах, журналах, телевидении и других средствах информации фотография — неперенный элемент; в науке и технике — активный, часто единственный способ исследования, контроля или наблюдения.

Для миллионов людей занятие фотографией является любимым видом отдыха.

Развитие фотографии идет весьма интенсивно. Фотоаппаратостроение и выпуск светочувствительных фотоматериалов основаны на новейших достижениях оптики, механики, электроники, химии и других областей науки и техники.

Разумеется, в пределах одной книги, посвященной общей технике фотографии, невозможно описать все существующие фотоаппараты, светочувствительные материалы и процессы, если даже ограничиться самой краткой их характеристикой.

Это не только невозможно, но и нецелесообразно, так как промышленность непрерывно совершенствует выпускаемую продукцию, создавая новую аппаратуру, материалы и процессы.

В книге приводятся математические и химические формулы лишь в тех случаях, если они необходимы для уяснения описываемых явлений или процессов.

Глава I посвящена оценке объекта съемки с точки зрения воспроизведения его фотографическим способом.

В главе II рассматривается образование оптического изображения в фотографическом аппарате. Сообщаются сведения о конструкции аппаратов и их важнейших узлах.

Глава III по объему занимает большую часть книги. Здесь сосредоточены основные сведения, связанные с получением фотографического изображения на разных фотоматериалах и разными процессами. Эти сведения затем развиваются в последующих разделах книги.

Глава IV посвящена негативному процессу. В ней даны характеристики фотоматериалов, приведены режимы и рецепты обрабатывающих растворов.

В главе V рассматриваются позитивный процесс, техника печатания изображения, обработка фотобумаг и отделка позитива. В этой же главе кратко изложены способы изготовления специальных видов позитивного изображения: изоголии, псевдобарельефа и др.

В главе VI изложены сведения о процессе обращения, позволяющем получить позитивное изображение на том же фотоматериале, на котором осуществлялась съемка. Этот процесс представляет большой интерес, особенно для изготовления цветных изображений.

Любой объект съемки состоит из деталей, которые характеризуются формой, размером, цветом и фактурой. Детали объекта становятся различимыми в том случае, если они излучают свет или отражают падающий на них свет.

Объект съемки оценивают по яркости, цвету, интервалу яркостей и другим признакам (фото 1)*.

Яркость (B) — отношение силы света источника в данном направлении к площади светящейся поверхности, рассматриваемой в том же направлении. Единицей измерения яркости является н и т ($нт$). 1 $нт$ есть яркость предельно малой, одинаково во всех точках светящейся плоской поверхности, 1 $м^2$ которой излучает (или отражает) свет силой в 1 свечу.

Яркость также измеряют в с т и л ь б а х ($сб$) и а п о с т и л ь б а х ($асб$). В некоторых зарубежных странах яркость оценивают в ф у т - л а м б е р т а х или л а м б е р т а х. 1 $нт = 0,0001 \text{ сб} = 3,14 \text{ асб} = 0,30 \text{ фут-ламберт} = 0,0003 \text{ ламберт}$.

В табл. 1 приведены яркости поверхностей наиболее часто встречающихся объектов.

Освещенность (E) — отношение светового потока** к площади освещаемой им поверхности. Единицей измере-

* Здесь и далее ссылки на фото, помещенные в альбоме.

** Световой поток — мощность лучистой энергии. Единица измерения светового потока — лю мен ($лм$).

Таблица 1

Объект	Яркость (приблизительно), <i>нт</i>
Свеча	7000
Лампа керосиновая	10 000
Лампа накаливания обычная	8 000 000—12 000 000
Лампа накаливания прожекторная	30 000 000—40 000 000
Лампа дуговая	180 000 000
Лампа дуговая интенсивного горения	500 000 000—2 000 000 000
Лампа люминесцентная тип ДС	5000
Небо в солнечный день	20 000—45 000
Небо при сплошной облачности	25 000—75 000
Солнечный диск	1 000 000 000
Полный месяц	10
Земная поверхность в солнечный день	10 000—30 000
Мостовая сухая асфальтовая в солнечный день	8000—30 000
Снег свежий в солнечный день	65 000—130 000
Тень на снегу	20 000—45 000
Кожа человека, освещенная солнцем	40 000—75 000
Костюм белый, освещенный солнцем	85 000—150 000
Костюм белый в тени	8000—16 000
Бумага белая, освещенная лампой в 100 <i>вт</i>	150—450

ния освещенности является люкс (*лк*). 1 *лк* есть освещенность поверхности, которая получает одинаково распределенный по ней световой поток в 1 *лм* на площади в 1 *м*². При равномерном распределении светового потока на поверхности освещенность определяется по формуле

$$E = \frac{F}{S},$$

где *E* — освещенность, *F* — световой поток, *S* — площадь поверхности.

В табл. 2 показана освещенность некоторых объектов съемки.

Отражательная способность измеряется коэффициентом отражения (*ρ*), представляющим собой отношение светового потока, отраженного предметом, к световому потоку, падающему на предмет:

$$\rho = \frac{F_{\text{отр}}}{F_{\text{пад}}}.$$

Коэффициент отражения зависит от вида поверхности детали объекта и угла падения света. Коэффициент отражения выражают в процентах (%): $\frac{F_{\text{отр}}}{F_{\text{пад}}} 100$.

Таблица 2

Условия освещения объекта	Освещенность (приблизительно), лк
Пейзаж в безоблачную погоду днем	5000—90 000
Пейзаж в пасмурную погоду днем	3000—30 000
Улица в яркий солнечный день	80 000—100 000
Солнце на границе земной атмосферы	130 000—140 000
Комната днем	10—300
Стена комнаты, освещенная солнцем	1000—3000
Пол комнаты, освещенный лампой	10—30
Стол, освещенный лампой	15—500
Фойе театра, освещенное лампами	150—200
Зрительный зал во время антракта	40—60
Зрительный зал во время спектакля	1—3
Станок в цеху, освещенный лампами	300—500
Поверхность земли, освещенная солнцем	50 000—120 000
Поверхность земли днем при сплошной облачности	5000—25 000
Поверхность земли в тени днем	6000—15 000
Поверхность земли в сумерки	1—500
Поверхность земли в белую ночь	1—2
Поверхность земли при полнолунии	0,1—0,2

В табл. 3 приведены приближенные величины коэффициентов отражения некоторых поверхностей объекта.

Интервал яркостей представляет собой отношение максимальной яркости ($B_{\text{макс}}$) к минимальной яркости ($B_{\text{мин}}$) объекта. Детали объекта редко освещены равномерно. Обычно часть деталей расположена в тени, а часть освещена солнцем. В результате интервал яркостей увеличивается во много раз по сравнению с тем, когда объект освещен равномерно. Отсюда следует, что чем больше интервал яркостей объекта, тем сильнее различаются по яркости детали. В табл. 4 приведены величины интервала яркостей различных объектов.

При ярком направленном освещении на объекте возникают блики, форма которых зависит от фактуры поверхности. При одностороннем направленном освещении появляются резкие тени, густота которых зависит от формы объекта и интенсивности освещения. Такие переходы от света к тени образуются при освещении объекта несколькими источниками света.

Между тенью и светом существуют светотеневые переходы, которые позволяют зрительно воспринимать форму объекта.

Таблица 3

Поверхность объекта	Коэффициент отражения, %
Сажа	0,2—0,4
Бархат черный	0,4—4
Сукно черное	4—5
Ткани темные	5—8
Ткани белые	55—70
Бумага черная	4—6
Бумага белая	75—80
Стена, окрашенная белым мелом	70—85
Стена, окрашенная масляной или эмалевой краской белого цвета	58—65
Стена, окрашенная охрой или близкой по цвету краской	30—35
Мостовая асфальтовая мокрая	7—8
Мостовая асфальтовая сухая	12—13
Мостовая булыжная мокрая	9—10
Мостовая булыжная сухая	20—25
Галька на пляже сухая	25—30
Земля	15—20
Пляж песчаный мокрый	12—16
Пляж песчаный сухой	15—20
Трава свежая	7—10
Листья зеленая	8—13
Хвоя темная	4—7
Кожа смуглого человека	20—30
Кожа человека белая	35—50
Снег лежалый	60—80
Снег свежавывавший	99

Таблица 4

Объект	Интервал яркостей
Пейзаж без деталей на переднем плане в пасмурную погоду	1:5—1:10
Пейзаж без деталей на переднем плане, освещенный солнцем	1:10—1:30
Пейзаж без деталей на переднем плане, освещенный против солнца	1:20—1:40
Пейзаж с деталями на переднем плане, освещенный солнцем	1:20—1:60
Пейзаж с очень темными деталями на переднем плане, освещенный солнцем	1:100—1:300
Пейзаж с солнцем в кадре	1:2 000 000
Морской пейзаж с небом и облаками	1:1000—1:100 000

Объект	Интервал яркостей
Небо с белыми облаками	1:500—1:1000
Улица широкая, освещенная солнцем	1:10—1:40
Улица узкая, освещенная солнцем	1:100—1:500
Улица с темными зданиями на фоне неба	1:100—1:200
Арки темные, проемы, аллеи с ярко освещенным передним или задним планом	1:1000—1:10 000
Улица, освещенная против солнца	1:100—1:400
Комната светлая с ярко освещенным окном в кадре	1:100—1:500
Комната темная с ярко освещенным окном в кадре	1:1000—1:100 000
Помещение светлое в солнечный день	1:10—1:100
Помещение светлое в пасмурный день	1:20—1:60
Сцена театральная	1:40—1:400
Картина	1:2—1:40
Человек на фоне пейзажа, освещенного солнцем	1:10—1:100
Человек со светлыми волосами на светлом фоне	1:10—1:15
Человек с темными волосами на светлом фоне	1:100—1:200
Группа людей, освещенная солнечным светом	1:20—1:300
Группа людей, освещенная рассеянным светом в пасмурный день	1:10—1:60
Группа людей, расположенная в тени деревьев	1:20—1:60
Группа людей, расположенная среди деревьев на фоне яркого неба	1:400—1:1000

Цвет непрозрачного объекта определяется спектральным составом отраженного светового потока. Цвет прозрачного объекта, рассматриваемого на просвет, определяется спектральным составом проходящего света. Цвет теневой части объекта отличается от цвета его освещенной части пониженной яркостью. Свет, отраженный окружающими предметами, создает цветные рефлексы, особенно заметные в тенях объекта.

Цвета делятся на ахроматические и хроматические.

Белые, серые и черные цвета называются ахроматическими. Эти цвета отличаются друг от друга по светлоте: светлые, темные, очень темные. Светлоте характеризуют коэффициентом отражения.

Хроматические цвета — все цвета спектра. Они тоже различаются по светлоте, но одновременно и по цветовому тону, т. е. цветностью: красный, желтый, зеленый, синий.

Цветовой тон определяется длиной волны того спектрального излучения, с которым данный цвет одинаков по оттенку.

Таблица 5

Цвет поверхности предмета	Коэффициент отражения (приблизительно), %
Светло-синий	19
Темно-синий	8
Светло-голубой	55
Голубой	50
Светло-зеленый	55
Темно-зеленый	14
Светло-желтый	75
Ярко-желтый	58
Оранжевый	15
Красный	13
Огненно-красный	7
Кремовый	75
Коричневый	10
Сине-зеленый	15
Пурпурный	15

Степень отличия хроматического цвета от ахроматического называется насыщенностью цвета.

В табл. 5 приведены коэффициенты отражения для различных по цвету поверхностей.

Спектр видимого света делится на семь цветов: фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный. Такое распределение цветов в спектре является условным, так как в действительности глаз различает очень много промежуточных оттенков, постепенно переходящих от цвета к цвету. В целях более тонкой характеристики цвета применяют двойные наименования: желто-зеленый, желто-оранжевый и т. д.

В табл. 6 приведены условные границы для разных цветов в видимом спектре.

Таблица 6

Цвет в спектре	Границы цвета в спектре, нм
Фиолетовый	390—450
Синий	450—480
Голубой	480—510
Зеленый	510—565
Желтый	565—585
Оранжевый	585—620
Красный	620—740

Для фотографических процессов представляет интерес не только видимая часть спектра, но и участки, непосредственно к ней прилегающие и составляющие с ней невидимую область спектра. Со стороны коротких волн к видимой части спектра прилегает область ближних ультрафиолетовых лучей. Эти невидимые лучи активно действуют на фотоматериал. Часть спектра, прилегающая со стороны видимых длинноволновых лучей, называется ближней инфракрасной областью. Инфракрасные лучи воздействуют на специальные фотоматериалы.

ОСВЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТА СЪЕМКИ

Объект съемки может быть освещен естественным светом, искусственным источником света или смешанным светом.

Источники света

Спектральный состав источников света оценивают ц в е т о в о й т е м п е р а т у р о й *. Количественно цветовая температура обозначается в градусах Кельвина ($^{\circ}\text{K}$). На спектральный состав света влияют многие факторы. Так, при восходе и закате солнца в составе света преобладают желтые и красные лучи. Такой свет имеет цветовую температуру 4000—5000 $^{\circ}\text{K}$. В туманные дни цветовая температура 7500—8500 $^{\circ}\text{K}$. Свет синего неба имеет цветовую температуру 12 000—27 000 $^{\circ}\text{K}$. В летние месяцы средняя цветовая температура 5800—6400 $^{\circ}\text{K}$, в зимние — 5500—6000 $^{\circ}\text{K}$. Цветовая температура ламп накаливания зависит от их типа и величины подведенного к ним электрического напряжения. Приблизительно принято считать, что изменение напряжения на 1% у ламп накаливания 110—127 в увеличивает цветовую температуру на 10—15 $^{\circ}\text{K}$.

Глаз не способен точно оценивать цветовую температуру, которая может изменяться весьма значительно в течение короткого отрезка времени, например в горах. Эти изменения затрудняют съемку и могут быть причиной неудовлетворительных по цветовоспроизведению изображений. Для измерения цветовой температуры выпускаются

* Цветовая температура — температура, при которой абсолютно черное тело излучает свет того же спектрального состава, что и свет, излучаемый сравниваемым источником света.

Таблица 7

Источник света	Цветовая температура (приблизительно), °К
Спичка	1700
Свеча	1850
Лампа накаливания 25 <i>вт</i>	2500
Лампа накаливания 100 <i>вт</i>	2650
Лампа накаливания 1000 <i>вт</i>	2940
Лампа накаливания зеркальная	3200—3400
Лампа кинопроекторная	3285
Лампа кинопроекторная	3300
Фотолампа	3475
Лампа-вспышка одноразовая	3500
Лампа-вспышка многократная	5500
Лампа галогенная	3200—3400
Лампа люминесцентная тип ЛТБ	2700—2800
Лампа люминесцентная тип ЛХБ	4300—5100
Лампа люминесцентная тип ЛБ	3200—3800
Лампа люминесцентная тип ЛД	6000—7500
Лампа дуговая	3700—5000
Лампа дуговая интенсивного горения	5600
Солнце через час после восхода	3500
Солнце ранним утром и в предвечерние часы	4000—4300
Солнце в полдень летом	5400—5800
Небо в пасмурную погоду	7500—8400
Небо голубое	9500—30 000
Небо, освещающее объект в тени летом	28 000
Небо, освещающее объект в тени зимой	14 000

специальные приборы. Некоторые производители снабжают фотоэлектрические экспонометры насадками, которые позволяют определять цветовую температуру источников света, освещающих объект.

В табл. 7 приведены величины цветовой температуры ряда источников света.

Естественный свет — прямой солнечный свет и свет, отраженный от неба и от бликующих поверхностей. Освещение объекта естественным светом может быть различным по яркости, контрасту и спектральному составу. На эти характеристики влияют высота солнца, атмосферные условия, время суток, время года и географическая широта местности.

Высоту солнца оценивают в **у г л о в ы х г р а д у с а х** (h_0) от линии горизонта. В момент восхода или заката солнца $h_0 = 0^\circ$, когда солнце находится в зените, т. е. над головой, $h_0 = 90^\circ$. Высота солнца зависит от времени года, времени

суток и географической широты местности. С изменением высоты солнца меняется освещенность на различно расположенных деталях объекта, одновременно меняется и контрастность освещения, т. е. соотношение между освещенностями деталей объекта. Расположение теней и их длина также зависят от положения солнца.

Чем ниже спускается солнце к горизонту в безоблачную погоду, тем меньше света доходит до земной поверхности. По мере того как солнце поднимается над горизонтом, освещенность горизонтальной поверхности быстро увеличивается. В средних широтах солнце поднимается не столь высоко (например, для Москвы максимальная высота его в полдень летом составляет 58°). Предельная освещенность горизонтальной поверхности в этом случае равна 90 000 лк. Для открытой, но затененной от солнца горизонтальной поверхности средняя освещенность может быть от 3000 лк (при $h_0=5^\circ$) до 18 000 лк (при $h_0=90^\circ$).

Атмосфера оказывает значительное влияние на спектральный состав света, падающего на объект. Рассеяние света в атмосфере не одинаково для лучей разных длин волн. Чем короче длины волн, тем светорассеяние происходит более интенсивно.

В зависимости от состояния атмосферы меняется не только цвет неба, но и цвет солнца. Чем ближе солнце к горизонту, тем оно кажется краснее; на самом горизонте солнце часто выглядит темно-красным и тусклым; оно может быть красным и высоко над горизонтом, если атмосфера сильно засорена дымом или мельчайшими ледяными кристалликами, поглощающими сине-фиолетовые лучи; при наличии в атмосфере крупных частиц пыли заходящее солнце кажется тусклым и белесоватым; если солнце пробивается сквозь завесу пыли или песка, поднятых ветром, оно может казаться зеленоватым или синеватым.

Безоблачное небо по яркости в разных местах различно: его яркость увеличивается к горизонту. Яркость облачного неба зависит от вида облаков, их высоты, расположения по отношению солнца. Облака увеличивают освещенность горизонтальной поверхности тем сильнее, чем больше места они занимают на небе при открытом солнце. Наибольшая освещенность бывает в том случае, если небо полностью закрыто светлыми облаками, а само солнце открыто.

Освещенность сильно снижается, когда солнце закрыто облаками, причем степень ослабления зависит от плотности облаков. При сплошной облачности и закрытом солнце

спектральный состав света одинаков в течение всего пасмурного дня.

Интенсивность рассеянного дневного света, а следовательно, и освещенность деталей в тенях объекта зависят от того, покрыта ли земля снегом, зеленой растительностью, песком или на ней есть озера, пруды и т. д.

Снег имеет высокую отражательную способность, и поэтому влияние его на дневное освещение наиболее сильно. Отраженный от снежной поверхности свет повышает освещенность деталей в тенях объекта.

Освещенные солнцем предметы отражают свет, спектральный состав которого зависит от их окраски. Этот свет создает цветные рефлексы в тенях объекта. Источниками цветных рефлексов могут быть: ярко освещенная зеленая листва, окрашенная стена здания, красное полотнище флага и т. д. Особенно сильное влияние цветные рефлексы оказывают на освещение слабо окрашенных или бесцветных деталей объекта, например, при портретной съемке.

Искусственное освещение — свет ламп накаливания, импульсных, люминесцентных и дуговых.

Л а м п а н а к а л и в а н и я — источник света, основанный на нагреве электрической энергией металлической нити, помещенной в стеклянной колбе, наполненной инертным газом (аргон, криптон).

Основными характеристиками ламп накаливания являются: напряжение тока, мощность, световой поток, световая отдача, спектральный состав света и продолжительность горения.

Лампы накаливания делятся на следующие группы:

Лампы накаливания общего назначения, применяемые для освещения помещений и для наружного освещения, весьма различны по мощности и световому потоку: например, лампа в 100 *вт* дает световой поток 1240—1560 *лм*, в 300 *вт* — световой поток 4350—4950 *лм*, в 500 *вт* — световой поток 8000—9000 *лм*, в 1000 *вт* — световой поток 18 000—19 500 *лм*. Продолжительность горения ламп накаливания около 1000 *час*. Во время их горения вольфрамовая нить постепенно испаряется и металл осаждается на внутренних стенках колбы, вследствие чего она становится менее прозрачной и световой поток уменьшается. Сила света падает еще и потому, что при испарении вольфрама нить делается тоньше, сопротивление ее возрастает, а потребляемая сила тока падает. В конце горения световой поток лампы может понизиться до 20%.

Фотолампы имеют: матированную колбу, заполненную аргоном, с вольфрамовой нитью, работающей в режиме сильного перекала; у них повышены световой поток и цветовая температура.

Световой поток фотолампы в 275 *вт* равен 8000—8800 *лм*, фотолампы в 500 *вт* — 14 500—17 000 *лм*. Продолжительность горения фотоламп 4—8 *час*.

Зеркальные лампы имеют колбу, сводчатая часть которой покрыта внутри алюминиевым отражающим слоем, а купол слегка матирован. В результате такой конструкции зеркальные лампы имеют высокий коэффициент полезного действия (около 78%) и дают равномерное световое пятно.

Кинолампы (прожекторные и проекционные) относятся к газонаполненным лампам накаливания с повышенной световой отдачей и высокой температурой накала вольфрамовой нити. Лампы имеют колбу из прочного стекла шаровой или цилиндрической формы. Цилиндрическая форма колбы обеспечивает правильную циркуляцию потоков газа, предохраняет стекло от размягчения под действием высокой температуры нити и несколько предохраняет рабочую часть колбы от распыляемых частиц вольфрама.

В некоторые колбы введен крупнозернистый порошок вольфрама, который при встряхивании лампы стирает со стекла осадок распыленного вольфрама и тем самым делает колбу прозрачной.

Лампы сделаны очень компактно с высокой яркостью тела накала. Спираль нити находится в одной плоскости, что позволяет легко установить лампу в нужном положении в осветительный прибор. Вследствие повышенной температуры накала нити срок службы ламп не превышает 150 *час*. Многие из киноламп рассчитаны на работу только в вертикальном положении цоколем вниз. В зависимости от типа ламп допустимый угол наклона может быть от 15 до 45°.

Мощность киноламп — от 300 до 10 000 *вт*. Например, лампы типа ПЖ в 300 *вт* обеспечивают световой поток 7000 *лм*, в 1000 *вт* — 22 000 *лм*, в 3000 *вт* — 72 000 *лм*, в 10 000 *вт* — 280 000 *лм*; лампы типа КПЖ и ПЖК в 500 *вт* дают световой поток 14 000 *лм*, в 3000 *вт* — 84 000 *лм*, в 10 000 *вт* — 295 000 *лм*. Лампы этого типа имеют только шаровые колбы; лампы типа К в 500 *вт* имеют световой поток 11 000 *лм*.

Галогенные лампы (йодные; бромные, фтористые) относятся к наиболее современным источникам света. Они отличаются малым размером колбы, компактным телом накала, хорошим световым потоком и высокой цветовой температурой (рис. 1). Галогенные лампы имеют увеличенную световую отдачу и продолжительный срок службы по сравнению с фотолампами. Так, лампа в 300 *вт* дает световой

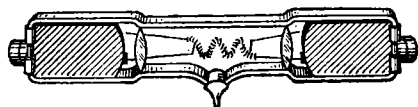


Рис. 1
Галогенная лампа

поток 8700 *лм* в течение 20 *час* горения; лампа в 500 *вт* — 13 000 *лм* в течение 130 *час*; в 1000 *вт* — 26 000 *лм* в течение 50 *час*.

Галогенные лампы имеют колбу из кварцевого или специального тугоплавкого стекла, заполненную инертным газом с небольшим количеством галогена (йод, бром, фтор). Такие колбы допускают высокое давление наполняющих газов, что уменьшает испарение вольфрамовой нити. Кроме того, колбы очень прочны и не лопаются, если на них попали капли холодной воды во время горения. Постоянство свойств ламп объясняется тем, что вольфрамовая нить в процессе накала непрерывно восстанавливается. Этот процесс происходит во время горения лампы, когда испаряющийся вольфрам нити, вместо того чтобы оседать на стенках колбы и затемнять ее, вступает в реакцию с парами галогена. Это соединение при высокой температуре около поверхности нити разлагается на вольфрам и галоген. Вольфрам частично оседает на нить, а галоген в газообразном состоянии вновь вступает в реакцию с испаряющимся вольфрамом. В результате такого хода реакций происходит непрерывный процесс восстановления нити в лампе, что и обеспечивает ее постоянство. Галогенные лампы помещаются в специальные осветительные приборы.

Световые характеристики любых ламп накаливания и срок их службы в значительной степени зависят от питающего напряжения. Чем выше напряжение, тем больше световой поток и короче срок службы лампы. Например, увеличение напряжения на 1% приводит к изменению светового потока на 3,5%. Одновременно изменяется и цветовая температура. Так, при недокале лампы (2500° К) она светит желтым светом, при перекале (3500° К) ее свет становится более белым.

На срок службы ламп оказывает влияние количество включений их в работу. Происходит это потому, что вольфрамовая нить в холодном состоянии имеет электрическое сопротивление, в 8—10 раз меньшее, чем при горении лампы. В результате перегрузки нити в момент включения лампы происходит повышенное распыление вольфрама. Поэтому часто, особенно при включении мощных ламп, применяют реостат, чтобы уменьшить пусковой ток.

В целях лучшего использования и перераспределения в нужном направлении светового потока источника света лампу помещают в осветительный прибор с отражающей, рассеивающей или преломляющей поверхностями. Чаще применяются приборы, имеющие колпак, окрашенный внутри. Эта окраска способствует увеличению светового потока, который становится равным сумме силы света лампы и отражателя. Коэффициент полезного действия осветительного прибора увеличивается особенно сильно, если внутренняя поверхность колпака сделана зеркальной. Однако при зеркальном отражателе осветительного прибора труднее получить равномерный световой поток, так как его равномерность зависит от точности изготовления зеркального отражателя, установки лампы в приборе и т. д.

Осветительные приборы могут состоять из нескольких ламп, включаемых полностью или частично во время работы.

Для регулирования светового потока применяют различные приспособления, устанавливаемые на осветительных приборах. Например, сетки из марли, тюля и других материалов ослабляют световой поток и несколько увеличивают его угол рассеяния; шторы, вращающиеся или неподвижные, ограничивают световой поток; светофильтры, изменяя цветовую температуру источника света, способствуют получению эффектов цветного освещения.

На рис. 2 показаны некоторые осветительные приборы, выпускаемые заводами или изготовленные самостоятельно.

Осветительные приборы устанавливают на штативе или другом подобном устройстве, на различной высоте и под различными углами к объекту съемки.

И м п у л ь с н а я л а м п а (фотовспышка) — источник света мгновенного действия и очень большой интенсивности. Выпускаются двух типов: многоразовые и одnorазовые.

Многоразовая лампа-вспышка основана на использовании искрового разряда, подобного разряду молнии. Эта лампа представляет собой запаянную трубку из прочного стекла, которая может быть различной формы. В конце трубки впаяны токоведущие электроды.

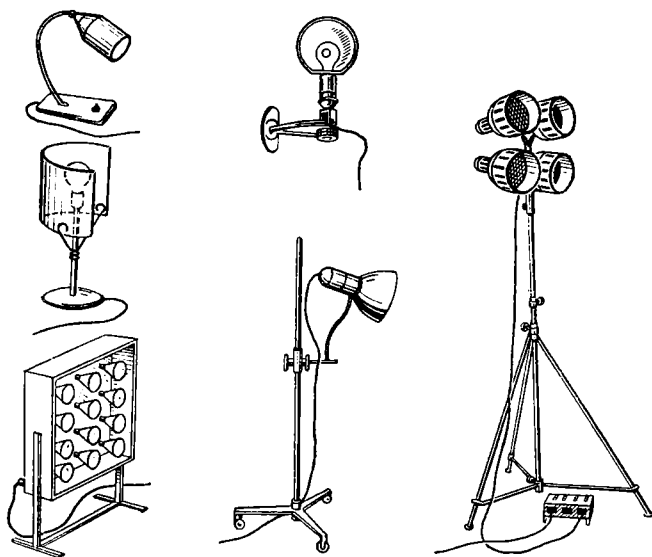


Рис. 2
Осветительные приборы

Трубка заполнена инертным газом, обычно ксеноном, способным при пропускании тока высокого напряжения ионизироваться и светиться. В большинстве случаев напряжение поступает от конденсатора, накопившего необходимую электрическую энергию.

