

М. Я. ШУЛЬМАН

ФОТО- аппараты

.....

ВИЛИЯ-АВТО

ЛОМО-135 ВС

орион - orion ☿

^{ФЭД}
Дикрон-2

СОКОЛ-2

Электра

112

ЗЕНИТ - ЕМ

ЗЕНИТ-19

КИЕВ-6С

КИЕВ-17

КИЕВ-88

ЛЮБИТЕЛЬ-166

М. Я. ШУЛЬМАН

ФОТО- аппараты



ЛЕНИНГРАД «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1985

ББК 37.940 2-5

Ш95

УДК 771 31

Рецензент канд. техн. наук К. Р. Гольдин

Шульман М. Я.

Ш95 Фотоаппараты.— Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.— 142 с., ил. 50 к.

В книге дано описание основных типов фотоаппаратов массового выпуска — отечественных и зарубежных, их узлов и механизмов. Особое внимание уделено принципиально новым устройствам современных фотоаппаратов, а именно электрическим и электронным системам автоматизации съемочного процесса и перспективам их развития. Характеристики выпускаемых отечественных фотоаппаратов представлены в виде справочных таблиц.

Книга предназначена для специалистов, занятых разработкой конструкций, выпуском и продажей фотоаппаратуры. Может быть полезна широкому кругу фотографов-любителей и фотожурналистов.

Ш 2706000000-899 189-84
038(01)-85

ББК 37.940.2-5
6П9.7

Михаил Яковлевич ШУЛЬМАН

ФОТОАППАРАТЫ

Редактор *Т. Г. Филатова*
Художественный редактор *С. С. Венедиктов*
Технический редактор *Т. Н. Витошинская*
Корректор *А. И. Лавриненко*
Обложка художника *В. А. Тюлюкина*

ИБ № 3903

Сдано в набор 27.04.83. Подписано в печать 06.12.84. М-34931. Формат 84×108/32. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,56. Усл. кр.-отт. 7,77. Уч.-изд. л. 8,85. Дополнительный тираж 80 000 экз. Заказ № 424. Цена 50 коп.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени издательства «Машиностроение» 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10.

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.



© Издательство «Машиностроение», 1984 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В ближайшие годы фотографы-любители и профессионалы — смогут отметить несколько примечательных юбилейных дат.

В 1989 г. исполняется 150 лет со времени изобретения фотографии, создания первых способов «светописи» французами Ньепсом и Дагером, англичанином Тальботом.

К 1988 г. пройдет 100 лет с начала массового выпуска фотоаппаратов американской фирмой «Кодак», основатель которой Истмен для расширения круга фотолюбителей обратился к ним с рекламным лозунгом: «Вы только нажимаете на спусковую кнопку, остальное делаем мы».

50 лет тому назад начали широко распространяться удобные и компактные малоформатные фотоаппараты (с кадром 24×36 мм на 35-мм киноплёнке) — вспомним, например, отечественную модель ФЭД, выпускавшуюся с 1934 г.

К этим памятным датам можно добавить еще одну — 25-летие широкого внедрения автоматизации съёмочного процесса в фотоаппаратах массового выпуска. Быстрое развитие в этом направлении, использование электрических и электронных устройств совершенно изменили «лицо» фотоаппарата за последнюю четверть века.

Современным автоматизированным фотоаппаратам и перспективам их дальнейшего совершенствования посвящены гл. 2—6 этой книги. Она рассчитана на читателей, уже имеющих некоторый опыт и знания в области фотографии, — на специалистов, занятых разработкой конструкций, выпуском и продажей фотоаппаратуры, на фотографов-любителей и фотожурналистов. Вместе с тем книга может представить интерес и для малоопытных фотолюбителей; им мы советуем начинать чтение с гл. 1, в которой рассмотрены основные понятия и описаны более простые неавтоматизированные фотоаппараты.

Технические характеристики ряда отечественных моделей современных фотоаппаратов приведены в приложении.

Автор будет благодарен читателям за их пожелания и критические замечания, которые можно посылать по адресу: 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10, Ленинградское отделение издательства «Машиностроение». Распространением книг издательство не занимается.