При включении лампы конденсатор, мгновенно разрядясь, ионизирует газ и вызывает интенсивную световую вспышку.

В зависимости от конструкции лампы, продолжительность вспышки колеблется от $\frac{1}{400}$ до $\frac{1}{10000}$ сек. Число вспышек также зависит от вида лампы и может быть больше 10 000. Между вспышками происходят короткие перерывы, необходимые для охлаждения лампы и зарядки конденсатора.

Лампы установлены в отражатели, которые создают концентрированный направленный свет и предохраняют лампы от повреждений.

В качестве источника питания могут быть применены сухие батареи, аккумуляторы и сеть переменного электрического тока. Подача электрического напряжения для разного типа ламп зависит от конструкции осветительного прибора.

Лампа требует точной синхронизации световой вспышки с действием затвора фотоаппарата. Синхронизация должна осуществляться так, чтобы вспышка произошла при полном открытии затвора.

Основной характеристикой лампы является энергия вспышки, выражаемая в джоулях ($вт \cdot сек$). Результирующий эффект освещения равен произведению силы света лампы на продолжительность ее вспышки ($св \cdot сек$).

Освещенность изображения на фотоматериале определяется ведущим числом лампы.

В е д у щ е е ч и с л о — это произведение значения диафрагмы объектива на расстояние от лампы до объекта съемки.

Ведущее число служит важнейшим показателем лампы. Оно не постоянно и зависит от типа используемой лампы, ее положения в отражателе, величины и поверхности отражателя, источника питания, светочувствительности фотоматериала и др.

Ведущее число, указанное на лампе, рассчитано лишь на определенную светочувствительность фотоматериала. Например, для лампы ФИЛ-10М (рис. 3) ведущее число 24 предусматривает съемку на фотоматериале со светочувствительностью 90 ед. ГОСТа. Если предполагают вести съемку на фотоматериале светочувствительностью 65 ед. ГОСТа, то ведущее число лампы увеличивают в 1,4 раза; при использовании фотоматериала чувствительностью 130 ед. ГОСТа ведущее число уменьшают на 1,4 раза.

Изменение напряжения или емкости конденсатора сказывается на ведущем числе лампы.

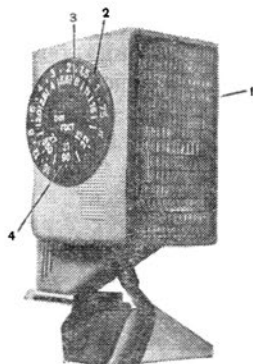


Рис. 3
Импульсная лампа-вспышка:
1 — осветитель, 2 — шкала расстояний до объекта, 3 — шкала диафрагм объектива, 4 — шкала чисел светочувствительности фотопленки

При съемке в больших или темных помещениях, где количество отраженного света очень мало и не может действовать на фотоматериал во время экспонирования, ведущее число лампы необходимо уменьшить на величину, зависящую от условий съемки. Иногда для освещения темных помещений и для подсветки теневых участков используют несколько ламп, действующих синхронно.

При одновременном включении двух ламп, работающих от самостоятельных источников питания и направленных в одну сторону, освещенность увеличивается вдвое, вследствие чего диафрагму объектива следует закрыть на одно деление.

Если каждая из ламп используется по-разному: одна — для освещения объекта съемки, другая — для освещения фона, диафрагму объектива можно не менять, так как освещенность объекта изменяется незначительно.

Широкое распространение ламп-вспышек обусловлено тем, что они позволяют снимать в трудных условиях освещения, быстрого движения снимаемого объекта, когда без лампы-вспышки съемка невозможна. Кроме того, с помощью лампы-вспышки можно делать очень большое число снимков с короткими перерывами. К достоинствам лампы следует отнести также возможность получения мелкозернистого изображения, так как ее вспышка допускает съемку на менее светочувствительном фотоматериале, чем требуется при обычных условиях фотографирования быстро движущегося объекта.

Цветовая температура лампы-вспышки около 5500°K , что позволяет снимать на цветном фотоматериале, рассчитанном на дневное освещение.

Однако лампа-вспышка имеет и существенные недостатки. Изображение, полученное при съемке со вспышкой, оказывается менее объемным из-за того, что на объект действует резкий передний свет. Вследствие чрезмерно короткой световой вспышки изображение становится менее контрастным, чем при съемке с выдержками, предусмотренными затвором фотоаппарата.

Чтобы получить привычное по контрастности изображение, фотоматериал следует обрабатывать в проявляющем растворе дольше на 50—75%, чем этого требует данный материал и проявитель. Разумеется, при удлинении времени проявления нужно учитывать, что повышается и светочувствительность фотоматериала. Если же съемка ведется с лампой, имеющей продолжительную вспышку

(около $1/_{500}$ сек), то время проявления фотоматериала можно не увеличивать.

О д н о р а з о в а я л а м п а - в с п ы ш к а — маленький стеклянный баллончик, заполненный специальным составом, способным под действием электрического тока воспламеняться и давать интенсивную вспышку света. Такие лампы-вспышки бывают разной формы и размера, рассчитаны на установку в самостоятельный отражатель или в отражатель, имеющийся на камере. В большинстве случаев питание одноразовых ламп-вспышек происходит от малогабаритной сухой батарейки, расположенной внутри камеры фотоаппарата или отдельно от него.

Вследствие того что вспышка в лампе происходит через некоторый промежуток времени после соединения ее контактов с источником питания, синхронизатор в фотоаппарате должен замыкать их раньше полного открытия затвора (около 0,02 сек). Для этого синхронизатор фотоаппарата устанавливают на контакт, обозначенный буквой «М».

ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ АППАРАТ

Фотоаппараты представляют собой сложные оптико-механические приборы. Рассмотрим важнейшие детали фотоаппарата.

Объектив — собирательная оптическая система, состоящая из линз, заключенных в металлическую или пластмассовую оправу

За последние годы в области объективостроения произошел существенный прогресс. При расчете оптических систем

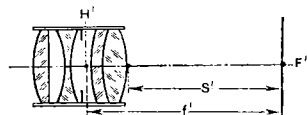


Рис. 4
Схема объектива: F' — точка фокуса, H' — задняя главная плоскость, S' — задний отрезок, f' — фокусное расстояние

широко применяются электронно-счетные машины; усовершенствовалась технология точной обработки стеклянных линз; используются новые сорта стекол, содержащие соединения редкоземельных элементов (например, лантановые стекла обладают довольно высоким показателем преломления). Это позволяет соз-

дать объективы с меньшим числом линз, повысить светосилу объектива, а также увеличить угловое поле объектива и улучшить качество изображения.

Фотографический объектив имеет следующие характеристики (рис. 4).

Фокусное расстояние — расстояние от задней главной плоскости до заднего фокуса объектива. Задняя

главная плоскость может находиться внутри объектива или вне объектива (рис. 5).

З а д н и м ф о к у с о м называют плоскость, перпендикулярную оптической оси и проходящую через точку заднего фокуса, в которой после преломления в объективе пересекаются все лучи, идущие в пространстве параллельно его оптической оси.

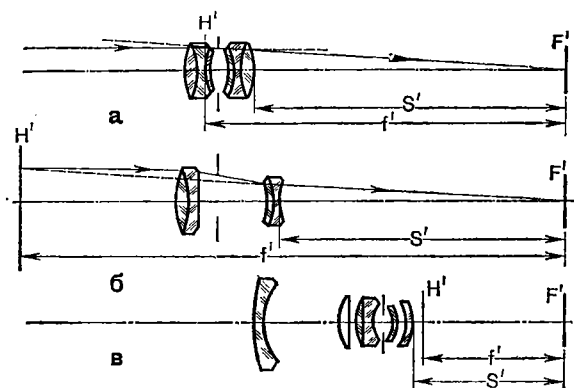


Рис. 5
Оптические схемы объективов: а — нормального, б — длиннофокусного, в — короткофокусного

Фокусное расстояние объектива выражается в миллиметрах (мм). Величина фокусного расстояния указывается на оправе объектива (округленно). От величины фокусного расстояния объектива зависит м а с ш т а б и з о б р а ж е н и я, т. е. степень линейного уменьшения объекта при его оптическом изображении.

Чем б о л ь ш е фокусное расстояние объектива, тем к р у п н е е изображение объекта, и наоборот, — чем к о р о ч е фокусное расстояние объектива, тем м е л ь ч е изображение объекта при его фотографировании с одной и той же точки.

О т н о с и т е л ь н о е о т в е р с т и е — отношение диаметра действующего (светового) отверстия объектива (d) к его фокусному расстоянию (f). Д и а м е т р о м д е й с т в у ю щ е г о о т в е р с т и я (для объективов простой конструкции) принимают диаметр первой линзы объектива.

Количественно относительное отверстие определяют по формуле

$$\frac{1}{f:d}.$$

Величина относительного отверстия объектива определяется дробным числом, в котором числитель равен единице. Для удобства его пишут в виде отношения (например, 1 : 2, 1 : 2,8 и т. д.). Так, величина 1 : 2 показывает, что у данного объектива фокусное расстояние в два раза больше диаметра действующего отверстия.

Светосила объектива — способность объектива создавать изображение определенной освещенности. Светосила определяется отношением освещенности поля изображения, создаваемой объективом, к яркости фотографируемого объекта.

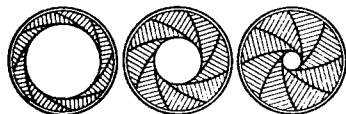


Рис. 6
Диафрагмы объектива

Светосила — показатель переменный, так как между линзами объектива помещена диафрагма, которая плавно изменяет диаметр светового отверстия (рис. 6). Д и а

ф р а г м а состоит из нескольких дугообразных лепестков, помещенных в оправу, имеющую снаружи специальное кольцо. На оправу объектива вынесена шкала значе- н и й о т н о с и т е л ь н ы х о т в е р с т и й, на которой указаны только знаменатели дробного числа, называемые д и а ф р а г м е н н ы м и ч и с л а м и.

Показатели диафрагменных чисел на шкале стандартизованы и имеют следующий ряд: 0,7; 1,0; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; 45 и 64. Этот ряд подчинен определенному закону, по которому при переходе от одного диафрагменного числа к соседнему количество пропускаемого объективом света изменяется в д в а р а з а.

Максимальное относительное отверстие обозначается на оправе объектива, например, в виде такой надписи: «2,8/50», где 2,8 — диафрагменное число, а 50 — фокусное расстояние объектива, выраженное в миллиметрах. Диафрагменное число часто называют светосилой объектива. По этой терминологии рассмотренный объектив имеет светосилу 2,8.

В объективах помимо простых диафрагм, у которых действующее отверстие устанавливают до съемки поворотом ручного кольца на оправе объектива, существуют более

совершенные диафрагмы, рассчитанные на быструю и удобную установку светового отверстия объектива. К ним относятся нажимные, прыгающие, моргающие диафрагмы или устанавливаемые до упора. Конструкции их весьма различны. Некоторые из диафрагм объединены с затвором фотоаппарата (стр. 36).

Светосила объектива уменьшается, если съемка происходит на очень близком расстоянии от объекта, например при съемке в масштабе 1 : 1. В этом случае светосила объектива уменьшается в ч е т ы р е раза. Это объясняется тем, что с приближением объектива к объекту плоскость изображения отодвигается от задней главной плоскости объектива и располагается на расстоянии, превышающем фокусное расстояние объектива. При съемке объекта в увеличенном масштабе светосила объектива понижается тем больше, чем крупнее масштаб изображения. Поэтому при расстоянии до объекта меньше 10 фокусных расстояний объектива в показатель светосилы должна быть введена поправка:

$$\left(1 + \frac{1}{M}\right).$$

В табл. 8 приведены коэффициенты, показывающие, во сколько раз происходит уменьшение светосилы (соответст-

Т а б л и ц а 8

Дистанция, на которую установлен объектив, выраженная в фокусных расстояниях	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Коэффициент, указывающий, во сколько раз уменьшается относительное отверстие объектива	1,11	1,12	1,14	1,16	1,2	1,25	1,3	1,5	2

венно, во сколько раз увеличивается знаменатель относительного отверстия) при его установке на дистанции от 10 до 2 фокусных расстояний.

Иногда максимальное значение относительного отверстия не совпадает с предусмотренными в стандартном ряде, например: 1 : 1,5; 1 : 3,5; 1 : 4,5 и т. д.

Если необходимо выяснить, насколько светосильнее будет объектив при диафрагме 3,5 по сравнению со следующим показателем диафрагмы, имеющим цифру 4, расчет ведут так:

$$\left(\frac{1}{3,5}\right)^2 : \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{12} : \frac{1}{16} = \frac{16}{12} \approx 1,3.$$

Пользуясь подобным расчетом, можно сравнить два объектива, имеющих различные максимальные относительные отверстия.

В современных объективах, представляющих собой сложную оптическую систему из расположенных в воздушной среде нескольких линз, часто разных по природе стекла, происходит некоторая потеря света. Эти световые потери вызваны тем, что на границе стекло — воздух и воздух — стекло происходит рассеяние света вследствие его отражения от поверхностей линз. Рассеяние возникает также за счет отражения света оправой объектива, лепестками диафрагмы и пр.

Потери света происходят и за счет толщины стекол линз объектива, так как даже самые прозрачные сорта оптического стекла имеют заметное поглощение в видимой части спектра, они еще больше поглощают ультрафиолетовые лучи. Стекло толщиной в 1 см поглощает 1—2% света в видимой части спектра. В двух объективах одной и той же оптической схемы, но разных по фокусному расстоянию и потому имеющих неодинаковую толщину стекол, потеря света будет весьма различной.

Особенно заметно поглощение света стеклом в коротковолновой части спектра, причем оно тем сильнее, чем больше суммарная толщина линз, из которых сделан объектив. Это поглощение зависит и от типа оптического стекла.

Величина относительного отверстия объектива, рассчитанная по геометрическим параметрам оптической системы, не учитывает потери света в объективе. Поэтому сравнение светосилы разных объективов по оптическим системам или другим характеристикам путем сопоставления их относительных отверстий является неточным.

Объективы, линзы которых покрыты специальными пленками, называются просветленными.

Просветление заключается в образовании на несклеенных преломляющих поверхностях линз тонких прозрачных пленок, показатели преломления и толщина кото-

рых подобраны так, что световая энергия, отраженная от поверхностей пленок, в результате интерференции близка к нулю. В зависимости от числа пленок различают одно-, двух- и трехслойное просветление.

При просветлении объективов происходит значительное уменьшение коэффициента отражения и, следовательно, увеличение освещенности изображения.

Просветление не только снижает потери света в объективе, но и положительно сказывается на качестве фотографического изображения. Без просветляющих пленок лучи, многократно отраженные стеклянными поверхностями, проникают внутрь камеры, создают рассеянный свет, не участвующий в создании изображения, а лишь равномерно засвечивающий экспонируемый фотоматериал. В результате такой засветки контрастность изображения несколько снижается.

Просветляющие пленки могут быть такими, при которых стеклянные поверхности линз, рассматриваемые на отражение, кажутся голубыми или желтыми. Если линзы объектива кажутся голубыми (голубое просветление), цветное изображение получается с синеватым оттенком. Желтое просветление объектива, называемое **янтарным**, способствует получению более правильного по цвету изображения. Янтарное просветление целесообразно для светосильных объективов с линзами большой толщины, изготовленными из сильно преломляющих стекол, в том числе лантановых.

Поле зрения — пространство, проецируемое объективом в виде круга (рис. 7).

По качеству созданного изображения поле зрения неодинаково. Резкость изображения и освещенность ухудшаются от центра к краям поля.

Поле изображения — центральная часть проецируемого пространства, в пределах которого различие между центром поля и его краями по резкости и освещенности изображения считается допустимым.

Фотографические изображения имеют прямоугольную форму, поэтому в поле изображения вписывают формат кадра, на который рассчитан объектив.

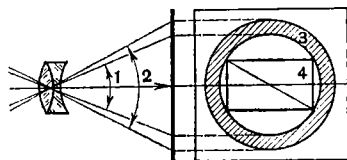


Рис. 7
Поле зрения и поле изображения объектива: 1 — угловое поле изображения, 2 — угловое поле зрения, 3 — поле зрения, 4 — поле изображения

Величина углового поля изображения, зависящая от фокусного расстояния объектива и размера кадра, определяется по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{D}{2f},$$

где ω — половина углового поля изображения; D — диагональ кадра; f — фокусное расстояние объектива.

Разрешающая сила — способность объектива раздельно изображать очень мелкие и близко расположенные друг к другу детали объекта.

Разрешающую силу объектива определяют по таблице, состоящей из черных и одинаковых с ними по ширине белых промежутков. Величину разрешающей силы оценивают предельным числом различаемых линий на 1 мм.

Изображение таблицы, создаваемое объективом на фотоматериале, отличается от ее изображения, рассматриваемого глазом в специальном приборе. Воспроизведенная на фотоматериале таблица показывает разрешающую силу системы объектив+фотоматериал и называется **фотографической разрешающей силой объектива**.

Фотографическая разрешающая сила объектива всегда ниже его визуальной разрешающей силы, так как на ее величину влияют разрешающая сила объектива, условия съемки таблицы, свойства фотоматериала и его обработка. Особенно большое влияние оказывает зернистость светочувствительного слоя фотоматериала. Она неодинакова у различных фотоматериалов. Фотографируя таблицу одним и тем же объективом сначала на мелкозернистом, а затем на крупнозернистом фотоматериале, можно обнаружить, что число различаемых штрихов на мелкозернистом фотоматериале будет соответствовать, например, 150 *лин/мм*, а на крупнозернистом — лишь 45 *лин/мм*. Поэтому объективы принято испытывать на фотоматериалах средней светочувствительности или на тех фотоматериалах, которыми будут чаще всего пользоваться при работе с этими объективами.

Разрешающая сила объектива по центру изображения и его краям неодинакова. Это различие вызвано недостатками в оптической системе (абберациями) объектива. Спад разрешающей силы у разных объективов различный. У одних типов объективов разрешающая сила пониженная только у самых краев изображения, у других — снижается постепенно от центра к краям изображения.

Величина фотографической разрешающей силы зависит от степени диафрагмирования объектива. При небольшом диафрагмировании объектива разрешающая сила несколько увеличивается как в центре, так и по всему полю изображения, а при сильном диафрагмировании — уменьшается. Для большинства объективов наивысшая разрешающая сила при диафрагмах — от 4 до 8.

Типы объективов

Фотографические объективы изготовляют по типовым оптическим схемам. Каждому типу объективов присваивают какое-либо название, например: «Индустар», «Юпитер», «Гелиос», «Вега», «Мир» и т. д.

В один тип входят объективы, различные по фокусному расстоянию, по величине относительного отверстия, по угловому полю зрения и другим характеристикам. Одинаковые объективы обозначаются цифрой, помещенной рядом с названием оптической схемы: «Гелиос-94», «Вега-3», «Рубин-1» и т. д.

На оправе объектива указывается название завода-изготовителя или его марка, номер объектива, наименование оптической схемы, относительное отверстие, фокусное расстояние.

Объективы группируют по светосиле и по угловому полю изображения:

сверхсветосильные — с относительным отверстием больше 1 : 2;

светосильные — с относительным отверстием 1 : 2—1 : 2,8;

малосветосильные — с относительным отверстием менее 1 : 11.

Нормальные по угловому полю изображения объективы, — у которых угловое поле изображения 40—55°, а фокусное расстояние близко к диагонали кадра.

Узкоугольные (длиннофокусные) объективы, — у которых угловое поле изображения менее 30°, а фокусное расстояние — от 2 до 10 диагоналей кадра и даже больше.

Очень длиннофокусные объективы при обычной оптической схеме получаются громоздкими и тяжелыми. Длиннофокусные объективы, созданные по специальным оптическим схемам, называются телеобъективами (рис. 8). У большинства телеобъективов задний отрезок, т. е. расстояние от последней поверхности линзы до фокуса,

значительно меньше фокусного расстояния, что позволяет сильно уменьшить размер и массу объектива.

Особый интерес представляют зеркально-линзовые объективы, имеющие помимо обычных линз зеркала. Эти объективы относительно небольшие по размеру

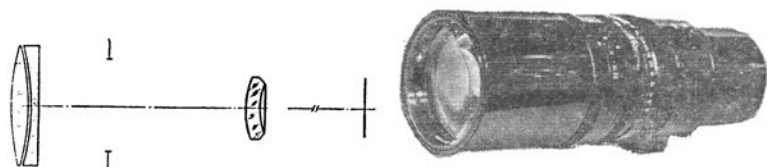


Рис. 8
Схема и общий вид телеобъектива

и очень длиннофокусные. К ним относятся широко применяемые объективы «МТО-500» и «МТО-1000» (рис. 9).

Широкоугольные (короткофокусные) объективы, — у которых угловое поле изображения $60-90^\circ$, а фокусное расстояние короче диагонали кадра (от 0,8 до 0,5 диагонали).

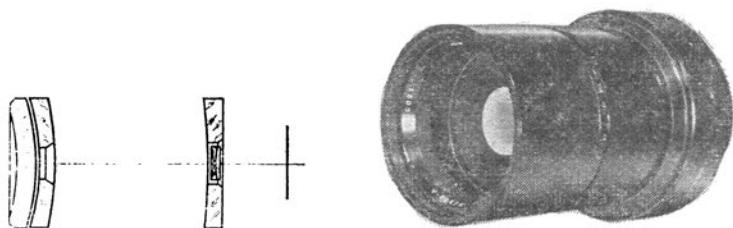


Рис. 9
Схема и общий вид зеркально-линзового объектива

Сверхширокоугольные объективы, — у которых угловое поле изображения более 90° , а фокусное расстояние значительно короче диагонали кадра.

Эти характеристики группы весьма условны, так как они могут меняться в зависимости от уровня техники изготовления объективов, условий их применения и многих других причин. Например, объектив с относительным отверстием $1:2,8$ еще недавно считался сверхсветосильным, сейчас его относят к светосильным. Объектив с фокусным расстоянием 135 мм для кадра $2,4 \times 3,6$ см будет длиннофокусным, для

кадра 9×12 см — нормальным, а для кадра 13×18 см — широкоугольным.

Объективы могут быть постоянно установленными в фотоаппарате или сменными.

Сменные объективы различаются по фокусному расстоянию, светосиле или другим оптическим свойствам. Они приспособлены для установки в фотоаппарат, рассчитанный на работу с разными объективами. Комплект сменных объективов состоит из нескольких объективов с разными фокусными расстояниями (от 20 до 500, даже до 1000 мм). Чем больше набор, тем шире круг применения фотоаппарата.

Оправы сменных объективов изготавливаются либо для определенного типа фотоаппарата, либо делаются универсальными, пригодными для разных фотоаппаратов. В тех случаях, когда оправа объектива не подходит к фотоаппарату, пользуются специальными переходными устройствами — а д а п т е р а м и.

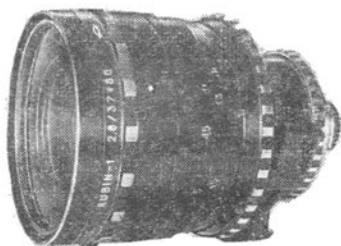
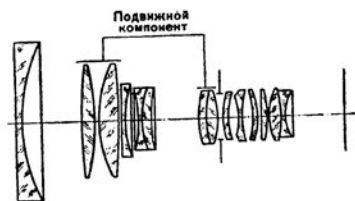


Рис. 10
Схема и общий вид объектива «Рубин-1»

Некоторые производители изготавливают сменные объективы из отдельных оптических компонент. Такие объективы имеют один компонент, постоянно укрепленный в фотоаппарате, и серию компонент, присоединяемых к основному в зависимости от фокусного расстояния объектива.

Объективы с переменным фокусным расстоянием (панкратические) позволяют получать изображение объекта в разных масштабах с одной точки съемки. Они представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из неподвижных и подвижных оптических элементов, позволяющих изменять фокусные расстояния объектива. Широкоизвестным объективом является

«Рубин-1» (рис. 10), в котором фокусное расстояние можно менять от 37 до 80 мм.

Объективы с переменным фокусным расстоянием имеют преимущества перед обычными объективами: один такой объектив заменяет серию сменных объективов, дает возможность быстро изменить масштаб изображения, более рационально построить композицию кадра, что особенно важно для малоформатных изображений.

К недостаткам таких объективов следует отнести несколько пониженную разрешающую силу, увеличенный размер и большую массу.

Камера — светонепроницаемый ящик, в передней стенке которого установлен объектив, а у задней стенки помещается фотоматериал. Камера может быть жесткой конструкции или складной, изготовленной из металла, пластмассы и дерева. Внутри и снаружи камеры могут быть установлены различные механизмы, обеспечивающие выполнение ряда операций, необходимых при съемке.

В жестких конструкциях фотоаппаратов объективная доска составляет одно целое с камерой, и тогда для наводки на резкость и установки объектива на определенное расстояние от фотоматериала объектив перемещается при помощи многозаходной резьбы.

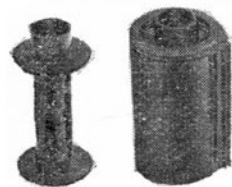


Рис. 11
Стандартная кассета для
фото пленки

В складных фотоаппаратах объективная доска при открывании камеры либо автоматически устанавливается всегда на одном и том же расстоянии от фотоматериала, либо отодвигается от задней стенки по зубчатой рейке — к р е м а л ь е р е. В складных конструкциях объективная доска соединена с жесткой рамой камеры светонепроницаемым мехом.

Некоторые камеры имеют объективную доску, которая может перемещаться вверх и вниз, влево и вправо; у более сложных камер объективная доска имеет еще и наклоны.

Задняя стенка камеры может быть съемной, откидывающейся на шарнире или составлять одно целое с корпусом камеры. Фотоматериал в кассете или на катушке помещают в специальные гнезда задней стенки камеры или устанавливают вместо задней стенки камеры. Одни кассеты предназначены для перфорированной фото пленки, другие — для катушечной фото пленки, третьи — для фото пластинок.

Стандартная кассета (рис. 11), в которой продают фотопленку, состоит из корпуса, катушки, крышек, надеваемых на корпус. В этой кассете фотопленка, намотанная на катушку, проходит через продольную щель, оклеенную черным бархатом, который защищает фотоматериал от действия света.

К наиболее современным относятся кассеты типа «Рапид» и «Кодапак», рассчитанные на быструю и упрощенную зарядку фотоаппарата.

Фотоаппарат, предназначенный для кассет «Рапид» (рис. 12), имеет два гнезда, в которые помещают две одинаковые кассеты: подающую — заряженную фотопленкой, и приемную — для экспонированной фотопленки. После закрытия задней стенки камеры специальный механизм проталкивает фотопленку по одному кадру из подающей кассеты в приемную. При такой зарядке исключается обратная перемотка экспонированной фотопленки в подающую кассету. Кассета рассчитана на 12 кадров размером 24×36 мм, или на 16 кадров 24×24 мм, или на 24 кадра 18×24 мм.

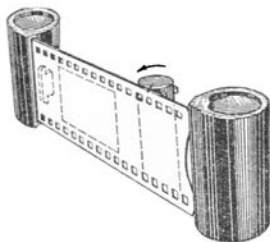


Рис. 12
Кассета типа «Рапид»

Кассета «Кодапак» представляет собой неразъемное пластмассовое устройство, имеющее подающую и приемную кассеты, связанные перемычкой с кадровым окном 28×28 мм. Кассета может быть заряжена фотопленкой на 12—20 кадров. Вдоль фотопленки проложен бумажный ракорд с напечатанными номерами кадров. После экспонирования каждого кадра механизм в камере проталкивает фотопленку в приемную кассету. Полностью использованную фотопленку вынимают из приемной кассеты, разрушая при этом все устройство.

Кассеты типа «Кодапак» обеспечивают автоматическую установку экспозиции в фотоаппарате. Автоматизация основана на том, что конфигурация вырезов или выступов в кассете зависит от величины светочувствительности фотопленки. При зарядке фотоаппарата вырез или выступ кассеты включает соответствующий датчик в системе автоматической установки экспозиции.

Для роликовой фотопленки удобны приставные кассеты (рис. 13). Они позволяют быстро и без исполь-

зования всей фотопленки перезарядить фотоаппарат (например, черно-белую фотопленку заменить цветной и т. д.).

Фотопластинки заряжают в металлические или деревянные кассеты (рис. 14), которые рассчитаны на одну или две фотопластинки. В эти же кассеты можно заряжать и плоские фотопленки.

По формату кадра фотоаппараты делятся на мелко-, мало-, средне- и крупноформатные:

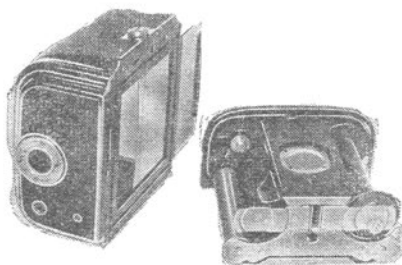


Рис. 13
Кассета для широкой роликовой фотопленки

Мелкоформатные (миниатюрные) фотоаппараты рассчитаны на 16-мм фотопленку с форматом кадра 8×11 ; 10×14 ; 12×17 ; 14×21 мм;

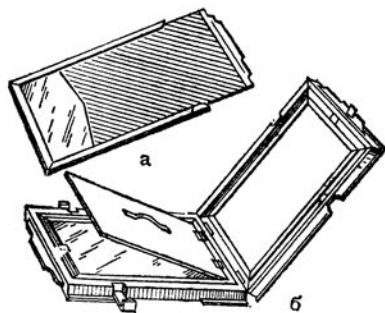


Рис. 14
Кассеты для фотопластинок и плоских фотопленок: а — металлическая, б — деревянная

малоформатные фотоаппараты предназначены для обычной перфорированной фотопленки с форматом кадра 18×24 ; 24×24 ; 28×28 и 24×36 мм;

среднеформатные фотоаппараты рассчитаны на использование 40-, 60- или 70-мм фотопленки с форматом кадра 4×4 ; $4 \times 6,5$; $4,5 \times 6$; 6×6 ; 6×9 см и др.

крупноформатные фотоаппараты предназначены для фотоматериалов шире 9 см с форматом кадра 9×12 ; 13×18 ; 18×24 см и т. д.

Кроме того, существует группа специальных фотоаппаратов, например: панорамные, стереоскопические и др.

Затвор — механизм, дозирующий время, в течение которого свет, прошедший через объектив, освещает фотоматериал. Это время называют выдержкой. Для затворов установлен ряд выдержек в секундах: 1; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{8}$; $\frac{1}{15}$; $\frac{1}{30}$; $\frac{1}{60}$; $\frac{1}{125}$; $\frac{1}{250}$; $\frac{1}{500}$; $\frac{1}{1000}$; $\frac{1}{2000}$ и «В». Этот ряд выдержек строго пропорциональный, облегчает переход от одного сочетания выдержка — диафрагма к другому при установке экспозиции. Отношение соседних значений выдержек по шкале равно 2.

Некоторые затворы имеют специальные устройства, например: суммирующий механизм, который объединяет значения выдержки и диафрагмы для автоматической установки экспозиции; синхронизирующий механизм, включающий осветительную лампу одновременно с работой затвора; самоспускающий механизм автоспуска, экспонирующий через 10—15 сек после нажатия на спусковую кнопку затвора.

Затвор, расположенный внутри объектива или около него, называется центральным, так как лепестки, закрывающие доступ света к фотоматериалу, раскрываются от центра действующего отверстия объектива к его краям. При такой работе затвора все поле кадра в момент экспонирования освещается целиком.

Современный центральный затвор — очень сложный механизм, состоящий из 100—200 деталей (рис. 15).

Важнейшая часть затвора — лепестки, которые имеют сложную форму. Количество лепестков может быть два, три и пять. У большинства затворов лепестки помещены между передним и задним компонентами объектива как можно ближе к его диафрагме. Механизм, управляющий лепестками, обеспечивает работу затвора и при пониженной температуре воздуха. Величина выдержки регулируется по шкале на диске, находящемся в верхней части затвора, специальным кольцом, охватывающим весь корпус затвора, или другим устройством.

Шкала выдержек имеет ряд выгравированных цифр и букв, обозначающих знаменатели дробного числа в виде

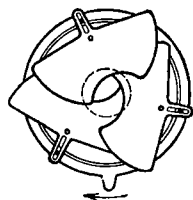


Рис. 15
Схема центрального затвора

целых чисел: вместо $1\frac{1}{30}$ сек — цифра «30»; вместо $1\frac{1}{250}$ сек — цифра «250» и т. д. При совмещении указателя выдержек с буквой «В» отверстие затвора будет открыто столько времени, сколько продолжается нажатие спускового рычага. Этим регулятором пользуются в тех случаях, когда выдержка превышает 1 сек. Для большинства центральных затворов необходимо первоначально совместить кольцо-регулятор с цифрой или буквой на шкале выдержек, затем, нажимая до отказа заводной рычаг, завести затвор и только после этого нажать на спусковой рычаг, открывающий и закрывающий светозащитные лепестки.

В центральных затворах широко применяется полуавтоматическое и автоматическое регулирование экспозиции (стр. 49). В этой связи появились новые конструкции затворов. К ним следует отнести затвор-диафрагму и электронный затвор.

В затворе-диафрагме лепестки затвора выполняют и функцию диафрагмы объектива. Во время экспонирования лепестки раздвигаются на время выдержки в зависимости от яркости объекта съемки. При малой яркости объекта экспонирование происходит при полностью открытом объективе — лепестки затвора раздвигаются до конца. При большой яркости объектив задиафрагмирован, так как лепестки затвора раздвигаются только на величину диафрагмы, необходимой для данной выдержки.

Электронный затвор представляет собой конструкцию, в которой открывание и закрывание лепестков регулируется электронным устройством. Электронные системы позволяют осуществлять очень длинные выдержки, невозможные для механических регуляторов, применяемых в обычных затворах.

Центральные затворы широко распространены, так как имеют ряд положительных свойств: исключают геометрические искажения при съемке быстро движущихся объектов; дают возможность использовать лампы-вспышки при любой выдержке затвора; имеют малую чувствительность механизма к изменению температуры воздуха и др.

Однако центральные затворы не лишены и недостатков. Например, они затрудняют применение сменных объективов. При пользовании сменными объективами центральный затвор должен быть установлен либо в каждом из сменных объективов, либо между компонентами объектива, из которых задний компонент вместе с затвором постоянно укреплен в камере фотоаппарата, либо сменные объективы уста-

навливают перед затвором, постоянно помещенным в камере фотоаппарата.

Применение каждого сменного объектива со своим затвором не только сильно удорожает объектив, но и усложняет его замену в фотоаппарате, так как в этом случае фотоматериал, находящийся в камере, необходимо закрывать от действия света.

Установка затвора между сменными компонентами объектива очень усложняет расчет его оптической системы и технологию изготовления, что также значительно повышает стоимость объектива.

Наибольшее распространение нашел третий способ, при котором затвор постоянно установлен в камере фотоаппарата, а сменные объективы укрепляются впереди затвора. Для таких затворов необходимы специальные объективы. При расположении объективов впереди затвора имеет место *виньетирование* — частичное затемнение пучка лучей, поступающего в объектив. Виньетирование возникает вследствие ограничения пучка лучей оправой затвора. Постепенное падение освещенности может доходить до 60—70% от центра кадра к его краям.

Затвор, установленный внутри камеры вблизи фотоматериала, называют *шторным*. В таком затворе (рис. 16) шторка из шелковой прорезиненной ткани с щелеобразным отверстием намотана на два валика, у одного из которых имеется пружина, определяющая натяжение шторки. В момент срабатывания шторка с щелью движется перед фотоматериалом и пропускает свет через щель к светочувствительному слою. Продолжительность выдержки определяется шириной щели шторки и скоростью ее продвижения. Размер щели в шторке и натяжение пружины могут регулироваться. Чем уже щель и сильнее натяжение пружины, тем короче будет выдержка, так как при быстром движении узкой щели шторки каждая точка фотоматериала освещается очень короткое время. При широкой щели в шторке и слабом натяжении пружины фотоматериал длительно освещается. Меняя ширину щели и натяжение пружины, получают выдержки различной продолжительности.

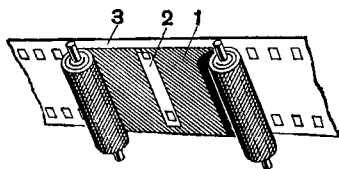


Рис. 16
Схема шторного затвора: 1 — шторка, 2 — щель, 3 — фотопленка

Регуляторы ширины щели шторки и натяжения пружины выводятся на внешнюю стенку камеры. Эти регуляторы могут быть различной конструкции. Затвор взводится одновременно с перемоткой фотопленки внутри камеры. Движение щели шторки перед фотоматериалом, т. е. осуществление выдержки, происходит после того, как нажат спусковой рычаг. При необходимости съемки с выдержкой свыше 1 сек вращающуюся головку затвора устанавливают так, что стрелка указывает на букву «В». При такой установке регулятора выдержек продолжительность выдержки определяется отрезком времени, в течение которого нажат и держится в данном положении спусковой рычаг.

В некоторых фотоаппаратах шторки затвора изготавливаются из тонкой металлической ленты. Такие шторки не могут быть прожжены солнечным лучом, мало чувствительны к колебаниям температуры воздуха и прочны. Металлические шторки могут быть жесткими, гибкими и складными. Они перемещаются в затворе горизонтально, сверху вниз или надвигаются одна на другую в виде веера.

Шторные затворы удобны и широко применяются, так как они позволяют при одном и том же затворе, установленном постоянно, пользоваться сменными объективами.

К недостаткам затворов этого типа относится то, что при съемке быстро движущихся объектов изображение на фотоматериале может оказаться искаженным. Изображение объекта на фотоматериале создается не одновременно на всем поле кадра, а последовательно, по мере движения щели шторки перед фотоматериалом во время экспонирования (например, колеса автомобиля вместо круглых получаются овальными). Искажение изображения будет тем заметнее, чем меньше ширина щели шторки и чем больше скорость ее движения. Если шторка изготовлена из прорезиненной ткани, она на морозе теряет эластичность, снижается скорость ее движения, и меняется величина выдержки; при низкой температуре затвор может не работать.

Наиболее существенный недостаток шторных затворов в том, что они не всегда позволяют применять при съемке импульсные лампы-вспышки (стр. 19).

Транспортирующий механизм — устройство для передвижения фотопленки внутри камеры.

Перемотка перфорированной фотопленки осуществляется механизмом, имеющим зубчатый барабан. Головка этого механизма или специальный рычаг выведены наружу камеры. Вращая головку или поворачивая рычаг до упора,

фотопленку перемещают на один кадр. У большинства фотоаппаратов перемотка фотопленки, взвод затвора и счетчик кадров заблокированы между собой. Это ускоряет подготовку фотоаппарата к съемке и полностью исключает возможность повторной съемки на один и тот же участок фотопленки.

Широко применяются п р у ж и н н ы е п р и в о д ы, обеспечивающие перемотку нескольких кадров или всей фотопленки от одного завода пружины. Пружинный привод немедленно после съемки перематывает фотопленку на один кадр и одновременно взводит затвор. Такое устройство весьма удобно при фотографировании спортивных и других подобных сюжетов.

Известны фотоаппараты со встроенным электродвигателем, который питается от миниатюрной батареи или аккумулятора. При нажатии на спусковой рычаг фотоаппарата после срабатывания затвора происходит включение электродвигателя, который перематывает фотопленку, взводит затвор и выполняет другие вспомогательные операции, необходимые для съемки следующего кадра.

Перемотка неперфорированной фотопленки осуществляется фрикционным устройством, соединенным с приемной катушкой, помещенной внутри камеры. Вращая головку этого устройства или специальный рычаг, перемещают фотопленку. В фотоаппаратах, в которых перемотка неперфорированной фотопленки связана со взводом затвора, исключена возможность повторной съемки на один и тот же участок фотопленки. В более простых фотоаппаратах перемотка неперфорированной фотопленки происходит до тех пор, пока в окне задней стенки камеры не появится специальный знак, указывающий положение кадра и его номер.

Видоискатель — устройство, предназначенное для определения границ объекта съемки, изображение которого должно быть получено на фотоматериале определенным объективом в пределах формата кадра.

Дальномер — устройство для наводки объектива на резкое изображение.

Эти два устройства во многих фотоаппаратах объединены.

Видоискатель может быть встроенным в камеру фотоаппарата или приставным. По конструкции и принципу действия видоискатели делятся на рамочные, зеркальные надкамерные, зеркальные внутрикамерные, телескопические и др.

Рамочные видоискатели состоят из двух рамок различных размеров, укрепленных на камере фотоаппарата. Они позволяют видеть объект съемки в пределах углового поля объектива, установленного в фотоаппарате (рис. 17). Такие видоискатели применяют лишь в качестве

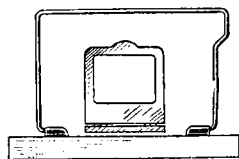


Рис. 17
Рамочный видоискатель

вспомогательных, так как в них сложно видеть одновременно с достаточной четкостью объект съемки и рамку.

Зеркальные надкамерные видоискатели расположены над камерой фотоаппарата и построены по оптической схеме, в которой объектив видоискателя создает изображение объекта съемки в зеркале, отражающем это изображение на линзу, имеющую в центре матовый кружок, а над линзой помещена лупа, способствующая лучшему рассмотрению изображения (рис. 18). Изображение получается зеркальным по отношению к объекту съемки, т. е. его детали справа оказываются в видо-

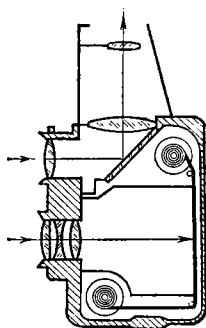


Рис. 18
Зеркальный надкамерный видоискатель

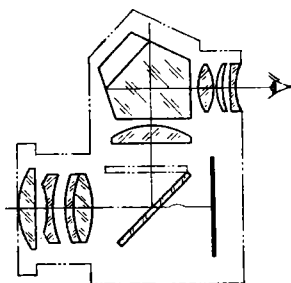


Рис. 19
Зеркальный внутрикамерный видоискатель

искателе слева, и наоборот. С таким видоискателем зеркальное изображение может привести к ошибочному определению направления движения объекта съемки. Кроме того, изображение в видоискателе смещено по отношению к изображению, получаемому на фотоматериале, так как зеркальный видоискатель расположен над камерой, в которой находится фотоматериал. Это смещение, называемое

параллаксом, особенно заметно сказывается при съемке близко расположенных объектов.

Зеркальные внутрикамерные видоискатели находятся внутри камеры и построены по оптической схеме, в которой один и тот же объектив используется для видоискателя и съемки. При установке границ объекта съемки объектив проецирует изображение на откидывающееся зеркало, которое в свою очередь проецирует изображение через систему линз и призму к глазу наблюдателя (рис. 19). Видимое изображение получается правильным по отношению к объекту съемки и без параллакса.

Телескопические видоискатели расположены над камерой и построены по оптической схеме, в которой передняя линза служит объективом видоискателя, а задняя линза — окуляром (рис. 20). Во многих фотоаппаратах задняя линза сделана подвижной, позволяющей регулировать ее по глазу наблюдателя.

Зеркально-телескопические видоискатели расположены и построены так же, как простые телескопические, но отличаются тем, что у них на задней стороне передней линзы нанесен полупрозрачный зеркальный слой, отражающий лучи, идущие от рамок, выгравированных на пластинке и заполненных белой краской. Благодаря этому одним и тем же видоискателем можно пользоваться для определения границ объекта съемки при фотографировании объективами с разным фокусным расстоянием (рис. 21).

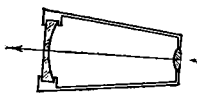


Рис. 20
Телескопический видоискатель

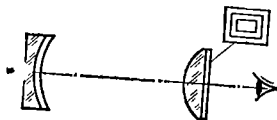


Рис. 21
Зеркально - телескопический видоискатель

Универсальные видоискатели устанавливаются в специальное гнездо с пазами, расположенное на верхней крышке камеры, и служат для определения границ объекта съемки при работе со сменными объективами. По своей оптической схеме универсальные видоискатели относятся к телескопическим системам с призмным оборачивающим блоком, который установлен между оку-

ляром и кадровой рамкой. В револьверной головке видоискателя укреплено пять объективов, имеющих такие же угловые поля, как и в сменных объективах с фокусными расстояниями 28, 35, 50, 85 и 135 мм (рис. 22). Для определения величины поправки на параллакс на боковой стенке револьверной головки видоискателя сделана метка.

Сменные видоискатели устанавливаются в гнездо с пазами, расположенное на верхней крышке камеры; они служат для определения границ объекта съемки, фотографируемого только одним из сменных объективов, имеющих фокусное расстояние, например, 35 или 85 мм. Каждый из сменных видоискателей устанавливается в фото-

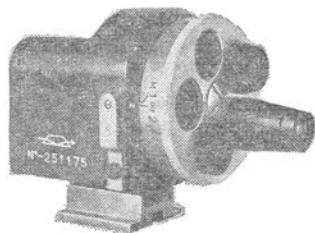


Рис. 22
Универсальный видоискатель

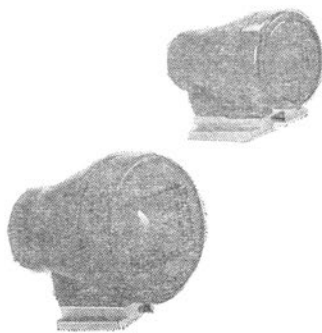


Рис. 23
Сменные видоискатели

аппарате при использовании соответствующего объектива (рис. 23). Сменные видоискатели построены по оптической схеме, примененной в простых телескопических видоискателях.

Чтобы исключить ошибки из-за параллакса, некоторые видоискатели имеют параллактические отметки, показывающие, куда и насколько сдвигается поле зрения, если объект съемки расположен близко к фотоаппарату. Есть и другие устройства для устранения параллакса в фотоаппарате.

Большинство видоискателей снабжено диоптрийным устройством — линзой на окуляре видоискателя. Диоптрийное устройство позволяет компенсировать недостатки зрения в пределах ± 5 диоптрий.

Совмещение оптического изображения, создаваемого объективом, с плоскостью фотоматериала, помещенного

внутри камеры, называется наводкой объектива на резкость.

Наводка объектива на резкость осуществляется несколькими способами:

по шкале расстояний — определение расстояния до объекта съемки и установка объектива на показатель шкалы, нанесенной на оправе объектива (рис. 24);

по символам — установка объектива на расстояние, отмеченное на специальной клавише или оправе объектива с определенным символом — изображением портрета, пейзажа и др. Это расстояние фиксировано для каждой определенной группы объектов съемки (рис. 25);

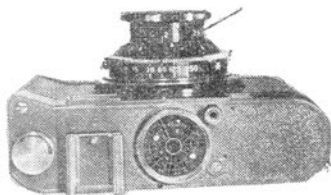


Рис. 24
Шкала расстояний

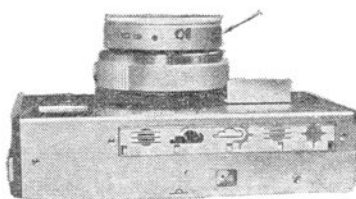


Рис. 25
Шкала символов

по изображению на матовом стекле — визуальная оценка резкости изображения, рассматриваемого на матовом стекле. Изображение можно получить прямой проекцией его на матовое стекло или матовую поверхность линзы с помощью оптической системы, включающей зеркало. Например, в двухобъективном фотоаппарате (рис. 26) объектив видоискателя, жестко связанный со съемочным объективом, используется и для установки съемочного объектива на резкость. В однообъективном зеркальном фотоаппарате (рис. 27) перемещением объектива вдоль его оптической оси находят положение, при котором изображение кажется наиболее резким. Точность наводки объектива по изображению на матовом стекле зависит от остроты зрения фотографа, яркости изображения на матовом стекле, качества матированной поверхности и масштаба изображения.

Чтобы повысить яркость изображения на матовом стекле, наводку объектива на резкость часто ведут при полном открытии диафрагмы объектива и фотографируют при такой диафрагме, которая обеспечивает необходимую

глубину резко изображаемого пространства. В этом случае очень удобны объективы с прыгающей диафрагмой, устанавливаемой при съемке до упора.

Для повышения точности установки объектива на резкость по изображению на матовом стекле в однообъективных зеркальных фотоаппаратах стали применять фокусировочные клинья, представляющие собой два

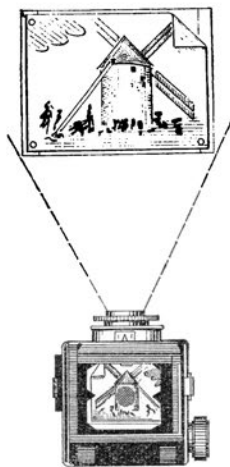


Рис. 26
Наводка на резкость по изображению в двухобъективном фотоаппарате

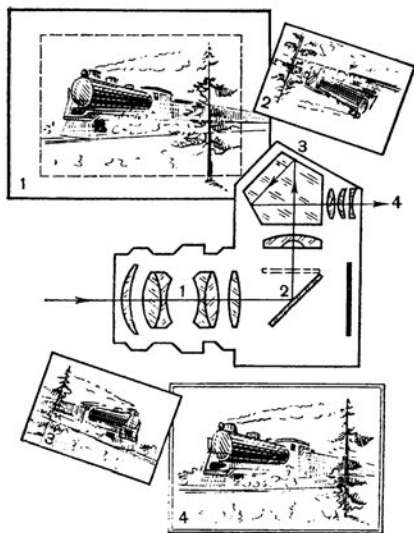


Рис. 27
Наводка на резкость по изображению в однообъективном фотоаппарате: 1 — изображение объекта съемки в объективе, 2 — изображение в зеркале, 3 — изображение в пентапризме, 4 — изображение в окуляре

небольших стеклянных клина, помещенных в круглое углубление, в центре матированной поверхности зеркального видоискателя (рис. 28). При неточной установке объектива на резкость части изображения смещаются в разные стороны вдоль линии раздела.

В современных однообъективных зеркальных фотоаппаратах наводка объектива на резкость осуществляется микрорастром (рис. 29), представляющим собой набор специальных призмочек. При неточной наводке объектива в видоискателе возникают два размытых изображения объекта, и наоборот, — при точной наводке объектива

двоение изображения исчезает и становится четким. Микро-растр помещают в центре поля видоискателя, он позволяет повысить точность наводки объектива на резкость и исключить матовое стекло, снижающее яркость изображения. Вокруг микрорастра обычно расположено матовое кольцо, необходимое для оценки глубины резко изображаемого пространства.

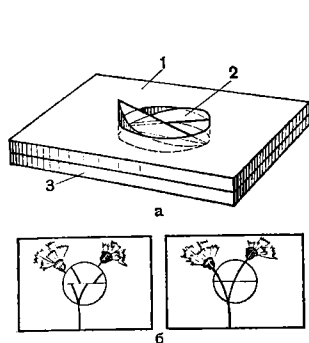


Рис. 28
Устройство с фокусирующими клиньями: а — схема: 1 — матовая поверхность, 2 — фокусирующие клинья, 3 — линза Френеля; б — действие клиньев

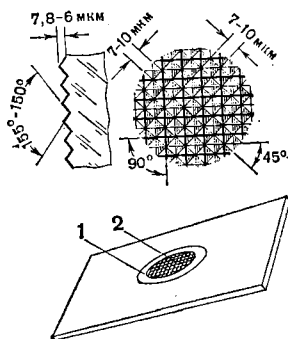


Рис. 29
Устройство для наводки на резкость с микрорастром: 1 — матовая поверхность, 2 — микрорастр

По дальномеру установка объектива на резкость осуществляется с помощью дальномерного устройства, связанного с перемещением объектива, в зависимости от расстояния до объекта съемки. Дальномерные устройства могут быть различными по конструкции. Например, одно из них построено по следующей схеме (рис. 30): рассматривая объект съемки через полупрозрачную пластинку, наблюдатель видит одновременно два изображения: одно — непосредственно через полупрозрачную пластинку, другое — после отражения от призмы и пластинки. Поворачивая призму вокруг оси специальным устройством, выведенным наружу

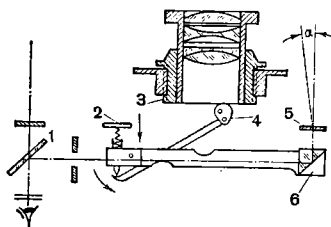


Рис. 30
Дальномер для наводки на резкость объектива: 1 — полупрозрачная пластинка, 2 — пружина, 3 — объектив, 4 — рычаг, соприкасающийся с оправой объектива, 5 — оптический клин, 6 — призма

и связанным с перемещением объектива, можно добиться такого положения, при котором оба изображения объекта съемки совпадут (рис. 31). В этом случае объектив окажется точно наведенным на резкость изображения. Объект наблюдается в дальномере сквозь два его окна, расположенные на передней стенке. Чем больше расстояние между входными окнами, тем точнее работает дальномер. Расстояние между центрами этих окон называют базой дальномера, а сам дальномер — внутрибазным.

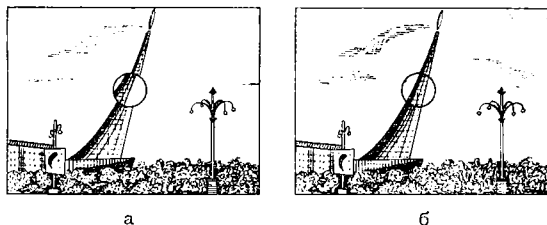


Рис. 31
Изображение в дальномере: а — перезкое. б — резкое

Большинство современных фотоаппаратов имеют внутрибазный дальномер, совмещенный с видоискателем, что очень удобно для работы, так как позволяет одновременно наводить объектив на резкость и устанавливать границы объекта съемки. Точность дальномера повышается благодаря телескопическому видоискателю, увеличивающему изображение. Однако внутрибазными дальномерами можно успешно пользоваться при объективах с фокусным расстоянием не более 135 мм и с относительным отверстием не выше 1:1,5—1:2. Объясняется это недостаточной точностью измерения расстояния дальномером для длиннофокусных и светосильных объективов, дающих малую глубину резко изображаемого пространства.

При сопоставлении способов определения границ объекта съемки и наводки объектива на резкость трудно ответить, какой из способов лучший. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

Например, внутрибазный дальномер, совмещенный с видоискателем, удобен тем, что позволяет быстро определять границы объекта съемки, видеть объект съемки в момент экспонирования, наводить объектив на резкость независимо от установленной диафрагмы и при слабом освещении, применять очень короткофокусные сменные объективы.

К недостаткам внутрибазного дальномера, совмещенного с видоискателем, следует отнести: наличие параллакса, неточное определение границ объекта съемки, невозможность визуально оценивать глубину резко изображаемого пространства, ограниченность набора сменных объективов и невозможность пользования объективом с переменным фокусным расстоянием, сложность работы при микро-, макро- и репродукционных съемках.