ПЕРВЫЕ МОДЕЛИ ФОТОАППАРАТОВ «СМЕНА», «ЗОРКИЙ», «ЗЕНИТ»

1.1. НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ ФОТОАППАРАТА

Фотоаппарат (рис. 1) представляет собою непрозрачную камеру, в которой находится светочувствительный фотографический материал (фотоматериал) — чаще всего в виде фотопленки. Свет от предметов, расположенных перед фотоаппаратом, попадает через

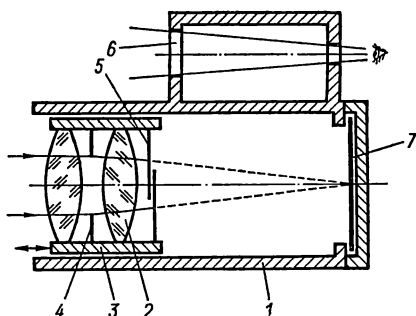


Рис. 1 Основные узлы фотоаппарата:
1 — камера; 2 — объектив; 3 — фокусирующая оправа объектива; 4 — диафрагма объектива; 5 — затвор (примерное расположение); 6 — видоискатель; 7 — фотоматериал

оптический узел — *объектив* — внутрь камеры и создает изображение на участке фотоматериала. Фотоматериалы обладают свойством «накапливать» действие света. Это значит, что, чем темнее фотографируемый предмет, тем больше время, в течение которого надо пропускать к фотоматериалу свет от предмета, чтобы получить удовлетворительное изображение, т. е. некоторую требуемую степень почернения фотоматериала.

Плотность почернения фотоматериала определяется главным образом *экспозицией*, т. е. произведением значений двух величин: освещенности изображения и времени действия света.

Обе указанные величины приходится подбирать при фотосъемке, изменяя их в широких пределах, поскольку яркость фотографируемых предметов может быть самой различной, а значение правильной экспозиции для фотоматериала некоторой данной светочувствительности должно быть всегда одним и тем же.

Освещенность изображения изменяют с помощью диафрагмирования объектива, т. е. уменьшения его светового диаметра D (рис. 2, а). В фотообъективах обычно используют так называемую ирисовую диафрагму, состоящую из нескольких лепестков-заслонок, которые при повороте установочного кольца начинают плавно закрывать световое отверстие от его краев по направлению к центру, сохраняя

приблизительно круглую форму отверстия. При уменьшении D уменьшается и относительное отверстие D/f' объектива¹ и освещенность изображения, потому что при той же яркости объекта она зависит от так называемой светосилы объектива, которая в основном определяется величиной $(D/f')^2$, т. е. квадратом относительного отверстия.

Следует заметить, что установка экспозиции (путем диафрагмирования) не является единственной функцией объектива. Объектив должен создавать высококачественное изображение на освещаемом участке фотоматериала, т. е. достаточно резкое изображение даже мелких деталей предмета.

Вторую из названных выше величин — время действия света — изменяют с помощью *фото затвора* с подвижными заслонками, которые открывают свету доступ к фотомате-

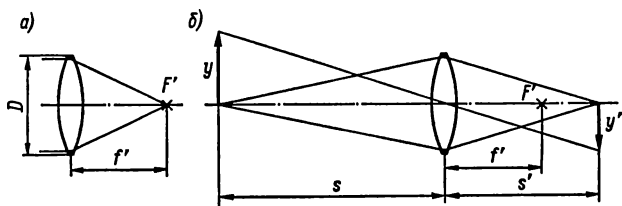


Рис. 2. Характеристики объекта и его изображения: s, s' — расстояние от объектива до объекта и до изображения соответственно; y, y' — размеры объекта и изображения соответственно

риалу лишь на определенное, точно отмеренное время. Это время, которое называют выдержкой затвора (или временем экспозиции), можно изменять по соответствующей шкале на фотоаппарате в диапазоне примерно от $1/1000$ до 1 с, более длительные выдержки получают «от руки», удерживая спусковую кнопку фотоаппарата нажатой в течение нужного времени.