Способ наводки объектива на резкость по внутрикамерному зеркалу удобен тем, что отсутствует параллакс и можно пользоваться большим набором объективов, в том числе и объективами с переменным фокусным расстоянием; визуально оценивать глубину резко изображаемого пространства, действие светофильтров и других оптических насадок на объектив; точно устанавливать границы объекта съемки; качественно производить микро-, макро- и репродукционную съемку.

К недостаткам этого способа можно отнести необходимость наводить объектив на резкость при открытой диафрагме, а съемка при другой диафрагме вызывает появление нажимных, прыгающих и других видов диафрагм; пониженная точность наводки объектива на резкость, особенно при слабом освещении объекта; сложность применения очень короткофокусных объективов; перерыв в наблюдении за объектом в момент съемки. Для устранения последнего недостатка в некоторых фотоаппаратах применяют моргающее зеркало, которое затемняет поле зрения видоискателя примерно на $\frac{1}{10}$ сек (только на время срабатывания затвора).

Экспонетр — измерительное устройство для определения экспозиции во время съемки.

Важнейшими частями экспонометра являются: фотозлемент — фотоэлектрический приемник излучения и гальванометр — прибор для измерения силы электрического тока. Фотоэлемент может быть селеновым или сернистокадмиевым.

В селеновом фотоэлементе под действием света возникает постоянный электрический ток. Сила его почти пропорциональна освещенности поверхности фотоэлемента.

В сернистокадмиевом фотоэлементе, называемом фоторезистором или фотосопротивлением, под действием света происходит снижение электрического сопротивления по

мере увеличения освещенности на его поверхности. Сернистокадмиевые фотоэлементы работают только при подаче к ним напряжения от миниатюрной батареи.

Перед фотоэлементом установлен ограничитель, пропускающий свет в пределах углового поля объектива фотоаппарата.

Ограничитель для селенового фотоэлемента в большинстве случаев выполнен в виде линзы с ячейками и решетки, расположенной за этой линзой. В связи с тем, что сернистокадмиевый фотоэлемент в 5—10 раз чувствительнее селенового фотоэлемента, площадь сернистокадмиевого фотоэлемента много меньше селенового, соответственно уменьшен и ограничитель, который делают в виде простой линзы с угловым полем изображения, равным объективу фотоаппарата.

Гальванометр имеет логарифмическую зависимость между измеряемой яркостью объекта и углом поворота стрелки.

Фотоэлемент экспонометра может быть расположен в передней стенке камеры над объективом, сбоку объектива, вокруг объектива или внутри камеры (рис. 32).

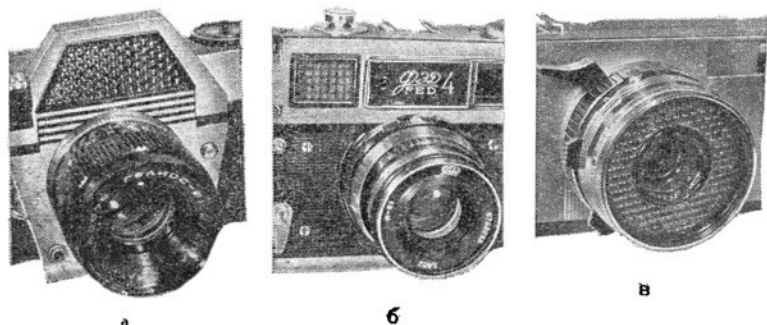


Рис. 32
Экспонометры в фотоаппарате: а — над объективом, б — сбоку объектива, в — вокруг объектива

Расположение сернистокадмиевого фотоэлемента позади объектива в однообъективных зеркальных фотоаппаратах считается наилучшим. В этом случае фотоэлемент учитывает все факторы, участвующие в создании оптического изображения: светопропускание объектива, уменьшение его светосилы при съемке на близком расстоянии, кратность светофильтра и других насадок на объектив и т. д.

Фотоаппараты, имеющие встроенный экспонометр, могут быть неавтоматическими, полуавтоматическими и автоматическими.

В неавтоматическом фотоаппарате экспонометр встроен, но не соединен с затвором и объективом. При такой конструкции экспонометром сначала измеряют яркость объекта съемки, а затем по калькулятору определяют значение диафрагмы объектива и величину выдержки затвора, которые обеспечивают правильную экспозицию для фотоматериала. Далее, в зависимости от характера сюжета съемки, подбирают диафрагму или выдержку и рукой устанавливают их на шкалах объектива и затвора.

В полуавтоматическом фотоаппарате экспонометр встроен и соединен с диафрагмой объектива и с затвором механическим или электрическим устройством. Экспонометр направляют на объект съемки и, наблюдая в окно видоискателя, поворотом установочных колец выдержки и диафрагмы совмещают стрелку гальванометра, видимую в поле зрения видоискателя, с каким-либо индексом, постоянно помещенным в видоискателе. При совмещении стрелки гальванометра с индексом устанавливают по отдельности диафрагму объектива и выдержку на затворе, учитывая характер сюжета съемки.

В автоматическом фотоаппарате экспонометр встроен и управляет диафрагмой объектива и затвором. В этом случае первоначально устанавливают либо выдержку на затворе, либо диафрагму объектива в зависимости от сюжета съемки. Затем направляют экспонометр на объект съемки и, нажав на спусковой рычаг, производят экспонирование фотоматериала. Во время замера яркости объекта счетно-решающее устройство в экспонометре рассчитывает нужную экспозицию и устанавливает либо диафрагму объектива, либо выдержку на затворе. Обычно в поле зрения видоискателя есть сигналы, которые предупреждают о том, что при данных условиях освещения объекта и при ранее установленной выдержке нельзя получить правильную экспозицию. В этих случаях величину выдержки регулируют до тех пор, пока сигналы в видоискателе не перестанут запрещать съемку.

Чтобы полуавтоматические и автоматические экспонометры правильно определяли экспозицию, их устройства должны учитывать и светочувствительность фотоматериала, заряженного в фотоаппарат. Для этого в фотоаппаратах

применяют различные по конструкции приспособления, задача которых — отрегулировать экспонометрическое устройство на определенную величину светочувствительности фотоматериала.

В целях еще большего упрощения процесса съемки выпускаются фотоаппараты с программным экспонометрическим устройством полуавтоматическим или автоматическим.

В фотоаппаратах с полуавтоматическим программным устройством перед съемкой выполняют предварительно лишь одну операцию — поворачивают рукой установочное кольцо до тех пор, пока стрелка гальванометра не совместится с индексом в поле зрения видоискателя.

В фотоаппаратах с автоматическим программным устройством предварительных операций нет. При нажатии на спусковой рычаг затвора нужная экспозиция устанавливается автоматически.

Программное экспонометрическое устройство основано на сочетании выдержка — диафрагма, при котором каждому значению выдержки соответствует определенное значение диафрагмы объектива. В зависимости от яркости объекта, экспонометрическое устройство отработывает какое-либо одно сочетание выдержка — диафрагма. Поле зрения видоискателя имеет два сектора, например зеленый и красный; зеленый — разрешающий съемку, красный — запрещающий съемку. В тех случаях, когда условия съемки не отвечают требованиям установленного в приборе набора сочетаний, стрелка гальванометра оказывается вне сектора, разрешающего съемку.

Однопрограммные экспонометрические устройства очень удобны, так как значительно упрощают процесс съемки. Однако они ограничивают возможности съемки, когда различные по сюжету объекты нужно фотографировать при разных сочетаниях выдержка — диафрагма, например: портретная съемка — при наиболее открытой диафрагме объектива и короткой выдержке; ландшафтная съемка — при задиафрагмированном объективе и продолжительной выдержке.

Для устранения этого недостатка однопрограммных экспонометрических устройств созданы фотоаппараты, в которых применены многопрограммные экспонометрические устройства. Они значительно расширяют возможности съемки, так как рассчитаны

Экспозици- онное число	Шкала символов программ, устанавливаемых в фотоаппарате				
	30	60	125	250	500
	Сочетание выдержка — диафрагма				
8	30—2,8	30—2,8	30—2,8	30—2,8	30—2,8
9	30—4	60—2,8	60—2,8	60—2,8	60—2,8
10	30—5,6	60—4	125—2,8	125—2,8	125—2,8
11	30—8	60—5,6	125—4	250—2,8	250—2,8
12	30—11	60—8	125—5,6	250—4	500—2,8
13	30—16	60—11	125—8	250—5,6	500—4
14	60—16	60—16	125—11	250—8	500—5,6
15	125—16	125—16	125—16	250—11	500—8
16	250—16	250—16	250—16	250—16	500—11
17	500—16	500—16	500—16	500—16	500—16

на несколько различных сочетаний выдержка — диафрагма, которые могут быть установлены в зависимости от сюжета объекта съемки.

В пятипрограммном фотоаппарате возможны автоматически устанавливаемые сочетания выдержка — диафрагма, приведенные в табл. 9.

В первой графе таблицы помещены экспозиционные числа, которыми можно оценить яркость объектов съемки и величину светочувствительности фотоматериала. Цифры 30, 60, 125 и т. д. — знаменатели выдержек $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{60}$, $\frac{1}{125}$ сек.

Каждая из программ подбирает правильную экспозицию первоначально путем укорачивания выдержки до величины, установленной на шкале фотоаппарата, а затем диафрагмированием объектива. Например, при установке на шкале затвора выдержки «125» экспонометрическое устройство будет выбирать оптимальную экспозицию из десяти возможных, предусмотренных третьей программой. Если яркость объекта и светочувствительность фотоматериала оцениваются экспозиционным числом «10», то съемка происходит при выдержке $\frac{1}{125}$ сек и диафрагме объектива 2,8; если же экспозиционное число окажется равным «9», то съемка произойдет при выдержке $\frac{1}{60}$ сек, ближайшей к установленной на шкале затвора.

Многoproграммные экспонометрические устройства позволяют определять выдержки и диафрагмы объектива в зависимости от сюжета объекта съемки и желаемого характера изображений.

Когда экспонометрическое устройство для фотоматериала, заряженного в фотоаппарат, не может подобрать экспозицию из предусмотренных программами (вследствие очень малой яркости объекта или чрезмерно большой), в поле зрения видоискателя появляется предупреждающий знак или блокируется спусковой рычаг затвора.

Экспонометрическое устройство в фотоаппарате может быть отключено, если по каким-либо соображениям предполагается вести съемку при экспозиции, не укладывающейся в нормальные, предусмотренные программами.

Типы фотоаппаратов

Наша промышленность выпускает фотоаппараты различных конструкций — от весьма простых и дешевых, рассчитанных на школьников, до очень сложных и дорогих, предназначенных для высококвалифицированных фотографов.

Конструкции фотоаппаратов непрерывно совершенствуются в сторону максимальной автоматизации операций по подготовке к съемке и упрощению самого процесса съемки. Эти стремления объясняются желанием освободить фотографа от выполнения трудоемких технических функций, расширить области применения фотографии, повысить оперативность и дать возможность фотографу больше уделять внимания сюжету, композиции, освещению и другим проблемам, связанным с решением творческих задач. Одновременно автоматизация и упрощение съемки способствуют привлечению новых масс фотолюбителей.

Фотоаппараты классифицируются как по формату кадра, так и по способу наводки объектива на резкость. Фотоаппараты делятся на шкальные, дальномерные, зеркальные однообъективные, зеркальные двухобъективные, панорамные и др.

Шкальные фотоаппараты («Смена», «Чайка», «Микрон», «Силуэт» и др.) имеют короткофокусные объективы, которые дают возможность достаточно точно наводить на резкость не только по шкале расстояний, но и по символам (рис. 33).

Фотоаппараты «Чайка», «Микрон» и некоторые другие рассчитаны на формат кадра 18×24 мм и позволяют получить на стандартной зарядке фотопленки 72 снимка. В фотоаппаратах «Смена», «Силуэт» и им подобных на стандартной зарядке фотопленки можно получить 36 снимков форматом кадра 24×36 мм (рис. 33). Эти фотоаппараты просты по конструкции и дешевы, имеют обтекаемую форму, малые

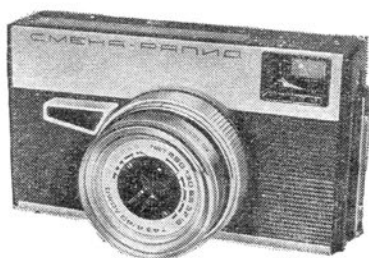
габариты и небольшую массу. Их можно носить в кармане.

Шкальные фотоаппараты предназначены для широкого круга фотолюбителей, в том числе и для начинающих.

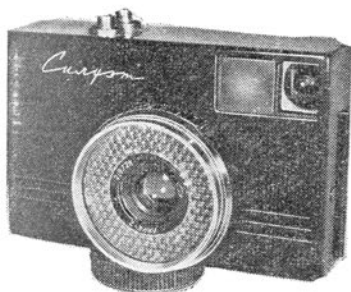
Зеркальные однообъективные фотоаппараты — наиболее современные и широко распространенные. К ним относятся



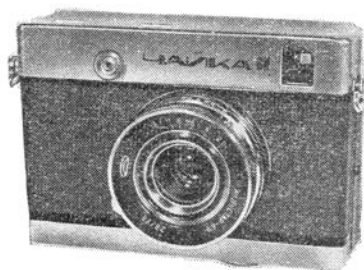
а



б



в



г

Рис. 33

Шкальные фотоаппараты: а — «Смена 8», б — «Смена-Рapid», в — «Силур», г — «Чайка-II»

многочисленные модели «Зенит», некоторые модели «Киев», «Салют» и другие (рис. 34). Эти фотоаппараты пригодны почти для всех видов съемки: микро-, макросъемки и т.д. Их универсальность объясняется тем, что они позволяют пользоваться большим набором сменных объективов, точно устанавливать кадр, определять границы объекта съемки и наводить на резкость непосредственно через съемочный объектив.

Существуют зеркальные однообъективные фотоаппараты с разным форматом кадра, например «Зенит» и «Киев», рассчитанные на 35-мм фотопленку; они имеют формат кадра 24×36 мм; «Киев 6-С» и «Салют», предназначенные для 6-см фотопленки, рассчитаны на формат 6×6 см.

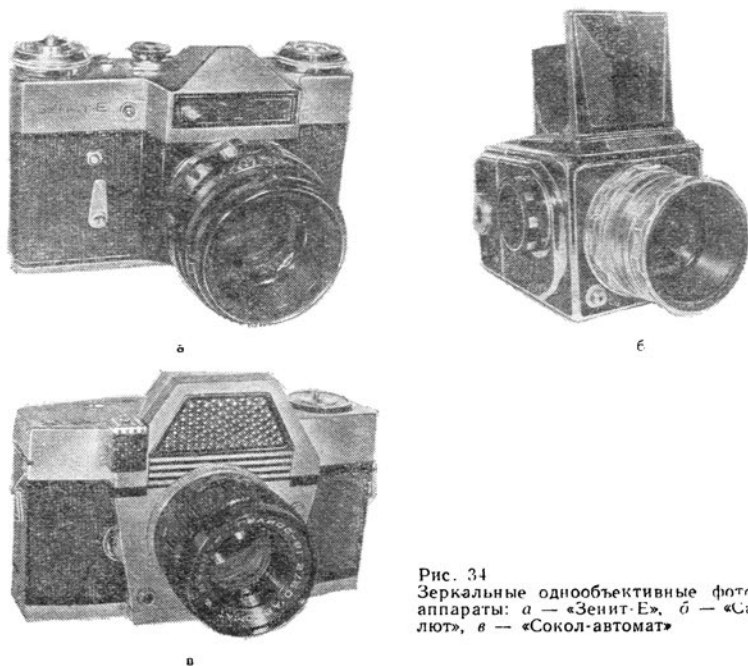


Рис. 34
Зеркальные однообъективные фотоаппараты: а — «Зенит-Е», б — «Салют», в — «Сокол-автомат»

К зеркальным однообъективным фотоаппаратам относится и фоторужье, представляющее собой фотоаппарат модели «Зенит-Е», укрепленный на специальном ложе с пистолетной ручкой и плечевым упором (рис. 35). В этом фотоаппарате установлен объектив «Таир-ЗФС» с фокусным расстоянием 300 мм, с угловым полем 8° и относительным отверстием $1 : 4,5$.

По конструкции зеркальные однообъективные фотоаппараты наиболее сложны. Они имеют зеркала внутри камеры, объектив, меняющий диафрагму в момент съемки, видоискатель с фокусирующими клиньями и пентапризмой, позволяющие получить правильно ориентированное изображение, затвор с очень короткими выдержками и синхронизатором, рассчитанным на одноразовые и многоразовые лампы-вспышки, и пр.

Зеркальные однообъективные фотоаппараты несколько громоздки и имеют высокую цену.

Зеркальные двухобъективные фотоаппараты состоят из двух самостоятельных камер, предназначенных для съемочного объектива и для видоискателя. Эти два объектива связаны между собой, что позволяет наводить съемочный объектив на резкость с помощью объектива видоискателя.



Рис. 35
Фоторужье

Видоискатель, дающий крупное и четко ограниченное изображение, обеспечивает не только оптимальное кадрирование, но и постоянное наблюдение за объектом во время съемки.

В некоторых моделях этих фотоаппаратов для смены объективов переднюю стенку камеры с объективами и затвором заменяют на другую или устанавливают перед обоими объективами специальные оптические насадки.

К зеркальным двухобъективным фотоаппаратам относятся модели «Любитель 2» (рис. 36), стереоскопический фотоаппарат «Спутник» (рис. 37) и др.

Фотоаппарат «Любитель 2» рассчитан на формат кадра 6×6 см и позволяет получить на стандартном рулоне фото пленки 12 снимков. Фотоаппарат «Спутник» предназначен для получения стереоскопических изображений, состоящих из двух кадров, одновременно экспонированных двумя одинаковыми объективами, расположенными между их оптическими осями на расстоянии 67 мм. Формат каждого кадра 6×6 см. Наводка объективов на резкость осуществляется зеркальным видоискателем, расположенным над съемочной камерой, и специальным третьим объективом, механически связанным со съемочными объективами.

Дальномерные фотоаппараты успешно конкурируют с зеркальными однообъективными фотоаппаратами, так как имеют более простую конструкцию, меньшие габариты и

небольшую массу. Эти аппараты можно быстро подготовить к съемке, и они дают возможность непрерывно наблюдать через видонскатель за объектом.



Рис. 36
Зеркальный двухобъективный фотоаппарат
«Любитель 2»

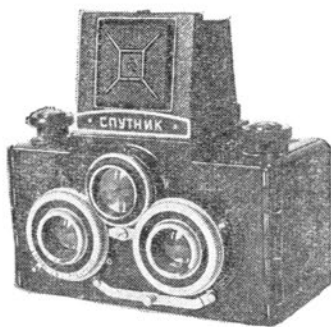


Рис. 37
Зеркальный стереоскопический
фотоаппарат «Спутник»

К дальномерной группе фотоаппаратов относятся модели «ФЭД», «Зоркий», «Киев», «Сокол» и др. (рис. 38). Почти все эти фотоаппараты имеют синхронизирующее устройство для разного типа ламп-вспышек; многие из моделей снабжены сменными объективами, экспонометрическими устройствами (неавтоматическими, полуавтоматическими, автоматическими и программными). Большинство аппаратов имеют объединенный видонскатель-дальномер, иногда с подсвеченной рамкой. Затвор — центральный или шторный.

Малоформатные фотоаппараты рассчитаны на размер кадра 24×36 мм, среднеформатные — на кадр 6×6 см.

Панорамные фотоаппараты позволяют получить изображение с угловым полем выше 100° , а некоторые модели — до круговой панорамы.

Панорамная съемка осуществляется различными устройствами. Например, в фотоаппарате «Горизонт» (рис. 39) во время съемки объектив вращается по окружности с углом охвата по вертикали 45° , а панорамирования 120° . Фотопленка, заряженная в фотоаппарат и изогнутая по дуге окружности, экспонируется через последовательно поворачивающийся объектив. Определение границ кадра осуществляется видонскателем, расположенным в верхней стенке

камеры. Наводки объектива в этом фотоаппарате нет. Резкости изображения добиваются выбором дистанции от объекта съемки и диафрагмированием объектива. Например, при диафрагме 16 изображение будет резким от 0,9 м до бесконечности.

В более сложных фотоаппаратах для получения круговых панорам объектив поворачивается в пределах полной

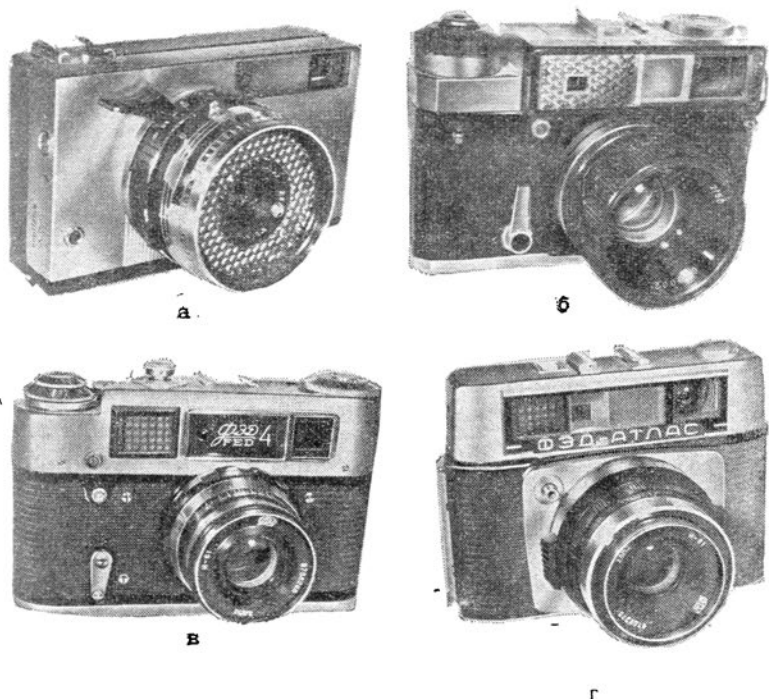


Рис. 38
Дальномерные фотоаппараты: а — «Зоркий 10», б — «Киев», в — «ФЭД 4», г — «ФЭД-Атлас»

окружности, а экспонирование осуществляется специальной кольцевой выпуклой линзой, расположенной над кольцом фотопленки.

Условно к панорамным фотоаппаратам можно отнести и такие модели, в которых установлены широкоугольные объективы с угловым полем изображения до 180° .

Общий недостаток панорамных фотоаппаратов в том, что они дают искаженные изображения вследствие большого углового поля объектива.

Формат кадра панорамных фотоаппаратов различен и зависит от их конструкции.

Фотоаппараты с наводкой объектива по изображению на матовом стекле. К ним относятся крупноформатные фотоаппараты, устанавливаемые на штатив и рассчитанные на использование фотопластинок или плоских фотопленок

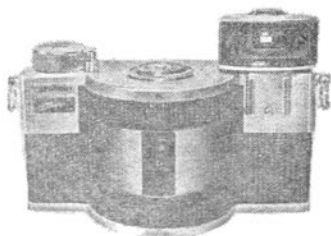


Рис. 39
Панорамный фотоаппарат «Горизонт»

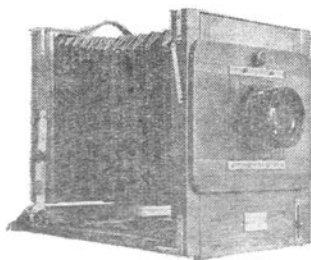


Рис. 40
Фотоаппарат «ФК»

(рис. 40). Камера «ФК» имеет двойное растяжение меха, что позволяет фотографировать объекты в натуральную величину. Объектив крепится на специальной объективной доске, которую можно перемещать. Перемещение объектива и наклон задней стенки камеры делают этот аппарат очень удобным для различных технических съемок.

Фотопластинки или плоские фотопленки вставляются в двусторонние кассеты. В эти же кассеты с помощью вкладышей можно зарядить пластинки и меньшего формата. Наводка объектива на резкость осуществляется перемещением задней стенки камеры в направлении от объектива. Затвора и других приспособлений фотоаппарат не имеет.

Наряду с простыми фотоаппаратами «ФК» есть более сложные модели — с большим количеством различных приспособлений. Они предназначены для репродукционных и других специальных работ.

Фотоаппараты ящичного типа относятся к самым простым и дешевым. Они изготовлены из пластмассы и имеют малосветосильный жестковстроенный объектив. Съемка осуществляется без наводки объектива на резкость с постоянного расстояния, например с 2,5 м. Однако есть фотоаппа-

раты, у которых объектив можно устанавливать на два-три определенных расстояния. Такие фотоаппараты снабжены простейшими видоискателями и затворами с одной и несколькими моментальными выдержками. Формат кадра в этих фотоаппаратах 6×6 см и др., что дает возможность печатать позитивы с негативов контактным способом.

К фотоаппаратам ящичного типа относятся «Школьник», «Этюд» (рис. 41).

Есть фотоаппараты, рассчитанные на получение полностью готового фотографического изображения непосредственно в камере или в специальной приставке. К ним относятся фотоавтоматы, изготавливающие фотографии для документов, репродукции документов и т. д., или фотоаппараты типа «Фотон», в которых используется диффузионный способ обработки изображения (стр. 137).



Рис 41
Фотоаппарат «Этюд»

Хранение фотоаппаратов

Неблагоприятные условия хранения фотоаппаратов или небрежное обращение с ними могут отрицательно сказаться на механических, оптических и электрических деталях аппаратов. Поэтому фотоаппараты следует хранить в сухом и прохладном помещении без резких колебаний температуры и влажности воздуха, в футляре, который оберегает фотоаппарат от пыли. Затвор, автоспуск и другие устройства с пружинами должны находиться в спущенном положении. В случае внесения фотоаппарата с мороза в теплое помещение не следует сразу открывать футляр, а подождать, пока фотоаппарат согреется. Фотоаппараты необходимо оберегать от резких толчков, ударов и сотрясений; фотоэлемент — от действия света, а растровую линзу — от загрязнения. Не стоит также применять излишние усилия при зарядке, взводе затвора и т. д.

Особое внимание должно быть уделено объективу, так как только идеально чистым объективом можно получить доброкачественное изображение.

Объектив следует очищать от пыли струей воздуха из резиновой груши или мягкой и чистой кисточкой. При за-

потевании объектива нельзя сразу протирать линзы, а следует подождать до полного их высыхания. Для предохранения линз от запотевания в холодную погоду фотоаппарат нужно носить в футляре и под одеждой.

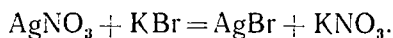
Иногда случаются повреждения поверхностей линз. Причины этих повреждений следующие: тонкая белая пленка на поверхности линз возникает при продолжительном действии на объектив воздуха с разной температурой; маленькие точки с матовым отражением на обычных объективах и более светлые точки на просветленных объективах появляются в результате запотевания поверхностей линз. Эти точки кажутся наслоенными и состоящими из тонких сеточек. Сине-фиолетовое пятно с радужным оттенком на части передней линзы оказывается в том случае, если на объектив очень долго действовал влажный воздух; царапины и матированные участки на линзах появляются, когда на объектив попали песок, пыль или другие твердые тела.

Фотографическое изображение получают путем съемки объекта или печатания изображения на фотопленку, фотобумагу, фотопластинку или другой светочувствительный материал. Фотографическое изображение может быть черно-белым и цветным.

СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Светочувствительный фотографический материал имеет сложное строение. Он состоит из желатины, содержащей микрокристаллы галогенидов серебра. Этот слой называется фотографической эмульсией.

Образование микрокристаллов галогенидов серебра происходит в результате реакции между растворами азотно-кислого серебра и бромистого калия или аммония. В фотографической эмульсии применяют также хлористый натрий, йодистый калий и др.;



На поверхности и внутри микрокристаллов галогенидов серебра возникают центры светочувствительности. Микрокристаллы различны по форме и размеру и могут быть от 0,1 до 5 мкм. Размещаются они по всей толщине слоя фотографической эмульсии.