Кроме камеры с объективом и затвором необходимым узлом фотоаппарата является видоискатель, позволяющий определить, какие именно предметы попадают в кадр. Нередко с видоискателем объединяют дальномер, показывающий, насколько надо сдвинуть объектив вдоль его оптической оси, чтобы получить в плоскости фотоматериала наиболее резкое изображение фотографируемого предмета, т. е. выполнить фокусировку на объект съемки. Во время фокусировки надо

¹ Здесь f' — фокусное расстояние объектива, т. е. то расстояние от объектива, на котором он фокусирует (сводит в точку фокуса F') падающий на него параллельный световой пучок (рис. 2, a). Более точное определение этого понятия будет дано в п. 1.3.

несколько отодвигать объектив от плоскости фотоматериала, причем тем больше, чем ближе к фотоаппарату находится фотографируемый предмет (рис. 2, б).

При любом неизменном расстоянии до объекта его изображение на фотоматериале получается тем крупнее, чем больше фокусное расстояние объектива. Таким образом, если фотоаппарат снабжен сменными объективами с различными фокусными расстояниями, то при съемке появляются дополнительные возможности выбора масштаба изображения, а также компоновки кадра и передачи перспективы на снимке.

Напомним, таким образом, о назначении основных узлов фотоаппарата, рассмотрим, как выполнены объектив, затвор, видоискатель, дальномер в сравнительно простых конструкциях фотоаппаратов.

1.2. ФОТОАППАРАТ «СМЕНА»

Фотоаппарат «Смена»¹ — сравнительно несложная по конструкции модель так называемого *шкального* типа (рис. 3). У шкальных фотоаппаратов фокусировка выполняется по шкале расстояний и никаких специальных дальномеров, встроенных в фотоаппарат, нет. Перед съемкой каждого кадра фотографу следует приблизительно оценить расстояние (например, в метрах) до предмета, который нужно изобразить наиболее резко, и установить это расстояние на шкале объектива. При этом объектив, поворачиваясь по резьбе фокусировочной оправы, одновременно сдвигается вдоль своей оптической оси.

Объектив фотоаппарата «Смена» с фокусным расстоянием 40 мм имеет схему *триплета*, т. е. состоит из трех одиночных линз (крайние линзы — положительные, а средняя — отрицательная). Эта довольно простая конструкция позволяет хорошо исправить дефекты оптического изображения — аберрации — при относительном отверстии объектива 1 : 4,5 (и даже 1 : 4, как у некоторых моделей «Смены» более позднего выпуска).

Еще более простые конструкции объективов очень редко используются в фотоаппаратах (лишь в самых дешевых) как раз из-за больших аберраций таких объективов. Конечно, и одиночная положительная линза (например, двояковыпуклая или в форме выпукло-вогнутого мениска, как на рис. 4, а), в течение нескольких столетий использовавшаяся в камере-обскуре, может служить фотообъективом, но построенное ею изображение будет недостаточно совершенным из-за того,

¹ Фотоаппарат «Смена» выпускался с начала 50-х гг. Государственным оптико-механическим заводом (ГОМЗ) в Ленинграде (ныне ЛОМО — Ленинградское оптико-механическое объединение)

что преломляющая сила линзы не совсем одинакова для световых лучей, проходящих через ее центральную часть и края (сферическая абберрация), и для лучей различных цветов, т. е. с различной длиной волны (хроматическая абберрация). Поэтому объектив-мениск используют при относительных отверстиях не более 1 : 11 и лишь для съемки на черно-белую фотопленку в ограниченном интервале длин световых волн (например, с желтым светофильтром). Изображение по полю кадра получается еще худшим, чем в его центральной точке, хотя абберрации можно несколько уменьшить с помощью симметричной относительно диафрагмы двухлинзовой схемы объектива из двух менисков (рис. 4, б). Более эффективного

исправления аббераций в центре поля можно добиться в двухлинзовом объективе, если вторую линзу сделать отрицатель-

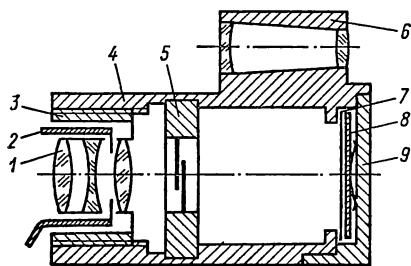


Рис. 3. Схема фотоаппарата «Смена»: 1 — объектив-триплет; 2 — шкала ирисовой диафрагмы; 3 — фокусирующая оправа, 4 — корпус; 5 — центральный затвор; 6 — телескопический видоискатель; 7 — фотопленка; 8 — планка, прижимающая фотопленку; 9 — задняя крышка

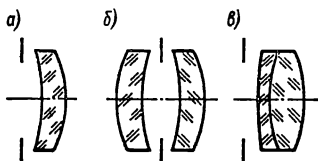


Рис. 4. Схемы простейших объективов: а — монокуляр (мениск); б — перископ; в — ахромат

ной (для исправления сферической абберрации), а изготовить линзы из оптического стекла двух различных, специально подобранных марок (для исправления хроматической абберрации). Такие объективы-ахроматы (рис. 4, в), известные более 200 лет, могут иметь относительное отверстие до 1 : 8.

Однако лишь триплет, изобретенный на рубеже XIX—XX столетий, позволил хорошо исправить изображение как в центре, так и по всему полю, в частности устранить астигматизм — одну из аббераций наклонных (к оси) пучков лучей, создающих изображение на удаленных от центра участках кадра. Поэтому триплет является простейшим объективом-анастигматом.

Затвор фотоаппарата «Смена» — центральный, обеспечивающий выдержки от 1/10 до 1/200 с, а также длительную выдержку «В» (выдержку от руки). Центральный затвор, расположенный рядом с объективом (непосредственно позади него, как у аппарата «Смена», а чаще — между линзами

объектива), называется так потому, что он открывает световое отверстие от центра (оптической оси) к краям, а затем закрывает от краев к центру (рис. 5, а). (Закрытая часть отверстия затвора заштрихована.) Открывают и закрывают отверстие три легких заслонки-лепестка, совершающие при спуске затвора возвратно-поворотное движение (рис. 5, б). Лепестки имеют поводки, входящие в пазы приводного кольца затвора, а оно, в свою очередь, движется от заводного рычага, который поворачивается при спуске лишь в одном направле-

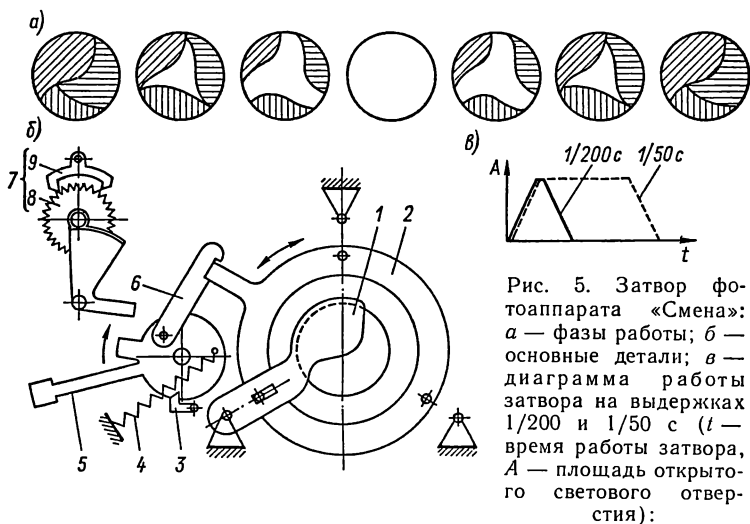


Рис. 5. Затвор фотоаппарата «Смена»: а — фазы работы; б — основные детали; в — диаграмма работы затвора на выдержках 1/200 и 1/50 с (t — время работы затвора, A — площадь открытого светового отверстия):

1 — лепестки; 2 — приводное кольцо лепестков; 3 — спусковой рычаг; 4 — рабочая пружина; 5 — заводной рычаг; 6 — шатун; 7 — анкерный регулятор; 8 — анкерное колесо; 9 — анкерная вилка