Собственная спектральная чувствительность галогенидов серебра ограничена ультрафиолетовой, фиолетовой и синей зонами спектра, поэтому такая эмульсия неспособна воспроизводить зеленые, желтые, оранжевые и красные цвета. На фотографическом изображении они почти не различаются друг от друга.

Фотографическая эмульсия с дополнительной спектральной чувствительностью может быть получена введением в нее оптических сенсibilизаторов. К ним относятся специальные красители, способные адсорбироваться на микрокристаллах галогенидов серебра и очувствлять фотографическую эмульсию к той зоне спектра, которую поглощают. Оптические сенсibilизаторы позволили создать различные по спектральной чувствительности фотографические эмульсии (рис. 42), которым присвоены

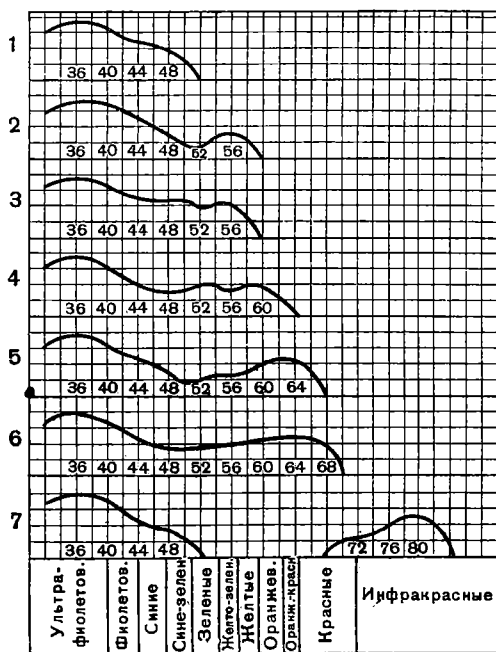


Рис. 42

Спектральная чувствительность фотоматериалов:
 1 — несенсibilизированная, 2 — ортохроматическая,
 3 — изохроматическая, 4 — изортохроматическая,
 5 — панхроматическая, 6 — изопанхроматическая,
 7 — инфрахроматическая

специальные названия (не всегда точно характеризующие свойства фотографического материала):

ортохроматические — дополнительно чувствительные к желто-зеленым и желтым лучам;

изоортохроматические — дополнительно чувствительные к зеленым, желто-зеленым и желтым лучам;

изохроматические — дополнительно чувствительные к зеленым, желто-зеленым, желтым и оранжевым лучам;

панхроматические — дополнительно чувствительные ко всем лучам видимого спектра с некоторым понижением чувствительности к зеленым лучам;

изопанхроматические — чувствительные ко всем лучам видимого спектра;

инфрахроматические — помимо собственной спектральной чувствительности галогенида серебра чувствительные к красным и к невидимым глазом инфракрасным лучам.

Фотографические эмульсии для цветных материалов изготавливают с зональной чувствительностью. К ним относятся три типа эмульсий: синечувствительная, зеленочувствительная и красночувствительная. Зелено- и красночувствительные эмульсии имеют собственную чувствительность к синей зоне спектра, но специальный желтый слой не пропускает синие лучи к слоям указанных эмульсий. Этот желтый светофильтр в цветных фотоматериалах расположен над зелено- и красночувствительными слоями, вследствие чего каждая эмульсия оказывается чувствительной только к одной зоне спектра (рис. 43).

Фотографические эмульсии цветных фотоматериалов должны быть не только зонально чувствительными, но и содержать разные, отличающиеся друг от друга краскообразующие вещества. Эти сложные органические соединения в процессе проявления фотоматериала образуют в фотографических эмульсионных слоях изображения из красителей. Обычно пользуются тремя краскообразующими веществами: одно из них создает в эмульсионном слое изображение из желтого краси-

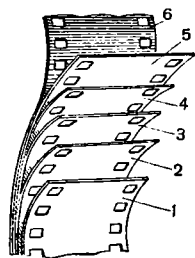


Рис. 43
Строение цветного фотоматериала:
1 — синечувствительный эмульсионный слой, 2 — желтый светофильтр, 3 — зеленочувствительный эмульсионный слой, 4 — красночувствительный эмульсионный слой, 5 — противореальный слой, 6 — подложка фотопленки

теля, другое из п у р п у р н о г о, третье — из г о л у б о г о. Эти три одноцветных красителя в фотоматериале образуют многоцветное изображение.

Фотографические эмульсии для цветных фотоматериалов согласуются не только по спектральной чувствительности, но и по другим свойствам.

В состав фотографической эмульсии входят еще многие вещества. Важнейшие из них: с т а б и л и з а т о р ы, способствующие сохранности фотографических свойств эмульсии; п л а с т и ф и к а т о р ы, придающие гибкость и пластичность эмульсии; д у б и т е л и, повышающие прочность эмульсии; а н т и с е п т и к и, предохраняющие эмульсию от бактериологического разложения; с м а ч и в а т е л и, обеспечивающие равномерность нанесения эмульсии на подложку. Во многие эмульсии добавляют соли золота, увеличивающие светочувствительность.

Фотографические эмульсии имеют различные свойства. Каждый тип эмульсии готовят по строго определенным рецептам и режимам. Однако технологический процесс изготовления фотографических эмульсий настолько сложен, что часто одна партия эмульсии значительно отличается от другой партии этого же типа материала.

Фотографические эмульсии наносят на различные подложки: триацетатцеллюлозную, бумажную или стекло.

Т р и а ц е т а т ц е л л ю л о з н а я п о д л о ж к а — прозрачная, гибкая, устойчивая к теплу, холоду и влаге; способна хорошо сохранять свои размеры до фотографической обработки фотоматериала и после обработки.

Б у м а ж н а я п о д л о ж к а — равномерно гладкая, не расслаивается при обработке в щелочных и кислых растворах; сохраняет бесцветность после пребывания в растворах; почти не изменяется по размерам при увлажнении и сушке.

С т е к л о — плоское, бесцветное, одинаковой толщины, без воздушных пузырьков, полос и других дефектов.

Чтобы фотографическая эмульсия прочно соединилась с подложкой, на нее наносят п о д с л о й, а на обратную сторону подложки — л а к (если подложка сделана из прозрачного материала).

Существуют различные лаки: п р о з р а ч н ы е — повышающие глянец подложки и противодействующие скручиванию эмульсионного слоя в сторону эмульсии; п р о т и в о р а з р ы д н ы е — устраняющие появление разрядов статического электричества, возникающего на

фотопленке вследствие соприкосновения и трения о различные материалы в фотоаппарате, кассетах и т. д.; п р о т и в о о р е о л ь н ы е — снижающие степень отражения света от подложки при фотографировании ярко освещенных или бликующих деталей в объекте.

Противоореольные лаки при фотографической обработке должны обесцвечиваться или разрушаться.

Многие фотопленки изготавливаются на п р о к р а ш е н н о й п о д л о ж к е. В этом случае сама подложка обладает противоореольными свойствами, окраска подложки сохраняется и после фотографической обработки материала.

Перед нанесением фотографической эмульсии на бумажную подложку бумагу обычно покрывают баритовым слоем в виде пасты, состоящей из сернокислого бария в задубленной желатине. Б а р и т о в ы й с л о й предохраняет фотографическую эмульсию от вредных воздействий различных веществ, которые могут содержаться в бумажной подложке, повышает белизну бумаги, гладкость ее поверхности и обеспечивает прочное соединение эмульсионного слоя с подложкой. Подложка может быть не только белой, но и подсиненной или кремовой различных оттенков. Изготавливают фотобумагу и со структурным рельефом, напоминающим ткань.

Черно-белые фотоматериалы могут иметь один или два светочувствительных слоя, нанесенных один на другой. Помимо фотографической эмульсии на подложку часто наносят защитные слои.

Цветные фотоматериалы, кроме трех светочувствительных слоев, могут иметь слои светофильтровые и изолирующие.

Каждый политый слой должен быть строго одинаковым по толщине и равномерным по нанесу в продольном и поперечном направлениях всего рулона подложки. Колебания по толщине наноса светочувствительного слоя в любом направлении рулона или между отдельными рулонами сказываются на стандартности фотографических характеристик фотоматериала. В этом случае изображение получается неполноценным, на нем появляются различные дефекты: светлые и темные полосы, пятна, изменение цвета и т. д.

Стремясь улучшить качество изображения на фотопленке, технологи создали новый тип материалов — т о н к о с л о й н ы й. Толщина светочувствительного слоя тонкослойных черно-белых фотопленок близка к 5—6 мкм. Обычно черно-белые фотопленки имеют слой в 17—22 мкм,

цветные — 22—27 мкм. Тонкослойные фотопленки имеют ряд преимуществ: повышенную резкость изображения, уменьшенную зернистость, большую светочувствительность и некоторые другие.

Для выпуска тонкослойных фотоматериалов потребовалось создать совершенно новое оборудование с новой технологией.

Вследствие значительного повышения концентрации галогенидов серебра в тонком светочувствительном слое роль защитного и противоореольного слоев резко возросла. Защитный слой способствует равномерному проявлению микрокристаллов галогенидов серебра. Противоореольный слой становится более действенным по отношению к ореолу отражения, который при тонкослойном материале сильнее влияет на качество изображения.

Подложка с нанесенными слоями нарезается по заданным размерам, а кинопленка дополнительно перфорируется.

Фотопленки, предназначенные для зарядки в кассеты, нарезают кусками длиной 0,6—1,65 м. Плоские форматные фотопленки разрезают на прямоугольные листы определенного размера, например: 9×12 , 13×18 см и т. д. Катушечные неперфорированные фотопленки нарезают длиной 0,45 м и шириной 16 мм или длиной 0,815 м и шириной 61,5 мм.

Фотопленки имеют по краям надписи, указывающие завод-изготовитель, тип фотоматериала, дату выпуска и некоторые другие обозначения, видимые лишь после фотографической обработки фотоматериала. Фотопленки упаковывают во влагонепроницаемый материал (специальную бумагу, фольгу, целлофан) и затем укладывают в пакет или коробку, на этикетках которых делают надпись, характеризующую светочувствительный материал.

Примерно так же изготавливают фотобумагу, которую разрезают на требуемый формат.

Фотопластины нарезают из больших стекол в виде прямоугольных листов определенного формата (до полива эмульсии).

Все фотографические материалы в процессе их изготовления тщательно контролируют. Материалы, обрабатываемые при каком-либо цветном освещении, просматривают при цветных светофильтрах, установленных в лабораторных фонарях.

Фотоматериалы, которые из-за светочувствительности нельзя визуально контролировать, проверяют выборочным

методом после проведения всех производственных операций. В этом случае от определенного количества готового материала отбирают образцы в том порядке, при котором обеспечивается наибольшая вероятность обнаружения дефекта. Просматривая образцы после фотографической обработки при белом освещении, устанавливают качество полива светочувствительного слоя на подложку. Во время контроля определяют и фотографические характеристики фотоматериала.

Несмотря на то, что все операции по производству фотоматериалов происходят в условиях необходимой чистоты, при строго установленном технологическом режиме и с применением современных контрольных аппаратов, одна партия светочувствительного материала может несколько отличаться от другой партии подобного же материала. Поэтому каждой партии фотоматериала присваивается порядковый номер, и весь материал, на упаковке которого представлен один и тот же номер, называемый **н о м е р о м э м у л ь с и н и**, обладает совершенно одинаковыми свойствами. Светочувствительные материалы, обозначенные другими, даже близкими номерами, могут иметь весьма различные свойства.

На этикетке упаковки указаны условия, при которых можно вскрывать и обрабатывать фотоматериал.

Характеристики фотографических материалов

Фотографические материалы делятся на **н е г а т и в н ы е**, применяемые при съемке, **п о з и т и в н ы е**, на которых с негатива печатают фотографические изображения, и **о б р а щ а е м ы е**, рассчитанные на получение позитивного изображения на том материале, на котором происходила съемка.

Характеристики фотоматериалов определяют **с е н с и т о м е т р и ч е с к и м** способом, представляющим собой систему измерения свойств светочувствительных материалов.

Существует много сенситометрических систем, например: отечественная ГОСТ 10691 — 63 — на фотографические черно-белые материалы; ГОСТ 9160 — 59 — на цветные фотоматериалы; ДИН и др.

Любая из сенситометрических систем предусматривает выполнение следующих операций: **э к с п о н и р о в а -**

ние фотоматериала в сенситометре — приборе, в котором на светочувствительный слой действует ряд нормированных экспозиций; обработку фотоматериала в растворах, рекомендованных для испытуемого материала; измерение результатов экспонирования и обработки фотоматериала денситометром — прибором, позволяющим определять опти-



Рис. 44
Сенситограмма

ческие плотности на сенситограмме (рис. 44); выражение результатов в сенситометрических величинах.

Под оптической плотностью (D) понимают степень почернения, образованную металлическим серебром на черно-белых фотоматериалах или красителями на цветных фотоматериалах. Количественно оптическую плотность выражают в логарифмических величинах. Если количество света, пропускаемое измеряемым участком, снижается по интенсивности в 10 раз по отношению к свету, падающему на этот участок, то оптическая плотность равна 1, так как логарифм $10=1$. Если же интенсивность света снижается в 100 раз, оптическая плотность будет 2, так как логарифм $100=2$, и т. д.

Характеристическая кривая (рис. 45) показывает зависимость почернений от логарифма экспозиции в оптических плотностях на сенситограмме. По этой характеристической кривой можно оценить следующие свойства фотоматериала.

Светочувствительность (S) — чувствительность фотоматериала к действию света, выраженная числом единиц ГОСТа. Это число необходимо для определения экспозиции при съемке или печатании изображения.

Сенситометрической системой ГОСТ предусмотрен следующий ряд показателей светочувствительности: 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5; 6; 8; 11; 16; 22; 32; 45; 65; 90; 130; 180; 250; 350 единиц и т. д. Переход от одного показателя к другому, например от 22 ед. ГОСТа к 32 ед. ГОСТа, позволяет сократить экспозицию почти в 1,5 раза (1,41), а при переходе через ступень, например от 65 ед. ГОСТа к 130 ед. ГОСТа, экспозиция сокращается вдвое.

Показатели светочувствительности фотоматериалов соответствуют числам, указанным на упаковке, только в том

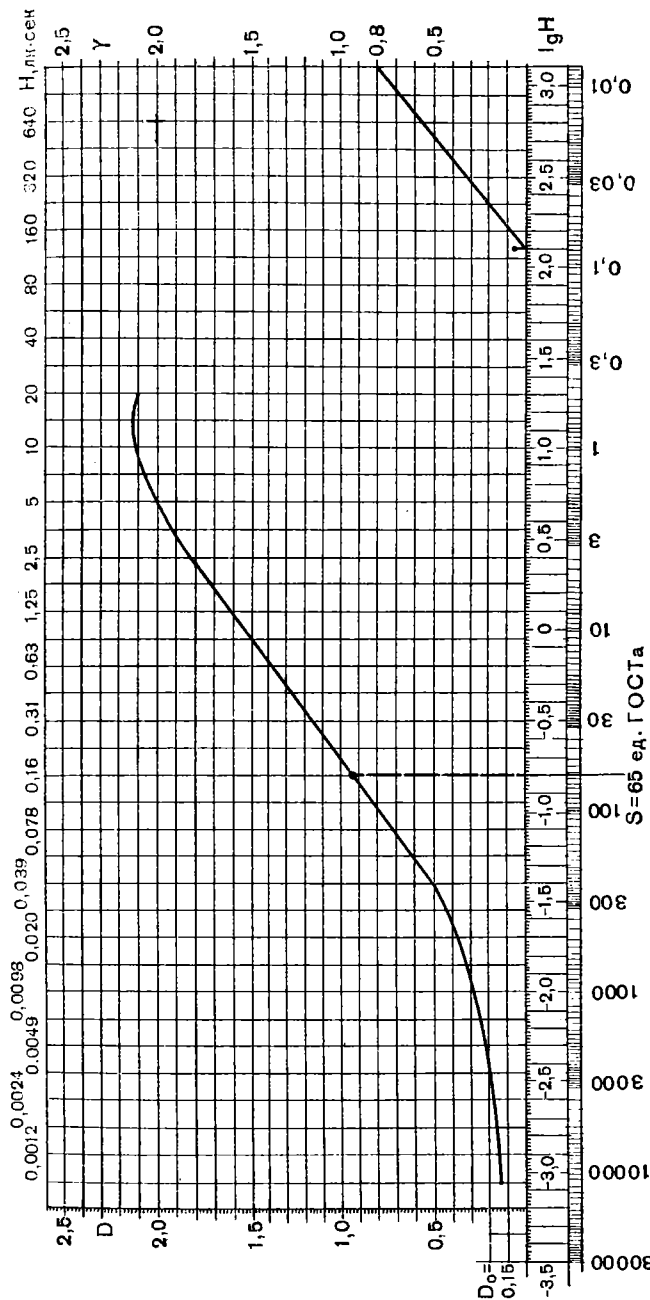


Рис. 43
Характеристическая кривая фотоматериала: H — шкала экспозиций, D — шкала оптических плотностей, γ — шкала коэффициентов контрастности, S — шкала чисел светочувствительности

случае, если эти материалы обрабатываются при режимах, предусмотренных ГОСТом.

Зарубежные сенситометрические системы значительно отличаются друг от друга и от советской системы. Поэтому перевод показателей светочувствительности одной сенситометрической системы в другую, строго говоря, невозможен. Однако для практических целей рекомендуют табл. 10, которая тоже весьма приближительна и иногда может быть причиной ошибки при определении экспозиции.

На число светочувствительности влияет спектральный состав света, при котором экспонировался фотоматериал. На упаковке черно-белого фотоматериала число светочувствительности обычно указывается для дневного освещения.

Т а б л и ц а 10

ГОСТ	дин	ГОСТ	дин
1,0	1	45	17—18
2,0	4	65	19—20
2,8	5—6	90	21
4,0	7	130	22—23
5,5	8—9	180	24
8,0	10	250	25—26
11,0	11—12	350	27
16,0	13	500	28—29
22,0	14—15	700	30
32,0	16	1000	31—32

Цветной фотоматериал состоит из трех светочувствительных слоев, каждый из которых имеет собственную светочувствительность. Чтобы получить доброкачественное цветное изображение, эти светочувствительные слои должны быть балансированы между собой по чувствительности. Степень их балансированности оценивают показателем баланса чувствительности (B_c).

Для определения баланса чувствительности первоначально определяют собственную светочувствительность каждого из слоев, затем отношение наибольшей светочувствительности к наименьшей. В балансируемом фотоматериале это отношение равно единице ($B_c=1$), т. е. три характеристические кривые сливаются в одну (рис. 46 а). При повышенной светочувствительности у одного из слоев, например наружного, соответствующая этому слою кривая расположится над двумя другими характеристическими кривыми

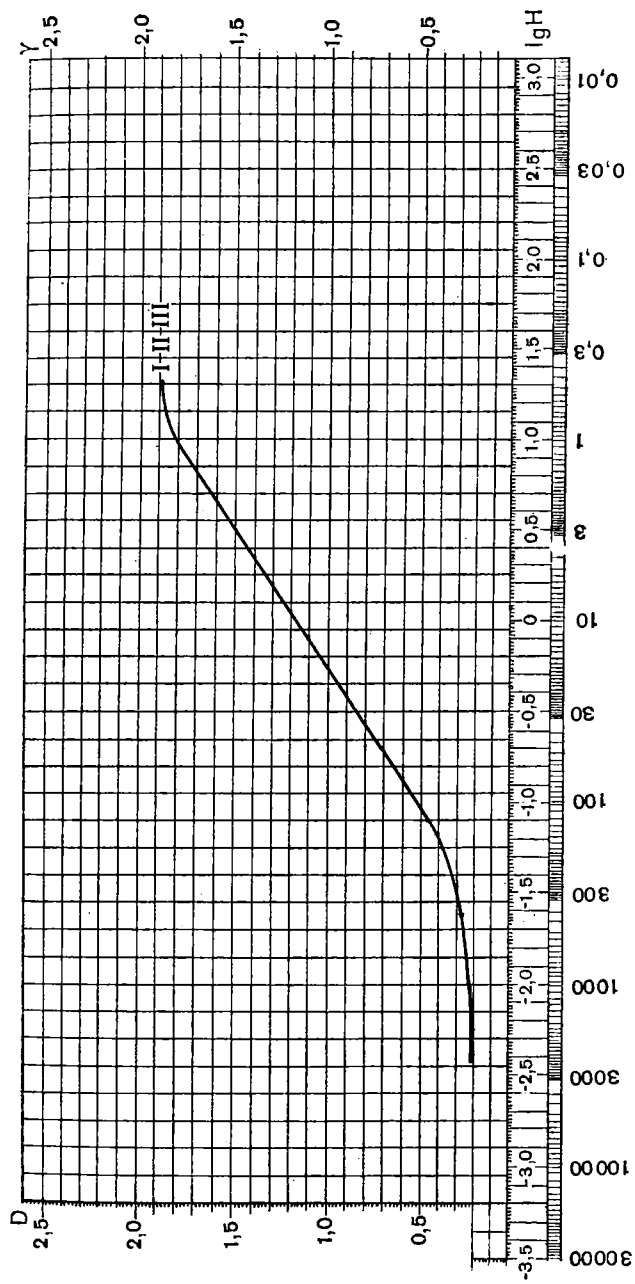


Рис 46 а.
Характеристические кривые цветного фотоматериала — фотоматериал балансированный по эмульсионным слоям

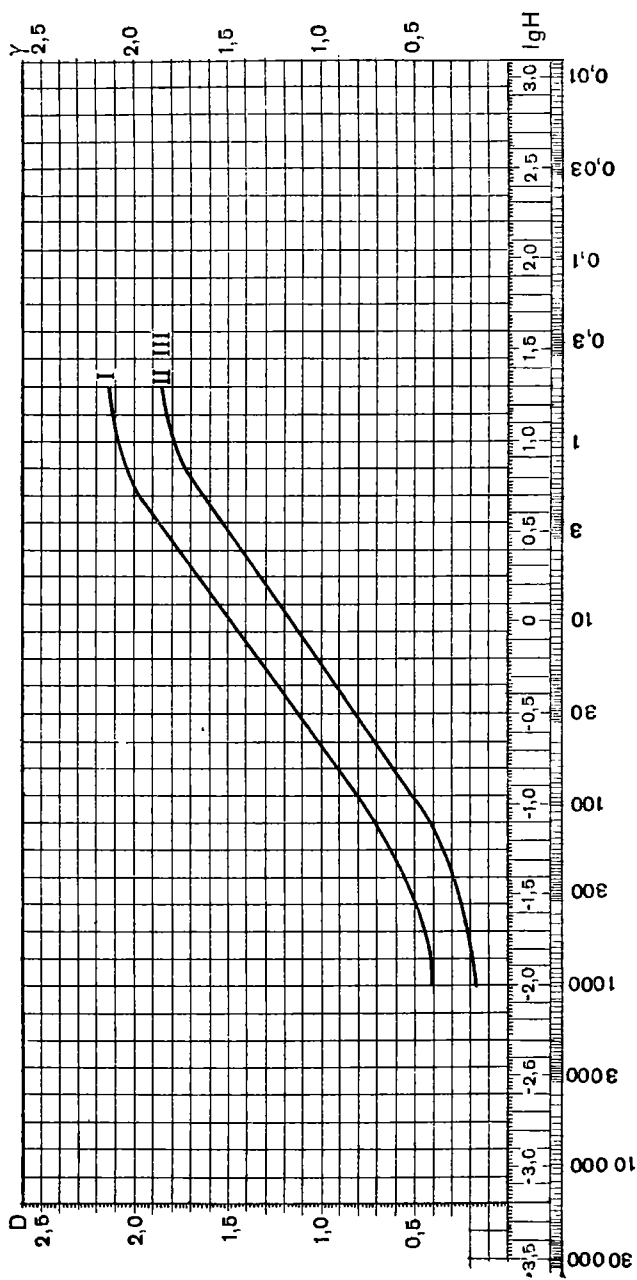


Рис. 46 б. Фотоматериал с нарушенным балансом эмульсионных слоев: I — синечувствительный слой, II — зеленочувствительный, III — красочувствительный

(рис. 46 б). Следовательно, фотоматериал окажется с нарушенным балансом, и потому изображение получится цветоперекаженным. Чем больше показатель B_c фотоматериала, тем сильнее отклонение от баланса и тем значительнее будут цветоискажения в изображении.

Баланс в цветном фотоматериале предусматривает определенные соотношения между светочувствительными слоями по степени чувствительности с учетом спектрального состава света, для которого предназначен этот материал. Правильно сбалансированный материал для съемки при дневном освещении окажется с нарушенным балансом, если на нем производить съемку при лампах накаливания. В этом случае в негативном изображении будет преобладать голубой тон. Появление повышенного количества голубого красителя в негативе объясняется тем, что на нижний, красноточувствительный, слой избыточно действовали оранжево-красные лучи ламп накаливания.

Вследствие различия в спектральном составе дневного света и ламп накаливания создано два типа цветных фотоматериалов. Одни из них, обозначенные буквой Д (дневной свет) или изображением солнца, предназначены для съемки при дневном освещении, и потому их светочувствительные слои сбалансированы к дневному освещению. Эти фотоматериалы могут применяться также при съемке с освещением, близким по спектральному составу к дневному свету, например с импульсной лампой, с вспышкой магния или электрической дуги. В случаях съемки при лампах накаливания на фотоматериале типа Д на объектив фотоаппарата следует установить **г о л у б о й с в е т о ф и л ь т р**, который сделает фотоматериал сбалансированным к свету ламп накаливания.

Другие фотоматериалы, обозначенные буквой Л (лампа накаливания) или изображением электролампы, имеют светочувствительные слои, сбалансированные к излучению ламп накаливания. На этих фотоматериалах можно снимать и при дневном освещении, установив на объективе фотоаппарата **о р а н ж е в ы й с в е т о ф и л ь т р**.

Следует учесть, что светофильтры при съемке снижают освещенность фотоматериала за счет поглощения части света, и потому возникает необходимость увеличивать экспозицию.

Числа светочувствительности, указываемые на упаковке цветных фотоматериалов, аналогичны числам черно-белых фотоматериалов, вследствие чего экспозиция

для черно-белых и цветных фотоматериалов рассчитывается одинаково. Эти числа определены при таком спектральном составе света, для которого предназначен фотоматериал.

Контрастность γ — способность фотоматериала передавать различия яркостей объекта съемки.

Количественно контрастность определяется тангенсом угла наклона прямолинейной части характеристической кривой к горизонтальной оси графика (рис. 47). Если при измерении крутизны прямолинейной части характеристической кривой угол окажется равным 45° , контрастность будет равна 1,0, так как $\tan 45^\circ = 1,0$. Такой фотоматериал правильно передает соотношение яркостей объекта съемки, если исключить условия рассматривания изображения и другие факторы, влияющие на его оценку. Чем больше крутизна прямолинейной части характеристической кривой, тем выше контрастность фотоматериала. Чем меньше крутизна прямолинейной части, тем ниже контрастность фотоматериала. Объясняется это тем, что с увеличением крутизны прямолинейной части характеристической кривой увеличивается рост оптических плотностей.

Фотоматериалы разной контрастности подбирают к соответствующему объекту съемки: например, при портретной съемке наиболее пригоден фотоматериал с небольшой контрастностью; при съемке чертежей требуется фотоматериал с высокой контрастностью.

Наименьшую контрастность имеют негативные киноплёнки; несколько выше контрастность у негативных фотоплёнок; еще выше — у обращаемых фотоматериалов; очень высокая контрастность у фотобумаг, позитивных фотоматериалов, диапозитивных фотопластинок.

Контрастность фотоматериала больше, чем какая-либо другая его характеристика, зависит не только от свойств светочувствительного слоя, но и от режима проявления. Изменяя состав проявляющего раствора, продолжительность обработки, температуру раствора, можно влиять на контрастность изображения.

Балансированное цветное изображение можно получить только в том случае, если контрастность у всех трех светочувствительных слоев одинакова (рис. 48). Нарушение баланса оценивают по разности между наибольшей и наименьшей контрастностью в цветном фотоматериале. Следовательно, полностью балансированный фотоматериал имеет показатель баланса контрастности B_k , равный 0.

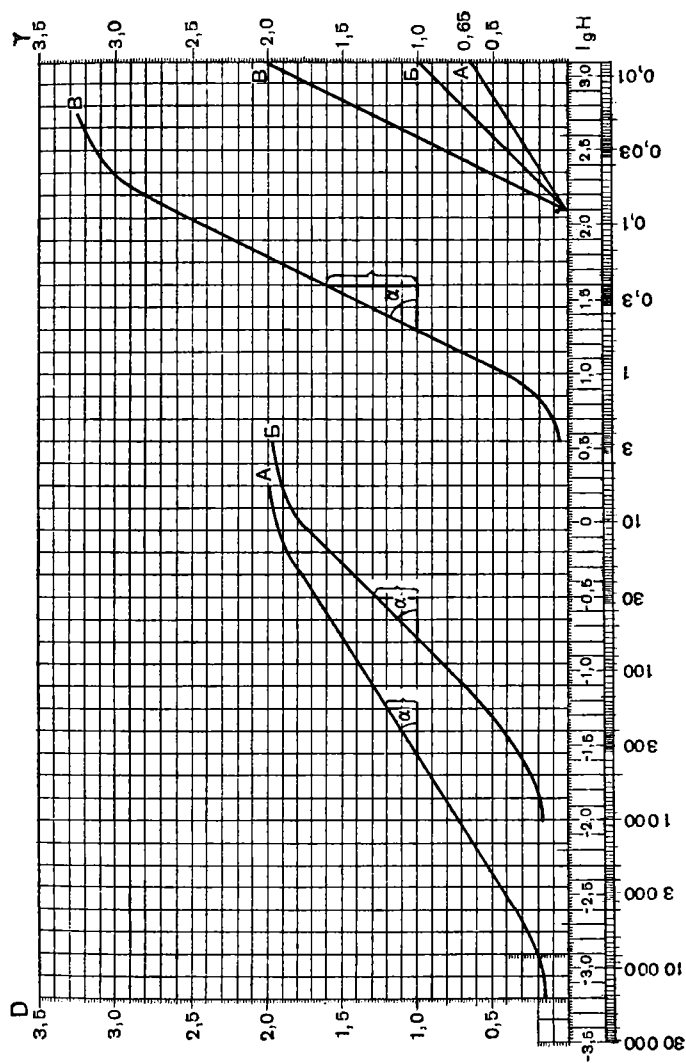


Рис. 47
Характеристические кривые, показывающие контрастность фотоматериала: А — мягкий, В — контрастный

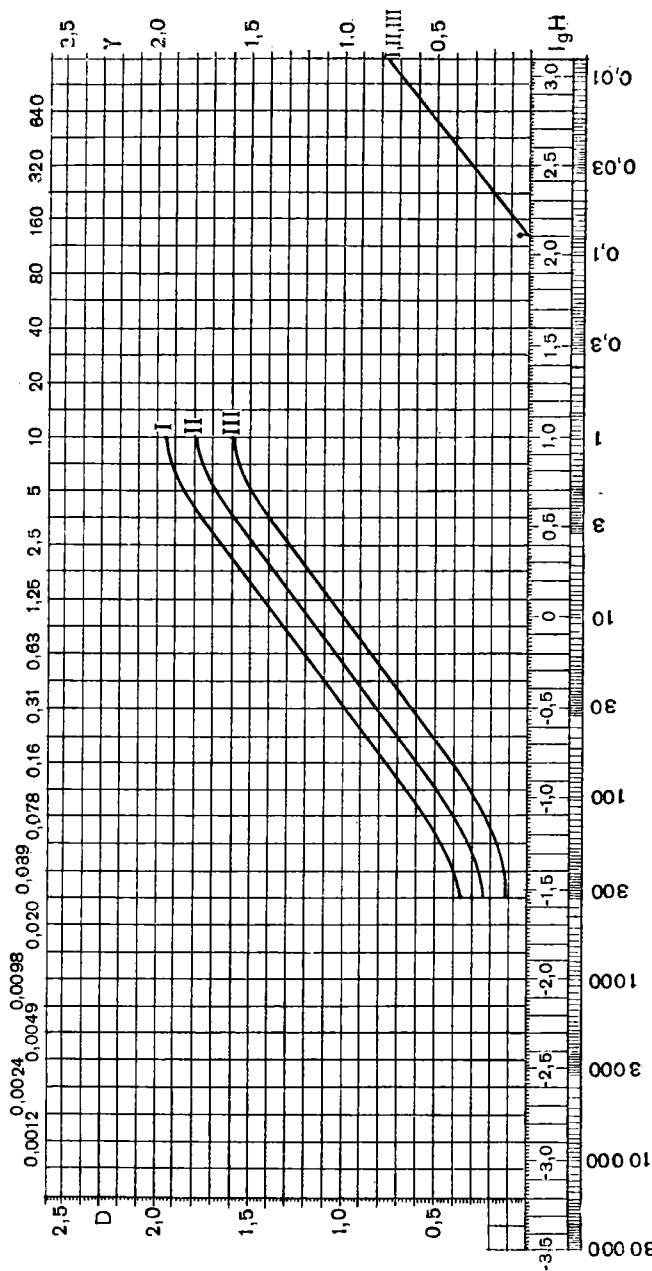


Рис. 48
Характеристические кривые балансируемого по контрастности цветного фотоматериала

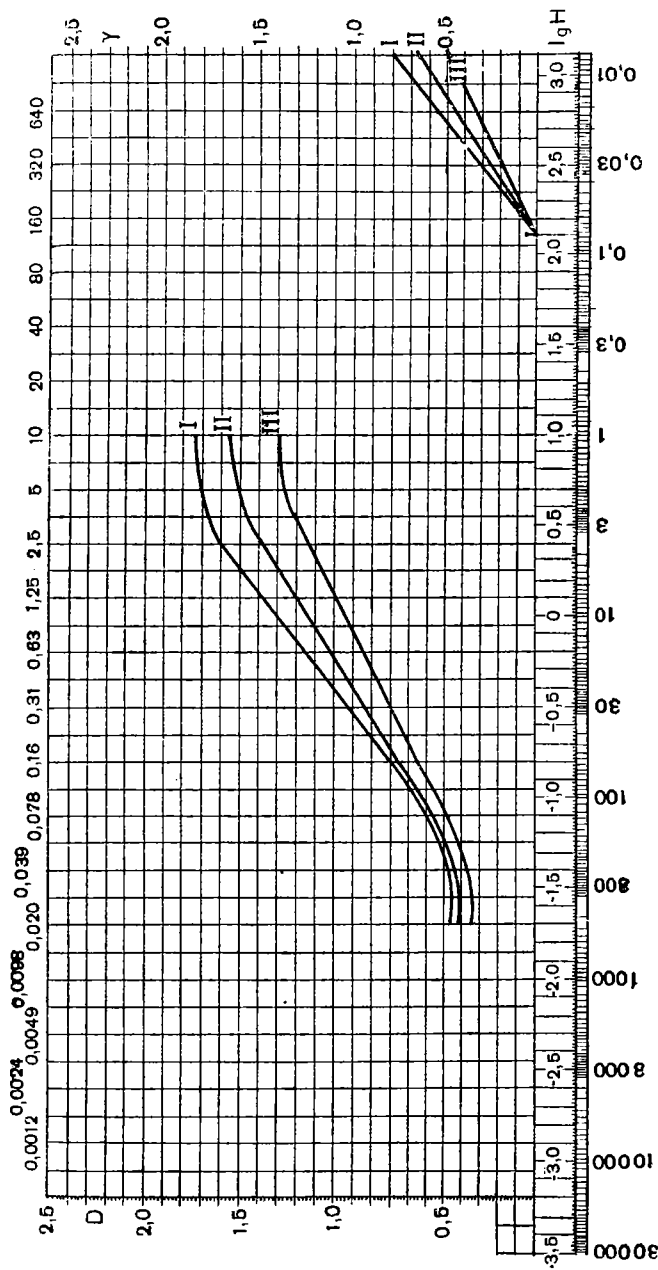


Рис. 49
Характеристические кривые цветного фотоматериала с нарушенным балансом

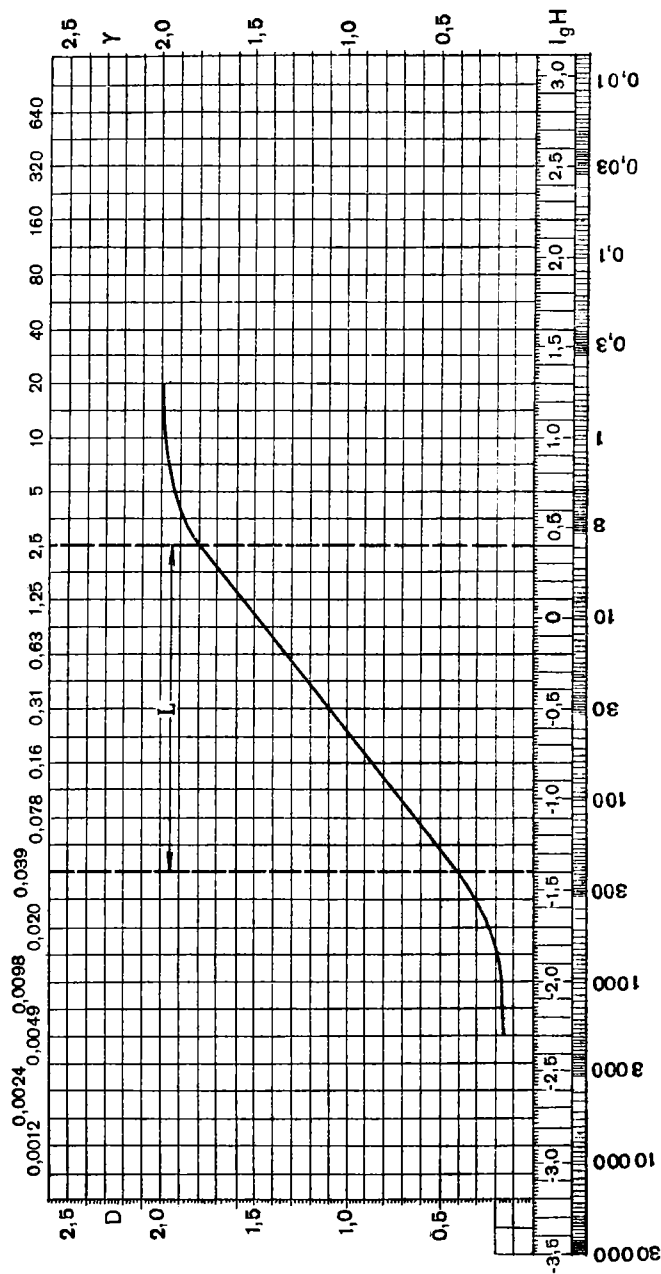


Рис. 50
Характеристическая кривая, показывающая фотографическую широту

Если светочувствительные слои цветного фотоматериала имеют различную контрастность, изображение будет цветоперекрашенным. Нарушение баланса фотоматериала по контрастности может привести к разному виду искажений, например к окрашиванию деталей в тенях или светах, окрашиванию в различные цвета темных и светлых деталей и т. д. (рис. 49). Чем больше нарушен баланс фотоматериала, тем сильнее цветоискажения; устранить их во время фотографической обработки или при печатании изображения нельзя.

Длительное хранение цветного фотоматериала или нарушение условий его обработки часто бывает причиной нарушения баланса по контрастности.

Фотографическая широта (L) — способность фотоматериала правильно воспроизводить градацию яркостей объекта съемки.

Количественно фотографическая широта определяет интервал экспозиций между началом и концом прямолинейного участка характеристической кривой (рис. 50). На этом участке рост оптических плотностей точно соответствует росту экспозиций (логарифму экспозиций) с одинаковым коэффициентом контрастности. Фотографическую широту часто называют областью правильных экспозиций.

Чем длиннее прямолинейный участок характеристической кривой, тем больший интервал яркостей объекта может быть правильно воспроизведен фотоматериалом, тем, следовательно, больше его фотографическая широта.

На рис. 51 представлены характеристические кривые двух фотоматериалов. Кривая *I* имеет короткий прямолинейный участок, кривая *II* — длинный. У первой кривой он соответствует интервалу освещенности от 212 до 6800 лк при выдержке $\frac{1}{60}$ сек и диафрагме объектива 1 : 4. У второй кривой прямолинейный участок соответствует интервалу освещенности от 212 до 54 000 лк при тех же условиях съемки. Следовательно, первый фотоматериал может воспроизвести интервал яркости объекта 1 : 30, второй — 1 : 250.

Большая фотографическая широта светочувствительного материала допускает некоторые погрешности при определении экспозиции. Так, объект съемки, имеющий интервал яркостей 1 : 20, можно правильно воспроизвести при весьма разных экспозициях, если фотографическая широта фотоматериала будет 1 : 200. Негативы такого объекта бу-

дуг отличаться один от другого лишь общей плотностью при одинаковой контрастности. Их можно печатать на одной и той же по контрастности фотобумаге, увеличивая лишь выдержку по мере повышения плотности негативов.

Современные фотоматериалы изготавливают с такой фотографической широтой, которая позволяет воспроизводить

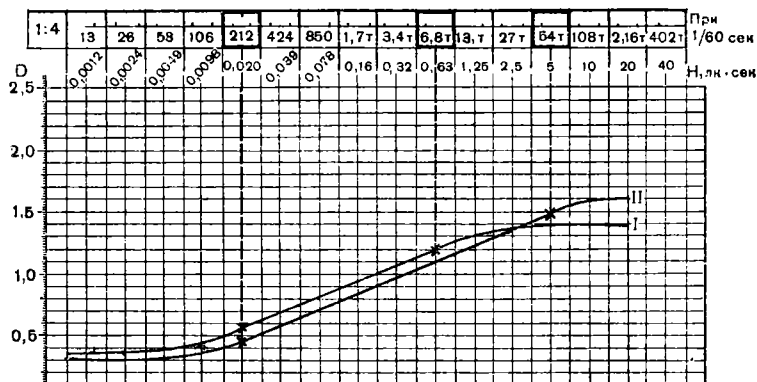


Рис. 51
Фотоматериалы с разной фотографической широтой

без искажений большинство объектов по интервалу яркостей. Исключение составляют обрабатываемые фотоматериалы, имеющие меньшую широту, чем негативные материалы. Малую широту имеют и позитивные фотоматериалы, так как чем контрастнее светочувствительный слой, тем меньше его фотографическая широта.

Светочувствительные слои цветного фотоматериала должны иметь одинаковую фотографическую широту, в противном случае некоторые детали изображения окажутся цветоискаженными.

Величина фотографической широты зависит от условий проявления фотоматериала. Выравнивающее проявление, снижая контрастность фотоматериала, расширяет прямолинейный участок характеристической кривой и, следовательно, увеличивает фотографическую широту.

Вуаль (D_0) — почернение на фотоматериале, образующееся после проявления на участках, на которые не действовал свет.

Вуаль зависит от собственных свойств фотографической эмульсии, условий хранения фотоматериалов, состава про-

являющего раствора, продолжительности проявления и других химических процессов. Вуаль появляется почти на любом фотоматериале. Распространяясь по всей поверхности светочувствительного слоя, она снижает прозрачность изображения.

Изображение, полученное на сильно вуалированном фотоматериале, имеет пониженный контраст и выглядит серым. Чем выше светочувствительность материала, тем плотнее вуаль, поэтому у негативных материалов она выше, чем у позитивных. Чем дольше хранится фотоматериал, тем больше плотность вуали. Чем энергичнее проявитель или в нем меньше противовуалирующего вещества, тем плотнее вуаль. Чем продолжительнее проявление, тем выше плотность вуали. Различные процессы, происходящие в светочувствительном слое и при его обработке, часто суммируются и увеличивают плотность вуали.

Помимо свойств фотоматериала, оцениваемых по характеристической кривой, большой практический интерес представляют следующие свойства.

Цветочувствительность — чувствительность фотоматериала к цветным излучениям.

Существует много способов определения цветочувствительности. Наиболее распространенные из них — по изображению цветной таблицы и по кратности светофильтров.

При оценке цветочувствительности по цветной таблице (рис. 52) фотографируют таблицу на испытуемом фотоматериале при том освещении по спектральному составу, при котором будет в дальнейшем происходить съемка. Чем чувствительнее фотоматериал к цвету поля таблицы, тем большей плотностью это поле будет воспроизведено в изображении. Есть таблицы, по которым можно количественно оценить цветочувствительность фотоматериала. В таких таблицах рядом с цветной полоской расположена серая, ступени которой обозначены условными процентами. Чувствительность фотоматериала к каждому из цветов определяют сопоставлением изображений цветного поля с серым полем таблицы. Следует учесть, что оценка чувствительности фотоматериала по таблицам зависит от чистоты используемых красок и соответствия этих красок цветам объекта съемки.



Рис. 52
Таблица для оценки
цветочувствительности
фотоматериала

При оценке светочувствительности по кратности светофильтров цветной объект фотографируют на испытуемом фотоматериале со всеми выдержками затвора данного фотоаппарата при постоянной диафрагме. Количество экспозаписей должно соответствовать количеству светофильтров, применяемых во время испытания фотоматериала. В каждой экспозаписи первый кадр делается без светофильтра, последующие со светофильтром. Сопоставлением кадров в обработанных экспозаписях определяют кратность каждого светофильтра. Чем меньше кратность, тем выше чувствительность фотоматериала к цвету данного светофильтра.

Зернистость — неравномерность структуры фотографического изображения, видимая при его большом увеличении. Эмульсионный слой состоит из отдельных микрокристаллов галогенида серебра, размещенных в желатине. Величина микрокристаллов весьма различна у разных фотоматериалов. У позитивных фотоматериалов она значительно меньше, чем у негативных. Помимо того, в одном и том же светочувствительном слое микрокристаллы имеют различную форму и расположены во много рядов.

Число микрокристаллов в светочувствительном слое огромно, например на 1 см^2 эмульсионного слоя у малочувствительного фотоматериала может быть около миллиарда микрокристаллов, у высокочувствительных — около 350 миллионов микрокристаллов. Эти отдельные микрокристаллы в процессе проявления фотоматериала превращаются в зерна металлического серебра, которые настолько малы, что даже при большом увеличении изображения неразличимы. При проявлении зерна часто слипаются и образуют комки. Они располагаются вдоль поверхности и в глубину эмульсионного слоя, причем весьма неравномерно: на одном участке — больше, на другом — меньше. В результате на изображении возникает пятнистая структура, которая портит его и делает зернистым.

С увеличением масштаба изображения зернистость становится заметнее, она растет с повышением светочувствительности фотоматериала. Для получения наиболее мелкозернистых изображений следует применять наименее светочувствительные материалы, какие только допустимы по условиям съемки.

Зернистость фотографического изображения зависит от многих условий и в первую очередь от свойств светочувствительного материала.

При одинаковой светочувствительности негативного и обращаемого фотоматериалов зернистость будет меньшей у обращаемых материалов. Объясняется это особенностью процесса обращения (стр. 308).

Зернистость присуща и цветным фотоматериалам, так как красители в определенной степени воспроизводят серебряное изображение.

Измерение зернистости относится к наиболее трудным проблемам, связанным со сложной природой зернистости фотоматериала. До сих пор нет общепринятого метода оценки зернистости. Нередко одни и те же материалы, исследуемые разными методами, оцениваются различно.

Разрешающая способность — способность светочувствительного слоя раздельно воспроизводить детали объекта съемки.

Разрешающая способность определяется максимальным числом параллельных черных штрихов и белых промежутков, равных по ширине, которые раздельно воспроизводятся на 1 мм^2 фотоматериала. Например, если разрешающая способность равна 75 лин/мм , это значит, что фотоматериал может передать раздельно 75 линий на площади в 1 мм^2 .

Разрешающая способность в основном зависит от свойств светочувствительного слоя. Чем больше зернистость и выше светочувствительность фотоматериала, тем ниже разрешающая способность. Разрешающая способность может изменяться от условий съемки и режимов обработки фотоматериала. Рассматривая ряд изображений, сделанных на одном и том же куске фотопленки, легко обнаружить, что различаемость деталей объекта на негативе будет изменяться в зависимости от величины экспозиции при съемке. При малых экспозициях различаемость деталей неудовлетворительна, по мере увеличения экспозиции улучшается и различаемость деталей до некоторой предельной величины. Последующее повышение экспозиции снова снизит различаемость деталей. Следовательно, разрешающая способность зависит от экспозиции, что необходимо учитывать при съемке объектов, требующих высокой различаемости деталей, например при съемке чертежей, текстов и пр.

Состав проявляющего раствора мало сказывается на разрешающей способности, больше влияет режим проявления: недопроявление или перепроявление фотоматериала снижают различаемость деталей в изображении.

Ореолообразование — искажение изображения, вызванное действием света, отраженного от под-

ложки фотоматериала, или света, рассеянного в светочувствительном слое (рис. 53).

Ореол отражения появляется в том случае, если лучи света, прошедшие сквозь светочувствительный слой и отраженные подложкой фотоматериала, действуют на

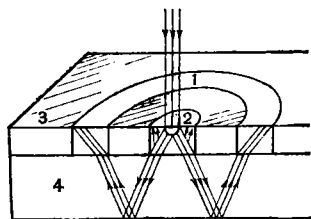


Рис. 53
Ореолообразование: 1 — ореол отражения, 2 — ореол рассеяния, 3 — светочувствительный слой, 4 — подложка

те микрокристаллы галогенидов серебра, которые не должны участвовать в создании изображения. Например, при съемке зажженных ламп за счет ореола отражения вокруг колбы лампы образуются светлые круги (на позитиве), скажем, при съемке городского пейзажа ночью.

Ореол рассеяния возникает от ярко освещенных участков объекта съемки, рассеивающих свет в свето-

чувствительном слое. Вместо точечных изображений получаются кружки с постепенно уменьшающейся к краям плотностью. Если фотографируются тонкие линии, они воспроизводятся более толстыми линиями с расплывчатыми краями.

В результате ореолообразования значительно ухудшается разрешающая способность фотоматериала. В особенности большой вред оказывают ореолы рассеяния: тонкие ветки деревьев на фоне неба получаются разорванными во многих местах. Человек, стоящий на скале и сфотографированный на фоне неба, на снимке может оказаться с узкой по форме головой.

К этому же явлению следует отнести дефект при портретной съемке, когда изображение лица получается нечетким, а все остальные детали на снимке, размещенные в той же плоскости, — резкими и легко различимыми. Дефект возникает из-за неправильной внутрикадровой экспозиции, если при съемке лицо было освещено избыточно по сравнению со всеми другими деталями.

Чем выше светочувствительность фотоматериала, крупнее зернистость и толще светочувствительный слой, тем больше возможностей для появления ореолов. Качество противоореольного слоя оказывает существенное влияние на ореол отражения. Степень ореола рассеяния снижается, если эмульсионный слой фотоматериала прокрашен спе-

циальным красителем. Состав проявляющего раствора мало влияет на величину ореола. Длительное или энергичное проявление, создающее повышенную плотность изображения, способствует росту ореолов.

Хранение фотографических материалов

Свойства фотоматериалов в большой мере зависят от условий их хранения.

Во время хранения фотоматериала в светочувствительном слое происходят сложные процессы, полностью еще не изученные. Основной из них — процесс старения. Степень старения для разных светочувствительных слоев различна. С увеличением продолжительности хранения фотоматериала его светочувствительность понижается, плотность вуали повышается. С повышением температуры и влажности воздуха процессы старения в светочувствительном слое ускоряются.

У цветных фотоматериалов светочувствительные слои, имеющие различные свойства, во время хранения изменяются неодинаково. В результате возможно отклонение от баланса, что приводит к значительным цветоискажениям в изображении.

Для каждого вида фотоматериала установлен гарантийный срок сохранности их в заводской упаковке при соблюдении определенных условий хранения. Вместо срока хранения на упаковке фотоматериала указана дата, до которой этот материал должен быть использован. За время гарантийного срока хранения допускается изменение свойств светочувствительного слоя в пределах $\pm 25\%$ от величины показателей, характеризующих фотоматериал при выпуске.

Для большинства фотоматериалов нормальными условиями хранения считаются температура воздуха 14—22°, относительная влажность воздуха 50—70%.

Фотоматериалы нельзя хранить вблизи отопительных приборов и в местах, освещаемых прямыми солнечными лучами, в сырых помещениях и в помещениях, где хранятся аммиак, сероводород, ртуть, органические растворители, краски и т. д.

Высокочувствительные черно-белые, цветные и инфракрасные фотоматериалы в фабричной упаковке рекомендуются хранить при низкой температуре воздуха, на-

пример в холодильнике. Сильное охлаждение замедляет процессы старения. Чтобы избежать дефектов от конденсации влаги на фотоматериале, перед открытием упаковки фотоматериала его необходимо выдержать при комнатной температуре.

Фотоматериалы, предназначенные для использования во влажной местности, упаковывают в металлические коробки, оклеиваемые двойным слоем липкой ленты. В целях дополнительной предосторожности коробки с фотоматериалом помещают в пластмассовые мешки и тщательно заклеивают.

В некоторых случаях старение фотоматериала, вызванное повышенной влажностью при хранении, можно устранить, если этот фотоматериал поместить на одни-два суток в условия пониженной влажности при той же температуре. В результате светочувствительность фотоматериала окажется такой же, какой она была раньше.

Фотоматериалы, хранящиеся в кассетах, фотоаппаратах или в фотолаборатории, сохраняются плохо. Под действием сухого воздуха фотопленка и фотобумага становятся хрупкими и ломаются, а во влажном воздухе фотоматериал делается липким.

ТЕХНИКА СЪЕМКИ

Любой вид съемки начинается с выбора точки съемки, высоты точки съемки, определения расстояния до объекта и направления съемки. Затем следует наводка объектива на резкость, расчет экспозиции, подбор светофильтров и т. д.

Точка съемки — место, с которого производится съемка. При выборе точки съемки определяют направление съемки, высоту точки съемки и расстояние от фотоаппарата до объекта (фото 2).

Направление съемки — это направление оптической оси объектива к объекту съемки. Если оптическая ось объектива перпендикулярна плоскости объекта и расположена точно по его центру, точку съемки называют **центральной**. Если оптическая ось объектива направлена под углом к объекту съемки, точку съемки называют **боковой**. Таких точек съемки может быть несколько.

Центральная точка съемки позволяет получить изображение объекта только фронтальное, показывающее его

ширину и высоту (фото 3, а). При боковых точках съемки на изображении видны две стороны объекта, показаны его объем и глубина (фото 3, б).

Высота точки съемки определяется по отношению к уровню глаз стоящего человека. Точка съемки, расположенная на уровне глаз стоящего человека, называется нормальной. Точки, расположенные ниже или выше уровня глаз, называются нижними или верхними точками съемки (фото 10).

При нижней или верхней точке съемки соотношение деталей в изображении объекта будет необычным (фото 4). Такие изображения называются ракурсными. Чем выше или ниже точка съемки, тем сильнее ракурс. Сокращение расстояния до объекта съемки и применение короткофокусного объектива тоже подчеркивают ракурс.

Расстояние до объекта съемки влияет на масштаб изображения. Чем больше расстояние, тем мельче получается изображение объекта при съемке одним и тем же объективом.

Линейная перспектива — впечатление о глубине пространства объекта на изображении. Она создается благодаря уменьшению масштаба изображения деталей по мере их удаления от объектива. Перспектива будет слабо выражена на изображении, если объект имеет малую протяженность в глубину, вследствие чего все его детали воспроизводятся почти в одном масштабе (фото 5). Наоборот, перспектива будет выражена сильно, если наряду с отдаленными объектами фотографируются и близкие объекты. В этом случае будет значительная разница в масштабах изображения отдельных деталей объекта (фото 6).

Перспектива ощущается тем сильнее, чем больше различие в масштабах при воспроизведении деталей объекта. Перспектива усиливается с приближением фотоаппарата к объекту и ослабляется с удалением от объекта.

Основной объектив фотоаппарата создает изображение с привычной перспективой, если съемка происходит на расстоянии, обеспечивающем угол изображения по горизонтали в 27° — 34° .

Перспектива сильнее ощущается в изображении, полученном при съемке короткофокусным объективом. Объясняется это тем, что короткофокусный объектив, имеющий широкий угол изображения, во время съемки с близкого расстояния одинаковых по величине деталей, расположен-

ных в глубь объекта, воспроизводит их в разном масштабе. Чем больше различие в масштабах, тем сильнее перспектива в изображении. Например, при съемке улицы в перспективе она будет казаться более длинной, чем на самом деле (фото 7).

При съемке длиннофокусным объективом изображение кажется с малой перспективой, так как дальние объекты будут как бы расположены недалеко от ближних. Объясняется это тем, что длиннофокусный объектив имеет малый угол изображения, а съемка происходит с большого расстояния. Улица, сфотографированная длиннофокусным объективом, на снимке будет более короткой и узкой, чем в действительности.

Следовательно, пользуясь короткофокусным или длиннофокусным объективом, по существу фотографируют разные объекты.

То же самое происходит и при съемке объективами с переменным фокусным расстоянием, так как они подобны объективам, различным по фокусному расстоянию, объединенным одной оправой.

Т о н а л ь н а я п е р с п е к т и в а — впечатление о воздушном пространстве объекта (фото 8).

При расположении фотоаппарата на значительном расстоянии от объекта съемки воздушная среда изменяет тон и цвет объекта, снижает четкость его деталей, смягчает контраст освещения и т. д. Степень этих изменений зависит от прозрачности воздушной среды и характера освещения. Особенно заметно влияние воздушной среды во время тумана, изморози и при запыленном воздухе. По мере увеличения расстояния между фотоаппаратом и объектом увеличивается влияние воздушной среды на тональную перспективу. Создается впечатление, что детали объекта, имеющие нечеткую форму, расположены дальше, чем детали, видимые более четко. Воспроизведению тональной перспективы способствует освещение объекта.

Положение фотоаппарата при съемке может быть самым различным.

Съемку с выдержками короче $\frac{1}{30}$ сек, при которых почти незаметно шевеление объекта или фотоаппарата, можно вести, прижав фотоаппарат к лицу, или фотографировать с рук, опущенных вниз или вытянутых над головой (фото 9), и т. д.

При съемке внутри помещения, при репродуцировании или при использовании телеобъектива фотоаппарат укреп-

ляют на штативе, обеспечивающем устойчивое положение. Чем тяжелее фотоаппарат, тем прочнее должен быть штатив.

Фотоаппарат привинчивают к штативу так, чтобы передняя ножка штатива была направлена на объект. При таком положении штатива фотоаппарат легко установить в нужном направлении. Для устранения скольжения штатива на гладкой поверхности его ножки скрепляют тремя шнурами (рис. 54).

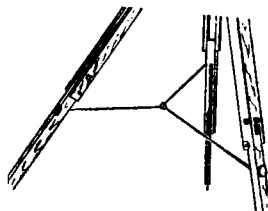


Рис. 54
Крепление штатива

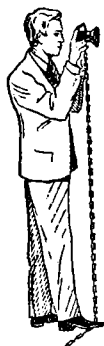


Рис. 55
Цепной штатив

Фотоаппарат можно укреплять также на цепном штативе, представляющем собой цепочку (длиной 175 см) со штативным винтом. После того как фотоаппарат привинчен, цепочку туго натягивают, наступив на ее конец ногой (рис. 55). В натянутом положении цепочка обеспечивает устойчивую съемку с выдержками до $1/2$ сек.

Очень часто пользуются штативом-струбциной (рис. 56), позволяющим устанавливать фотоаппарат на спинке стула, ветке дерева и т. д.

Резкость изображения — степень четкости фотографического изображения объекта съемки.

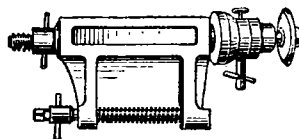


Рис. 56
Штатив-струбцинка

Операция установки объектива на расстояние, при котором будет четкое изображение, называется наводкой объектива на резкость. В пространстве вдоль оптической оси объектива наиболее резкое изображение получается только в одной плоскости — плоскости наводки (рис. 57).

Кружок диаметром $0,1 \text{ мм}$ с расстояния наилучшего видения ($25\text{—}30 \text{ см}$) глаз воспринимает как четкую точку. Точки, составляющие фотографическое изображение, называют **к р у ж к а м и** **р а с с е я н и я**. Диаметр кружка рассеяния в $0,1 \text{ мм}$ принят как мера резкости для фотографических изображений, рассматриваемых без увеличения или с небольшим увеличением, при съемке фотоаппаратами 6×6 , $6\times 9 \text{ см}$ и более крупными.

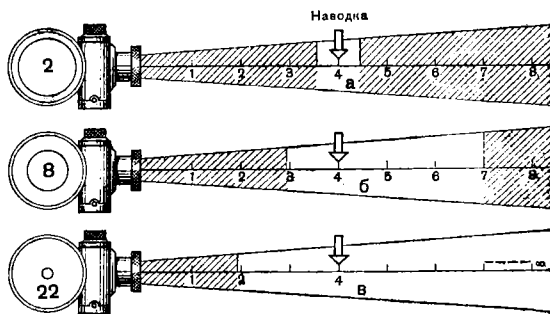


Рис. 57
Схема наводки объектива на резкость

Для малоформатных изображений ($24\times 26 \text{ мм}$ и менее) принят диаметр кружка рассеяния от $0,03$ до $0,05 \text{ мм}$. При таком кружке рассеяния малоформатное изображение, рассматриваемое увеличенным, будет казаться достаточно резким.

В оптическом изображении каждой точке детали объекта съемки соответствует строго сопряженная точка изображения. Соответственно располагаются плоскости деталей объекта и плоскости изображения на фотоматериале. Поэтому объект, имеющий некоторую протяженность в глубину, воспроизводится точками, размещенными в разных плоскостях. Изображения по резкости в этих плоскостях различны: наилучшее расположено в плоскости наводки; лежащие вне этой плоскости теряют резкость тем сильнее, чем дальше они от плоскости наводки, так как по мере удаления происходит увеличение диаметра точек.

Однако можно получить удовлетворительно резкое изображение деталей объекта, находящихся ближе или дальше плоскости наводки объектива, но лежащих в пределах опре-

деленных границ — границ глубины резко изображаемого пространства.

Чем дальше от точки съемки и объектива находится плоскость наводки, тем больше глубина резко изображаемого пространства, и наоборот, — эта глубина уменьшается с сокращением расстояния до плоскости наводки. Причем резко изображаемое пространство от плоскости наводки к объективу гораздо меньше, чем от объектива. Например, объектив с фокусным расстоянием 50 мм и относительным отверстием 1 : 2 установлен на расстоянии 10 м; в этом случае передняя граница резкости будет находиться на расстоянии 7,58 м от объектива, а задняя — на расстоянии 14,70 м; общая глубина резко изображаемого пространства будет равна 7,12 м. Если же наводка этим объективом сделана на 3 м, то передняя граница лежит на расстоянии 2,74 м, задняя — на расстоянии 3,32 м; общая глубина резко изображаемого пространства здесь равна всего 0,58 м (за норму резкости принят диаметр кружка рассеяния 0,04 мм).

На величину глубины резко изображаемого пространства влияет относительное отверстие объектива. Чем большее расстояние между передними и задними деталями объекта, тем сильнее следует диафрагмировать объектив, и наоборот, — чем меньше протяженность объекта в глубину, тем с большим световым отверстием можно производить съемку.

Однако чрезмерное диафрагмирование объектива требует соответственного увеличения выдержки при съемке, повышения освещенности объекта или использования более светочувствительного фотоматериала. Кроме того, сильное уменьшение светового отверстия может привести к снижению разрешающей силы объектива.

Большая светосила объектива целесообразна во время съемки при малой освещенности объекта или его быстром движении, а также, если сознательно уменьшают глубину резко изображаемого пространства для того, чтобы отделить сюжетно важную деталь от второстепенных.

Для быстрого определения границ резко изображаемого пространства существует много таблиц, номограмм и калькуляторов. Например, на оправках объективов по обе стороны от индекса шкалы расстояний нанесены дополнительные цифры (рис. 58) со значением диафрагм объектива.

При расчете глубины резко изображаемого пространства может быть принят диаметр кружка рассеяния 0,03;

0,04 и 0,05 мм, поэтому таблицы, калькуляторы и шкалы на оправках объективов при сопоставлении могут не совпадать между собой. Для того чтобы выяснить, из расчета какого диаметра кружка рассеяния нанесена шкала глубины резко изображаемого пространства на объективе, нужно

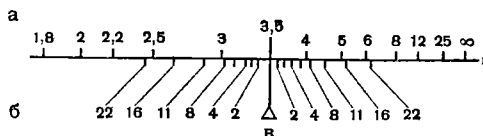


Рис. 58
Шкалы для определения границ резко изображаемого пространства: *а* — шкала расстояний, *б* — шкала диафрагм объектива, *в* — указатель установки объектива (индекс)

основной индекс установить против знака «∞» шкалы расстояний, затем определить по дополнительному индексу переднюю границу резко изображаемого пространства при каком-либо показателе диафрагмы, после чего по формуле

$$Z = \frac{f^2}{RH}$$

рассчитать диаметр кружка рассеяния.

Знак ∞ (бесконечность) не следует понимать буквально, так как этим знаком обозначают лишь расстояние от объекта съемки, которое обеспечивает резкое изображение всех деталей, расположенных за передней границей объекта. Для объективов разного фокусного расстояния и для разных диафрагм величина ∞ неодинакова. Когда возникает необходимость сфотографировать объект так, чтобы все его детали до самых дальних на изображении воспринимались как резкие, нужно индекс диафрагм поместить против знака «∞», затем по шкале расстояний определить диафрагму для деталей, расположенных на передней границе объекта. Эту границу называют началом бесконечности, или гиперфокальным расстоянием, которое определяется по формуле

$$H = \frac{f^2}{RZ},$$

где *H* — гиперфокальное расстояние; *f* — фокусное расстояние объектива; *R* — знаменатель относительного отверстия (число на шкале диафрагм объектива); *Z* — диаметр кружка рассеяния.

Пользуясь этой формулой, можно определить глубину резко изображаемого пространства для любого объектива. Например, для объектива с фокусным расстоянием 50 мм и диафрагме 4 гиперфокальное расстояние равно 15,6 м, так как

$$H = \frac{(50)^2}{4 \cdot 0,4} \approx 15,6 \text{ м.}$$

Установка объектива на бесконечность (∞) не всегда рациональна, особенно если не все удаленные детали объекта находятся в бесконечности (∞). В этом случае более правильно воспользоваться формулами

$$a_1 = \frac{H}{H+a}; \quad a_2 = \frac{H}{H-a},$$

где a — расстояние, на которое наведен объектив; a_1 — расстояние до передней границы объекта; a_2 — расстояние до задней границы объекта.

Если объектив с фокусным расстоянием 50 мм, диафрагмой 4 навести на 3 м, то передняя граница резкости равна:

$$a_1 = \frac{15,6}{15,6+3} \approx 2,6 \text{ м,}$$

задняя граница резкости равна:

$$a_2 = 3 \frac{15,6}{15,6-4} \approx 3,7 \text{ м.}$$

В табл. 11 приведены гиперфокальные расстояния (в метрах) для некоторых объективов при диаметре кружка рассеяния 0,04 мм.

Таблица 11

Число диафрагмы объектива	Фокусное расстояние объектива, мм							
	35	50	85	135	180	300	500	1000
	Гиперфокальное расстояние (приблизительно), м							
1,5	20,4	41,7	120,5	—	—	—	—	—
2,0	15,3	31,3	90,2	228	—	—	—	—
2,8	11,0	22,3	64,6	163	289	—	—	—
3,5	8,8	17,9	51,7	130	232	—	—	—
4,0	7,7	15,7	45,2	114	203	562	—	—
5,6	5,5	11,2	32,3	81	145	402	—	—
8,0	3,9	7,9	22,7	57	101	281	781	—
11,0	2,8	5,7	16,5	41	74	205	—	2270
16,0	1,9	3,9	11,4	28	51	141	—	—
22,0	1,5	2,9	8,3	21	37	102	—	—

На резкость изображения оказывают влияние допуски на рабочие отрезки камеры и объектива, особенно при сменных объективах, а также способ наводки объектива на резкость. Согласованность рабочих отрезков зависит от точности изготовления камеры и оправы объектива.

Резкость наводки объектива зависит от конструкции наводящего устройства, его связи с объективом, например, дальномерного устройства.

Кроме того, на резкость изображения влияет прогиб в пленочном канале камеры; вид, размер и усилие прижимного столика, а также тип и форма направляющих устройств для фотоматериала.

Большинство малоформатных фотоаппаратов не рассчитано на съемку мелких объектов в крупном масштабе. Чтобы производить такую съемку, фотоаппараты снабжаются специальными приспособлениями.

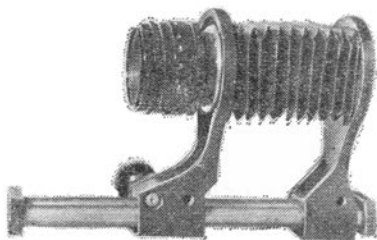


Рис. 59
Раздвижная приставка к фотоаппарату



Рис. 60
Удлинительные кольца

Крупномасштабную съемку наиболее часто производят зеркальными фотоаппаратами, позволяющими наводить объектив на резкость по изображению, видимому в зеркале. При работе с такими фотоаппаратами пользуются *п р и с т а в к о й* (рис. 59), которая позволяет изменять в широких пределах расстояние между камерой и объективом. Минимальное расстояние между камерой и объективом при сложенном мехе равно 50 мм, максимальное растяжение меха равно 170 мм.

Широко применяют и *у д л и н и т е л ь н ы е к о л ь ц а* (рис. 60), которые навинчивают между камерой и объективом. Комплект состоит из нескольких колец, позволяющих получить 15 различных расстояний между камерой и объективом. Эти кольца позволяют снимать в масштабе от 1 : 10,5 до 1 : 1.

Помимо указанных приспособлений при съемке используют насадочные линзы, пригодные для разных типов фотоаппаратов. Это менисковые линзы, помещенные в оправы с резьбой для навинчивания на объектив фотоаппарата. Насадочные линзы уменьшают фокусное расстояние объектива и оцениваются оптической силой — диоптриями (D).

Оптическая сила насадочной линзы в диоптриях — обратная величина ее фокусного расстояния, выраженная в метрах и определяемая по формуле

$$D_n = \frac{1}{f_n},$$

где D_n — оптическая сила линзы (в диоптриях); f_n — фокусное расстояние линзы (в м).

Фокусное расстояние системы объектив+насадочная линза может быть определено по следующей формуле:

$$f_c = \frac{100 f_o}{100 + f_o D_n},$$

где f_c — фокусное расстояние системы объектив+насадочная линза (в см); f_o — фокусное расстояние объектива (в см); D_n — оптическая сила линзы (в диоптриях).

Для определения масштаба изображения пользуются формулой

$$M = f_o D_n.$$

При съемке с насадочными линзами расстояние до объекта съемки и глубина резко изображаемого пространства не соответствуют полю, наблюдаемому в видоискателе дальномерного фотоаппарата. Для определения расстояния до объекта съемки, глубины резко изображаемого пространства, размера фотографируемого объекта и масштаба съемки пользуются таблицами, прилагаемыми к насадочным линзам.

Необходимость в таблицах отпадает, если насадочные линзы применяются в зеркальных фотоаппаратах, позволяющих видеть фотографируемое изображение.

Насадочная линза на объективе всегда снижает качество получаемого изображения, причем ухудшение изображения тем сильнее, чем больше изменяется фокусное расстояние системы объектив+насадочная линза. Чтобы в какой-то мере уменьшить влияние насадочной линзы

на изображение, объектив диафрагмируют на два-три деления. Применение желто-зеленого светофильтра при съемке на черно-белый фотоматериал улучшает резкость изображения.

Экспонирование фотоматериала

Э к с п о з и ц и я — освещение, которому подвергается фотоматериал во время съемки объекта или печатания изображения. Количественно экспозиция может быть определена по формуле

$$H = Et,$$

где H — экспозиция; E — освещенность фотоматериала; t — продолжительность освещения.

Однако решение задачи по этой простой формуле довольно сложно, так как на сомножители влияют многие факторы. Например, при фотографировании днем освещенность E зависит от характера объекта съемки, его масштаба, места съемки, времени года и часа дня, погоды, диафрагмы объектива и его светопропускания, кратности светофильтра и пр. Продолжительность освещения t (выдержка) зависит от светочувствительности фотоматериала, глубины воспроизводимого пространства, скорости движения объекта, направления съемки и т. д.

При фотографировании с искусственными источниками света на величину экспозиции влияют мощность ламп, конструкция осветительных приборов, расстояние ламп до объекта съемки, характер объекта, диафрагма объектива и его светопропускание, глубина воспроизводимого пространства, светочувствительность фотоматериала и др.

Съемка при смешанном освещении (дневной свет + искусственные источники света) еще больше осложняет определение экспозиции.

Наилучший способ определения экспозиции основан на оценке условий съемки фотоэлектрическим экспонометром.

Фотоэлектрический экспонометр состоит из светоприемника, ограничителя углового поля зрения, электронизмерительного прибора и счетно-решающего устройства.

С в е т о п р и е м н и к о м служит селеновый фотоэлемент (рис. 61) или фоторезистор (рис. 62). В селеновом фотоэлементе под действием света возникает электрический ток. Фоторезистор, обычно сернистокадмиевый, изменяет свое электрическое сопротивление в зависимости от освещенности. Фоторезистор, питаемый от батареи или аккумуля-

мулятора, значительно выше по светочувствительности, чем селеновый фотоэлемент. Это позволяет резко уменьшить угловое поле зрения прибора, что весьма существенно для точности замера объекта съемки.

Селеновый фотоэлемент и фоторезистор неодинаковы по спектральной чувствительности, поэтому они по-разному оценивают цветные объекты. Так же неодинаковы у

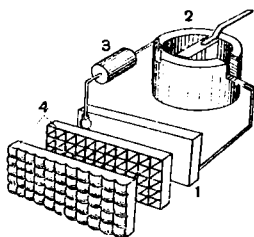


Рис. 61
Схема фотоэкспонетра с селеновым фотоэлементом: 1 — селеновый фотоэлемент, 2 — гальванометр, 3 — добавочное сопротивление, 4 — ограничитель поля зрения

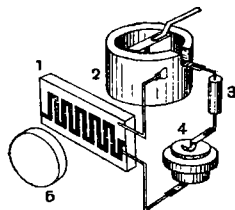


Рис. 62
Схема фотоэкспонетра с фоторезистором: 1 — фоторезистор, 2 — гальванометр, 3 — добавочное сопротивление, 4 — источник питания, 5 — ограничитель поля зрения

светоприемников утомление и инерционность, под которой понимают запаздывание в установлении постоянного фототока при действии света постоянной интенсивности.

Ограничитель углового поля зрения может быть выполнен в виде простой шахты, шахты с линзой, сотовой шахты, сотовой шахты с линзовым растром и другими устройствами, ограничивающими угол охвата экспонетра. У большинства экспонетров угловое поле зрения равно 50° — 60° . Для измерения освещенности экспонетр имеет насадку из молочного стекла или пластмассы, обеспечивающую угловое поле зрения в 180° .

Гальванометр — измерительный прибор с линейной или логарифмической шкалой; он служит для замера фототока. Конструктивно гальванометры могут быть разные. Они оцениваются по чувствительности к электрическому току, механической прочности, устойчивости к воздействию температуры воздуха и его влажности и некоторым другим характеристикам.

Счетно-решающие устройства — различные виды калькуляторов, монограммы, механизмы,

линейки, управляющие затвором фотоаппарата, диафрагмой объектива и т. д.

Фотоэлектрические экспонометры могут быть в виде автономных малогабаритных приборов или устройств, встроенных в фотоаппараты. К автономным приборам относится распространенный фотоэкспонометр «Ленинград 4» (рис. 63).

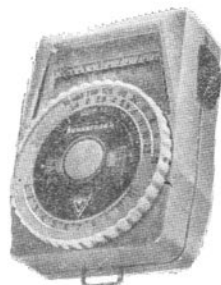


Рис. 63
Фотоэкспонометр «Ленинград 4»

С помощью фотоэлектрических экспонометров определяют экспозицию, измеряя яркость или освещенность объекта.

Измерение общей (средневзвешенной) яркости объекта осуществляют экспонометром, расположенным перед фотоаппаратом и направленным на объект (рис. 64). Этим способом определяют экспозицию для равномерно освещенных объектов, имеющих небольшой интервал яркостей (например, летний пейзаж в средней полосе нашей страны).

Однако при измерении общей яркости нередко бывают ошибки в экспозиции. Экспозиция может быть заниженной, если при замере угловое поле зрения экспонометра больше углового поля зрения объектива или если площадь ярких деталей объекта больше темных деталей (лыжник на снежном поле, группа людей на фоне яркого неба и т. д.). И наоборот, экспозиция может быть завышенной, если в объекте фон был темным, а сюжетно важные детали — мелкие и светлые.

При измерении общей яркости объекта необходимо стремиться к тому, чтобы большие поверхности высокой яркости, например светлое небо, не действовали на светоприемник экспонометра. Поэтому при замере пейзажа с ярким небом экспонометр опускают книзу, направляя его на середину между точкой съемки и линией горизонта. Особенно нужно следить за углом зрения экспонометра, если на переднем плане объекта размещены источники света. Не менее важно совпадение угловых полей зрения у экспонометра и у объектива фотоаппарата. Это требование трудно соблюсти при пользовании сменными объективами, разными по фокусному расстоянию. Ошибки в оценке условий будут тем значительнее, чем больше несовпадение угловых полей зрения.

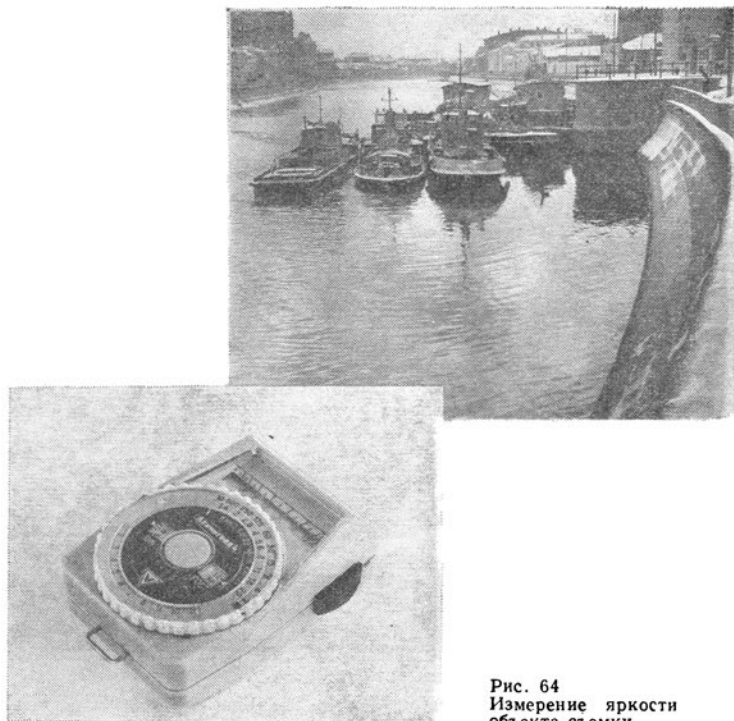


Рис. 64
Измерение яркости
объекта съемки

Измерение освещенности объекта ведут экспонометром, у которого светоприемник перекрыт рассеивающей насадкой. При этом способе экспозицию определяют по максимальной освещенности сюжетно важной детали объекта съемки. Экспонометр устанавливают в непосредственной близости к этой детали, а светоприемную часть прибора направляют в сторону основного источника света (рис. 65). Благодаря применению рассеивающей насадки угловое поле зрения экспонометра оказывается настолько большим, что при замере автоматически учитывается действие не только основного источника света, но и подсветки.

Замер освещенности можно производить около фотоаппарата в том случае, если объект съемки и фотоаппарат освещаются одинаково. Такое освещение имеет место во время съемки объекта, расположенного на открытой площадке, освещенной дневным светом.



Рис. 65
Измерение освещенности объекта съемки

Однако способ замера по освещенности не является универсальным для всех объектов и любых условий освещения. Например, если объект светлый или находится в отдалении, к показанию экспонометра необходимо сделать поправку, убавив $1\frac{1}{2}$ значения диафрагмы объектива. Если же объект темный, экспозицию следует увеличить на $1\frac{1}{2}$ значения диафрагмы объектива.

При съемке очень контрастного объекта экспозицию следует определять по замеру наиболее важной части объекта.

Измерение яркости одной детали объекта производят экспонометром с угловым полем зрения, при котором замеряется только нужная деталь. Для этого экспонометр устанавливают на расстоянии, равном размеру детали.

Расчет экспозиции по результатам измерения сюжетно важной детали обеспечивает для большинства объектов

оптимальное воспроизведение не только этой детали, но и всех прочих.

Если объект фотографируют при очень низкой освещенности или его сюжетно важная деталь мала и трудно измеряема, используют серый эталон, представляющий собой кусок картона, окрашенный серой матовой краской, с коэффициентом отражения 0,2. Серый эталон устанавливают вблизи детали, по которой необходимо определить экспозицию для съемки объекта.

Экспонетром можно измерить интервал яркости объекта, контраст освещения и некоторые другие характеристики. Чем больше интервал яркости объекта, сложнее его освещение, выше контрастность светочувствительного материала или меньше фотографическая широта, тем точнее должна быть определена экспозиция для съемки. Особенно точной экспозиции требует съемка на обрабатываемые фотоматериалы, которые имеют высокую контрастность, малую фотографическую широту и не допускают исправления во время их обработки.

Однако экспонетр не может заменить человека, так как только визуальная оценка позволяет решить, выразительно ли освещен объект, хорошо ли выявлены его формы, эффектен ли свет и т. д. Экспонетр дает лишь количественные характеристики условий съемки.

С в е т о ф и л ь т р — оптическая среда, которая действует на фотоматериал во время съемки. Действие светофильтра основано на поглощении части лучистой энергии веществом, введенным в светофильтр. Он может быть цветным, серым, поляризационным и др.

Светофильтры представляют собой круглую или прямоугольную плоскопараллельную пластинку, сделанную из однородного стекла, без пузырей, царапин и других дефектов, которые могут отрицательно влиять на качество фотографического изображения. Для окрашивания стекла в его массу вводят соли хрома, кобальта, никеля, марганца и т. д. Иногда между двух бесцветных стеклянных пластинок помещают окрашенные желатиновые или пластмассовые пленки. Такой светофильтр под действием света легко выцветает. Светофильтр, изготовленный из стекла, окрашенного в массу, выцветает медленнее и по-разному, в зависимости от природы вещества, введенного в стекло. Любые светофильтры следует оберегать от действия света.

Светофильтр может быть установлен во время съемки перед объективом, сзади него или между линзами. Чаще

светофильтр помещают перед объективом. В этом случае недостатки светофильтра и его толщина не скажутся на резкости изображения. Однако вследствие преломления света стеклом светофильтра объект, сфотографированный в натуральную величину или еще крупнее, может оказаться недостаточно резким, если наводку объектива производить без светофильтра, а съемку — со светофильтром.

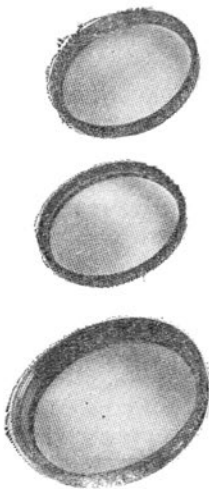


Рис. 66
Цветные светофильтры

Некоторые светофильтры несколько снижают контраст изображения из-за люминесценции, возникающей под действием коротковолнового излучения.

Отечественные светофильтры изготовляют в оправках со стандартной резьбой, обеспечивающей надежное их крепление на оправе объектива (рис. 66).

Любой светофильтр всегда поглощает какую-то часть света. Чтобы при съемке со светофильтром серые детали изображения оказались равными по плотности, в изображении, полученном без светофильтра, необходимо увеличивать экспозицию. Число, показывающее, во сколько раз надо увеличить экспозицию во время съемки со светофильтром, называют *кратностью* (q) светофильтра.

Кратность можно определить многими способами, например при помощи экспонogramмы, содержащей серию изображений нейтрально-серой таблицы, сфотографированной без светофильтра и со светофильтром. Эти изображения делают с несколькими разными экспозициями в строго определенном порядке. Сопоставлением изображений, имеющих одинаковую плотность, устанавливают кратность испытуемого светофильтра. Этот показатель будет правильным лишь для условий съемки, при которых была получена экспонogramма. Если таблицу экспонировать при различном по спектральному составу света или на разных по цветочувствительности фотоматериалах, кратность светофильтра может оказаться разной. Так, кратность светлоредного светофильтра при дневном освещении окажется выше, чем при съемке вечером, так как в вечерние часы доля красных лучей больше, чем синих, задерживаемых этим светофильтром. Еще сильнее изменится кратность светло-

красного светофильтра во время съемки при дневном освещении и при лампах накаливания.

Следовательно, кратность светофильтра — величина непостоянная. Помимо цвета и плотности светофильтра кратность зависит от спектрального состава света, освещающего объект, и светочувствительности фотоматериала, на который производят съемку.

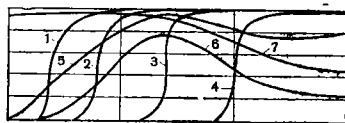
Чтобы определить экспозицию при съемке со светофильтром, нужно уменьшить число светочувствительности фотоматериала на показатель кратности светофильтра. Например, предполагается снимать на пленку «Фото-130» со светофильтром, имеющим кратность 2,8. В этом случае практическую светочувствительность фотопленки определяют так:

$$\frac{S}{q} = \frac{130}{2,8} \approx 45 \text{ ед. ГОСТа.}$$

Следовательно, при определении экспозиции светочувствительность фотоматериала оценивают в 45 ед. ГОСТа вместо 130 ед. ГОСТа, обозначенных на фотоматериале. Причем экспозиция должна быть определена точно, так как чем больше переэкспонирован фотоматериал, тем менее будет заметно действие светофильтра на изображение. На качество изображения влияет и недостаточная экспозиция, поэтому особо важные сюжеты полезно фотографировать с несколькими экспозициями.

Цветной светофильтр, избирательно поглощая лучи света, уменьшает действие этих лучей на светочувствительный слой фотоматериала и таким образом регулирует внутрикадровую экспозицию во время съемки. Цветной светофильтр характеризуется коэффициентом пропускания света для каждой длины волны λ .

На рис. 67 приведены кривые спектрального пропускания некоторых отечественных светофильтров. По этим кривым пропускания можно подобрать светофильтр для каждого конкретного случая съемки. Причем следует помнить, что светофильтр на изображении осветляет детали собственного цвета и притемняет детали дополнительного цвета. Действие светофильтра будет тем сильнее, чем интенсивнее по цвету деталь объекта.



400

700

Рис. 67

Кривые пропускания цветных светофильтров: 1 — Ж-1,4; 2 — Ж-2; 3 — О-2,8; 4 — К-5,6; 5 — ЖЗ-1,4; 6 — ЖЗ-2; 7 — Г-1,4

Съемка с цветными светофильтрами позволяет в черно-белом изображении приблизить тоновоспроизведение объекта к восприятию его глазом наблюдателя; исказить тонопередачу по творческим или техническим соображениям; устранить или усилить влияние дымки при съемке объекта; сделать детали какого-либо цвета в объекте съемки воспроизводимыми; выявить невидимые глазом детали в объекте и т. д.

При цветном изображении светофильтры позволяют привести освещение объекта съемки по цветовой температуре, на которую балансирован цветной фотоматериал, изменить соотношение цветов в объекте и т. д.

Пользуясь светофильтром, необходимо учитывать, что контраст изображения в некоторой степени зависит от кривой пропускания светофильтра.

При съемке на изопанхроматический черно-белый фотоматериал применяются следующие светофильтры:

ж е л т ы е, пропускающие зеленые, желтые, оранжевые и красные лучи, частично или полностью задерживающие фиолетовые, синие и голубые. Степень поглощения этих лучей зависит от плотности светофильтра. Желтые светофильтры при съемке пейзажа ослабляют лучи от синего неба и улучшают воспроизведение облаков. При фотографировании зимнего пейзажа, освещенного солнцем, можно получить отличный снимок с проработанными тенями на снегу. Воздушная дымка небольшой плотности легко устраняется желтыми светофильтрами. Они смягчают контраст, если тени на лице освещены желтоватым светом, отраженным от стен дома, асфальта, земли и других поверхностей, защищенных от света неба навесом, широкополой шляпой и т. д. Наоборот, контраст в изображении усиливается с применением желтых светофильтров летом в полдень. Этими светофильтрами почти не пользуются при съемке в лесу, так как они, не оказывая влияния на воспроизведение зеленой растительности, существенно изменяют передачу неба. Лишь при съемке людей в лесу желтые светофильтры несколько снижают контраст освещения лица и улучшают воспроизведение фактуры кожи. Желтые светофильтры, особенно плотные, при высокогорных съемках дают изображение с черным небом;

ж е л т о - з е л е н ы е с в е т о ф и л ь т р ы имеют кривую спектрального пропускания, близкую к кривой спектральной чувствительности глаза, что делает эти светофильтры наиболее часто применяемыми. Они особенно

пригодны для съемки пейзажей с богатой зеленой растительностью, которую воспроизводят в светлых, хорошо различных тонах. При портретной съемке эти светофильтры подчеркивают загар кожи, оттеняют губы, но несколько усиливают голубые глаза. Желто-зеленые светофильтры необходимы во время съемки на фотопленках, имеющих повышенную чувствительность к красной зоне спектра, и если нужно повысить проработку деталей зеленого цвета. Следует лишь учитывать, что кратность светофильтров увеличивается при освещении объекта лампами накаливания;

о р а н ж е в ы е с в е т о ф и л ь т р ы пропускают желтые, зеленые, оранжевые и красные лучи, поэтому детали, имеющие эти цвета, будут на изображении светлыми. Такими светофильтрами пользуются во время съемки зимнего пейзажа в солнечную погоду, чтобы получить мягкие тени на снегу. В середине дня зимой оранжевые светофильтры повышают контраст в изображении. В пасмурную погоду эти светофильтры применяют в очень редких случаях, например когда небо совершенно белое и зелень темная. Оранжевые светофильтры устраняют воздушную дымку при съемке удаленных объектов. Однако отсутствие воздушной дымки может сделать изображение сухим, с излишней резкостью деталей. Эти светофильтры подчеркивают облачность, часто воспроизводят небо грозным, если оно было синим. При портретной съемке оранжевые светофильтры скрадывают веснушки и пятна на коже, но лицо будет казаться бледным. С помощью этих светофильтров можно получить четкие изображения чертежей, сделанных на синьке;

к р а с н ы е с в е т о ф и л ь т р ы прозрачны лишь для красных лучей, так как почти полностью поглощают остальные видимые лучи, вследствие чего детали, имеющие эти цвета, на изображении получаются излишне темными, а красные — чрезмерно светлыми, что часто приводит к значительному тоноискажению объекта. Например, при съемке пейзажа на изображении небо может оказаться черным с резко выделяющимися белыми облаками. Поэтому, если хотят получить изображение пейзажа «под ночь», съемку ведут через плотный красный светофильтр. Эти светофильтры во время съемки удаленных объектов полностью устраняют воздушную дымку, в результате чего на изображении появляются детали пейзажа, обычно неразличимые глазом. Съемка с красным светофильтром

человека с веснушками и пятнами на коже позволяет получить портрет, на котором эти дефекты не будут видны. Вместе с тем на снимке будут плохо различимы губы. Красными светофильтрами широко пользуются при цветоделительных процессах, при репродуцировании документов и т. д.;

голубые светофильтры понижают действие желтых, оранжевых и красных лучей на фотоматериал. Эти лучи тем больше поглощаются, чем длиннее их волны. Голубые светофильтры усиливают впечатление дымки в пейзаже и позволяют получить изображение с пониженным контрастом. Например, утром и вечером голубые светофильтры, поглощающие длинноволновую часть спектра, уменьшают яркость солнца, что эквивалентно увеличению яркости наземных деталей, в результате изображение оказывается менее контрастным. Чтобы в портрете не получились слишком светлая кожа и бледные губы, при съемке на пленку с повышенной чувствительностью к красной зоне спектра используют голубой светофильтр. Если чертеж выполнен черной тушью на голубой миллиметровой бумаге, то, фотографируя через голубой светофильтр, получится изображение, на котором будет черный рисунок на белом фоне.

В целях приближения освещения объекта съемки по спектральному составу к балансу светочувствительных слоев цветного обрабатываемого фотоматериала применяют специальные светофильтры (табл. 12). По кривым спектрального пропускания они существенно отличаются от светофильтров, которые применяют при черно-белой съемке. Ими можно пользоваться и при цветной съемке. Обычно из комплекта берут лишь два светофильтра: о р а н ж е в ы й, если съемку ведут при дневном освещении, используя фотоматериал, балансированный под свет ламп накаливания (тип Л), и п л о т н о - г о л у б о й, если снимают при лампах накаливания на фотоматериал, балансированный под дневной свет (тип Д).

Цветные светофильтры, рассчитанные на черно-белые и цветные фотоматериалы, по творческим или техническим соображениям иногда применяют иначе, чем это рекомендовано для обычных случаев съемки;

у л ь т р а ф и о л е т о в ы й с в е т о ф и л ь т р не прозрачен для ультрафиолетовых лучей и одинаково прозрачен для всего видимого спектра.

Цвет свето- фильтра, уст- раняющего отклонение от баланса в цветном изображении	Тип фото- мате- риа- ла	Цель применения светофильтра	Цветовая температура при освещении объекта (прибли- зительно), °К
Светло-го- лубой	Д	Устранить слабо-красный отте- нок, возникающий при утрен- нем и вечернем солнечном ос- вещении	5000—5200
Голубой	Д	Устранить бронзовый оттенок на лице, появляющийся при красноватом вечернем осве- щении	4100—4300
Голубой	Л	Получить эффект освещения перекальными лампами при съемке с обычными лампами накаливания	2800—3200
Плотно-го- лубой	Д	Подогнать состав света ламп накаливания к дневному осве- щению	2800—3200
Светло-жел- тый	Л	Получить эффект освещения обычными лампами при съемке с перекальными лампами	3100—3400
Светло-жел- тый	Д	Устранить легкий синеватый оттенок, возникающий при съем- ке неба, затянутого тучами	6700—6900
Желтый	Д	Устранить синюю окраску, по- являющуюся при освещении летним солнцем на облачном небе. Ослабить синий оттенок при съемке с импульсной лам- пой	6500—6600
Плотно-жел- тый	Д	Подогнать к нормальному осве- щению свет, образуемый об- лачным небом. Устранить ок- раску деталей в тени и внутри помещения, когда нет искусст- венного освещения	8300—8400
Оранжевый	Л	Подогнать дневной свет к свету ламп накаливания	5400—6000
Розовый	Д	Ослабить сине-зеленый оттенок при съемке в очень пасмурную погоду под деревьями	16 500—16 700

При съемке снежных пейзажей, в горах, на море и т. д. ультрафиолетовые лучи, действуя на фотоматериал, снижают резкость изображения, а на цветном фотоматериале — придают изображению синий тон. Степень действия ультрафиолетовых лучей зависит от высоты над уровнем моря, чистоты воздуха и других причин. Обычно чем выше в горах, тем активнее ультрафиолетовое излучение, поэтому тем обязательнее применение ультрафиолетового светофильтра, особенно во время съемки на высоте больше 2000 м.

Фотографируя с ультрафиолетовым светофильтром горный пейзаж на черно-белый фотоматериал, изображение получают со светло-серым небом вместо совершенно белого при съемке без светофильтра и черного — при съемке с цветным светофильтром.

Ультрафиолетовый светофильтр во время съемки на цветной фотоматериал предохраняет изображение от окраски в синий тон.

Экспозицию со светофильтром следует увеличивать лишь при съемке на большой высоте, например выше 2000 м, когда экспозиция должна быть вдвое больше рассчитанной по экспонометру;

с е р ы й с в е т о ф и л ь т р, называемый также н е й т р а л ь н ы м, или н е й т р а л ь н о - с е р ы м, предназначен для ослабления в равной степени всех видимых лучей света. Такой светофильтр применяют, если из-за чрезмерной освещенности объекта нельзя получить нормально экспонированное изображение; при наименьшей диафрагме объектива и при наивысшей скорости затвора, или если необходимо уменьшить экспозицию при выбранных диафрагме объектива и выдержке затвора.

Визуально кажущийся серым, светофильтр неодинаково действует на различные лучи видимого спектра и некоторую часть ультрафиолетового, вследствие чего сфотографированный с серым светофильтром объект на цветном фотоматериале может оказаться воспроизведенным со значительным искажением.

По плотности серый светофильтр бывает разным. Наиболее часто применяются серые светофильтры, требующие 4-кратного увеличения экспозиции;

п о л я р и з а ц и о н н ы й с в е т о ф и л ь т р состоит из тонкой пленки, содержащей специальное вещество, обладающее способностью гасить поляризованный свет. Эту пленку заклеивают между двумя плоскопараллельными

стеклами. Светофильтр выпускается в оправе, на лицевой стороне которой есть две красные точки, указывающие направление плоскости поляризации. Эта оправка вращается в другой, неподвижной оправе, надеваемой на объектив фотоаппарата (рис. 68).

Поляризационным светофильтром устраняют или ослабляют отражения и рефлексy от стекла, эмали, пластмассы, асфальта, жидкостей и других неметаллических поверхностей. Например, при съемке можно совсем убрать или ослабить блик от стекол очков, мешающих видеть глаза; отражение неба в оконных стеклах зданий или на воде; рефлексy, затрудняющие рассматривание застекленных картин или вещей в витринах, и т. д.; при фотографировании пейзажа — затемнить небо, сделать более четкими белые облака, повысить насыщенность цвета неба на цветном фотоматериале, изменить яркость отдельных деталей в объекте.

Степень гашения поляризованного света зависит от положения светофильтра по отношению к отражающей поверхности. Угол поворота светофильтра для каждого объекта необходимо подбирать довольно точно. Наиболее легко установить светофильтр в зеркальном фотоаппарате. В этом случае, наблюдая через зеркало на матовом стекле за объектом съемки, надетый на объектив поляризационный светофильтр поворачивают до тех пор, пока не достигнут нужного эффекта в изображении.

При съемке фотоаппаратом, в котором нельзя видеть изображение на матовом стекле, светофильтр сначала устанавливают перед видоискателем, затем медленно его поворачивают и находят положение, которое необходимо для данной съемки, после чего светофильтр переносят на объектив, соблюдая тот же угол поворота.

Поляризационный светофильтр при съемке пейзажа не изменяет цветопередачу деталей, расположенных на переднем плане объекта; не влияет на яркость этих деталей при затемнении неба и позволяет получить любое затемнение неба. Максимальное затемнение будет тогда, когда солнце находится под прямым углом к оптической оси объектива; наименьшее затемнение — при съемке против солнца, по направлению солнечных лучей и когда небо покрыто облаками. На силу затемнения неба оказывает влияние атмо-

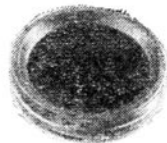


Рис. 68
Поляризационный
светофильтр

сфера и положение солнца во время съемки, так как при съемке на фотоматериал действует и неполяризованный, рассеянный небом свет, которого может быть около 15% даже при максимальном затемнении светофильтром.

Несмотря на большие возможности, создаваемые поляризационным светофильтром, применять его следует весьма осмотрительно, потому что для многих объектов изображение без бликов будет обедненным, пригодным лишь для снимков технического характера. Неумелое пользование светофильтром может быть причиной значительного искажения объекта. Например, при фотографировании в горах небо часто оказывается на снимке почти черным; изображение на цветном фотоматериале — с коричневым оттенком и т. д.

Бесполезно применять светофильтр при съемке в пасмурную погоду, при фотографировании ночных сюжетов, водной поверхности, освещаемой низким солнцем, и в других случаях, когда свет мало поляризован или совсем не поляризован.

Поляризационные светофильтры имеют светопропускание от 32 до 40%, степень поляризации света — не менее 98%, кратность — от 2,8 до 4;

инфракрасный светофильтр пропускает только невидимые глазом инфракрасные лучи.

Применение инфракрасного светофильтра возможно лишь при съемке на фотоматериале, очувствленном к инфракрасным лучам. Посредством этих светофильтров производят съемку удаленных пейзажей, получают изображения с эффектом ночного освещения при съемке днем и т. д.

При съемке с инфракрасным светофильтром наводка объектива на резкость отличается от обычной, так как инфракрасное изображение оказывается за плоскостью видимого изображения и потому может быть нерезким. Величина смещения изображений будет тем больше, чем длиннее фокусное расстояние объектива или чем ближе фотоаппарат к объекту съемки. Это смещение обычно не учитывают, если съемку удаленных объектов ведут объективами, установленными на бесконечность и имеющими фокусное расстояние меньше 75 мм. В этом случае диафрагмирование объектива до 1:8—1:11 обеспечивает необходимую резкость изображения.

Кратность инфракрасного светофильтра зависит от его плотности, степени сенсibilизации к инфракрасному излу-

чению фотоматериала, атмосферных условий и многих других причин. Во время фотографирования при естественном освещении, в зависимости от применяемого светофильтра, фотоматериала и условий съемки, может потребоваться экспозиция, увеличенная в 10, 100, 1000 и больше раз по сравнению с экспозицией на изопанхроматический фотоматериал без светофильтра. Поэтому кратность инфракрасного светофильтра и экспозицию определяют путем пробных съемок.

СКРЫТОЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

В процессе съемки или печатания изображение объекта проецируется на фотоматериал, в светочувствительном слое которого образуется **с к р ы т о е** фотографическое изображение.

Природа скрытого фотографического изображения сложна и до конца не выяснена. Установлено, что это изображение состоит из весьма малых частичек металлического серебра, имеющих всего несколько атомов, вкрапленных в микрокристаллы галогенида серебра и как бы пунктиром рисующих объект съемки в светочувствительном слое фотоматериала.

По весьма упрощенной схеме скрытое фотографическое изображение создается в три этапа:

в п е р в о м — при начальном экспонировании светочувствительного слоя в микрокристаллах галогенида серебра образуются **ц е н т р ы** скрытого фотографического изображения. Эти центры очень малы и нестабильны. Сохранение возникших центров возможно лишь при их дальнейшем росте;

в о в т о р о м — при продолжающемся действии света во время экспонирования происходит рост центров, и они приобретают должную стабильность, но центры эти еще недостаточно велики. Частицы, образовавшиеся во время второго этапа, принято называть **с у б ц е н т р а м и**;

в т р е т ь е м — происходит завершение экспонирования светочувствительного слоя с доращиванием субцентров до размера частиц, способных проявляться.

Разумеется, границы между тремя этапами образования скрытого фотографического изображения весьма условны и зависят от многих факторов.

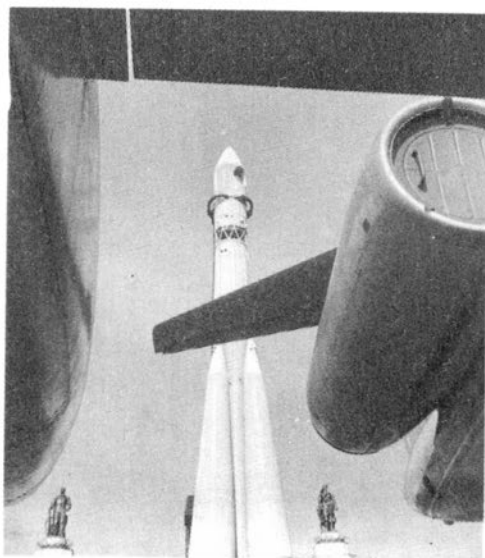
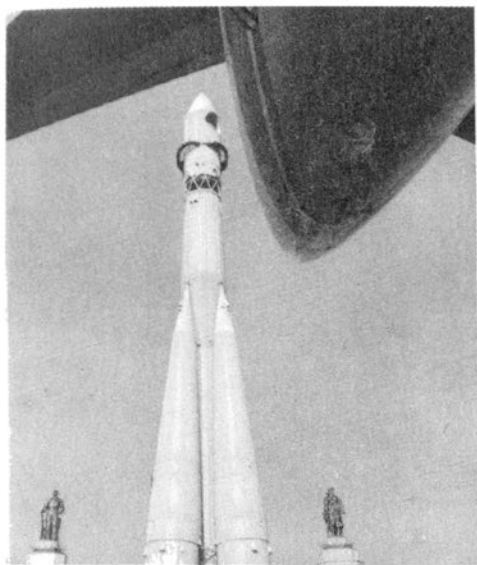


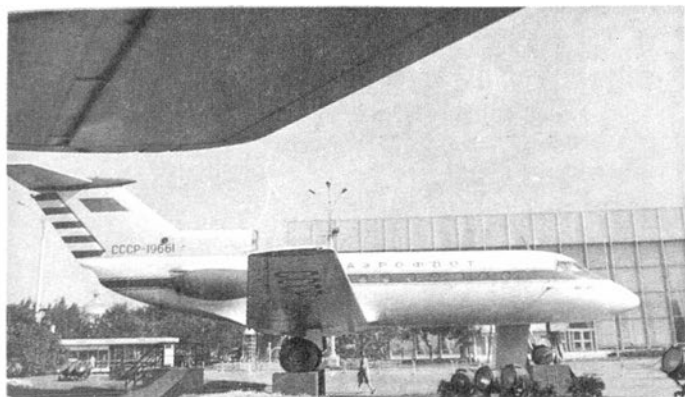
Фото 2
Объект с различных точек съемки





а

Фото 3
Центральная (а) и боковая (б)
точки съемки



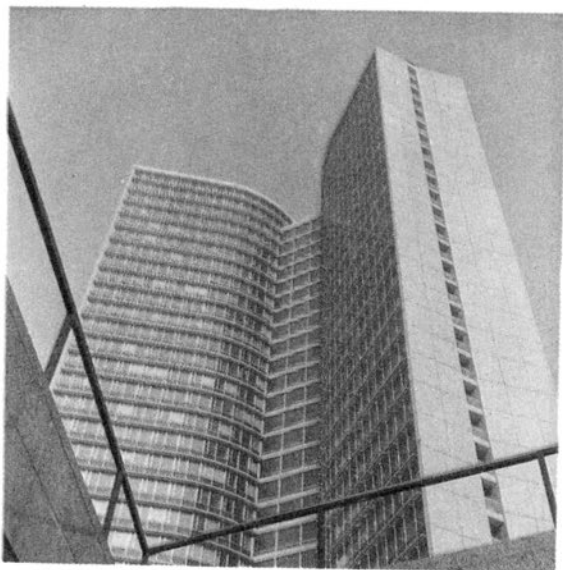


Фото 4
Объект с разных по высоте точек
съемки



Фото 5
Объект с малой протяженностью
перспективы



Фото 6
Объект с большой протяженностью
перспективы



Фото 7
Объект, сфотографированный
объективами разного фокусного
расстояния *а* — 50 мм, *б* 85 мм,
в — 135 мм

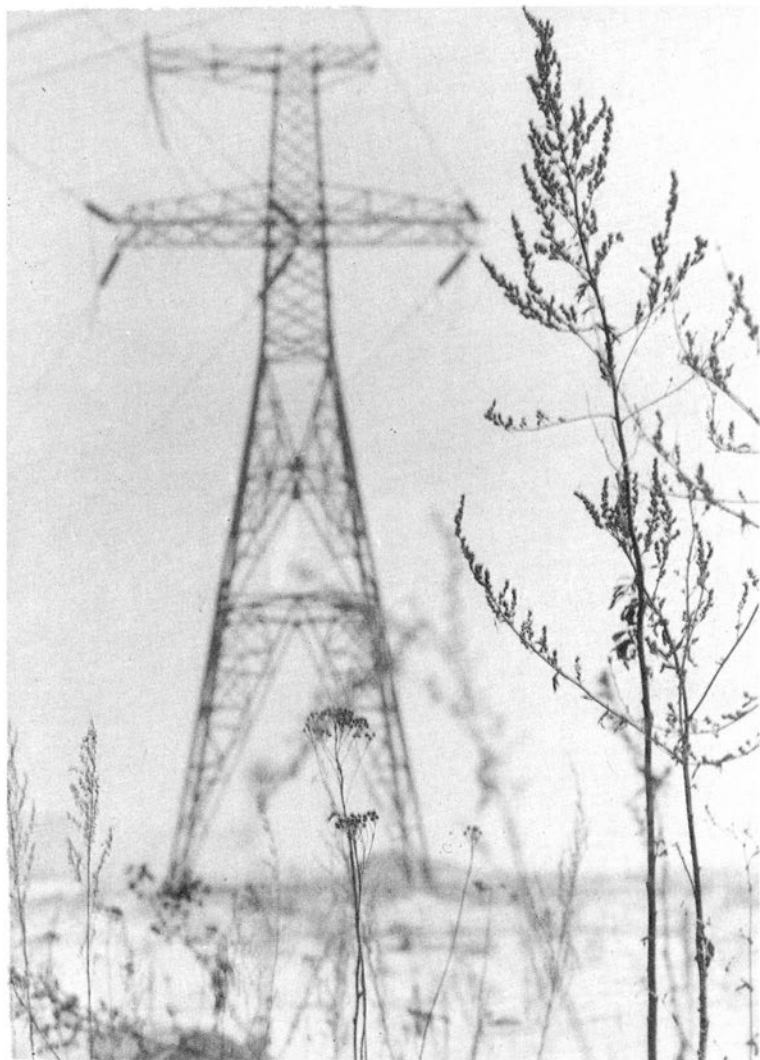


Фото 8
Объект с тоновой перспективой

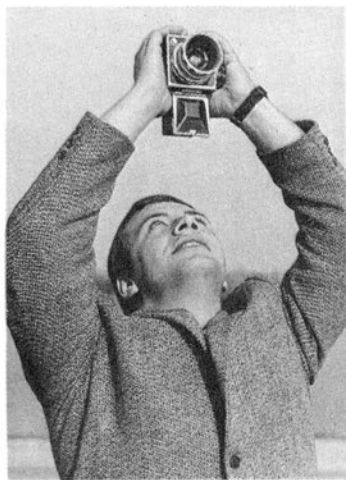


Фото 9
Приемы съемки с разных уровней