нии под действием пружины. Пружину надо натягивать перед съемкой каждого кадра поворотом заводного рычага (взвод затвора). При нажатии на спусковой рычаг освобождается заводной рычаг и с помощью шатуна заставляет приводное кольцо лепестков затвора повернуться сначала в одном направлении (на рис. 5, б — по часовой стрелке) — фаза открывания затвора, а затем в противоположном, закрывая световое отверстие. Усилие заводной пружины и масса движущихся деталей рассчитаны так, что затвор обеспечивает наименьшую выдержку 1/200 или 1/250 с. Более длинные моментальные выдержки (у фотоаппарата «Смена» — 1/10, 1/25, 1/50 и 1/100 с, на рис. 5, в приведена диаграмма работы затвора на выдержках 1/200, 1/50 с) получаются благодаря замедлению поворота заводного рычага после

завершения фазы открывания затвора с помощью специального тормозного механизма, называемого *анкерным регулятором*. Чем длиннее установленная выдержка, тем больше угол, на который заводной рычаг поворачивает зубчатый сектор анкерного регулятора и, следовательно, анкерное колесо. Колесо поворачивается частыми мелкими рывками, так как его зубья нажимают поочередно на правый и левый выступы колеблющейся анкерной вилки, что обеспечивает замедление всего привода затвора.

Такие анкерные замедлители сходны с регуляторами, широко используемыми в часовых механизмах. В фотозатворах они появились в 20-х гг., первоначально в американских и в германской модели «Компур» фирмы «Декель». А до того применялись другие способы регулировки выдержки, например при установке значения выдержки изменялась степень натяжения заводной пружины или привод тормозился кожаной прижимной прокладкой или, как в затворах «Компаунд» той же фирмы «Декель», специальным пневматическим регулятором (заводной рычаг при спуске двигает поршень внутри цилиндра, «выжимая» из цилиндра воздух, объем которого зависит от установленного значения выдержки).

Видоискатель фотоаппарата «Смена» — телескопический (рис. 3). Две его линзы — положительная и отрицательная — составляют телескопическую систему зрительной трубы Галилея, как в театральном бинокле. Объективом служит отрицательная линза, окуляром — положительная, поэтому увеличение видоискателя меньше единицы (схема перевернутого бинокля). Такой видоискатель позволяет определять границы кадра, но не очень точно: край видимого поля зрения постепенно затемняется, и его можно определить лишь приблизительно.

Все же такой видоискатель более совершенен, чем рамочный (см. рис. 1). Главный недостаток рамочного видоискателя состоит в том, что невозможно одновременно (т. е. без «перефокусировки» глаза) видеть резко и рамку и фотографируемый объект.

Фотоаппарат «Смена» имеет формат кадра 24×36 мм и рассчитан на использование перфорированной кинопленки шириной 35 мм. Система зарядки двухкассетная: фотопленка транспортируется из подающей кассеты в принимающую при вращении заводной головки на верхней крышке фотоаппарата. Стандартные кассеты рассчитаны примерно на 1,6 м пленки, что позволяет получить 36 кадров. При протяжке пленки перед съемкой каждого кадра мерное колесо, зубья которого входят в перфорации пленки, поворачивается на один оборот и останавливает транспортирующий механизм. С этим же колесом связан диск счетчика отснятых кадров.

1.3. ФОТОАППАРАТЫ «ЗОРКИЙ» И «КИЕВ»

Фотоаппарат «Зоркий» — типичная модель несложного дальномерного аппарата с форматом кадра 24×36 мм¹.

В дальномерном фотоаппарате расстояние до объекта съемки определяется не на глаз (как в шкальных аппаратах), а с помощью специального оптико-механического устройства — дальномера.

Дальномер позволяет наблюдать фокусируемую деталь объекта одновременно через два окна в верхней части фотоаппарата и определять угол между лучами, идущими от точки объекта к краям базы B дальномера, т. е. к центрам этих окон (рис. 6). Позади каждого окна расположено по плоскому зеркалу, причем зеркало перед глазом фотографа неподвижное и сделано полупрозрачным, а зеркало в другой, измерительной ветви дальномера может поворачиваться вокруг точки O на небольшой угол. Если объект съемки «бесконечно» удален, то глаз увидит два его

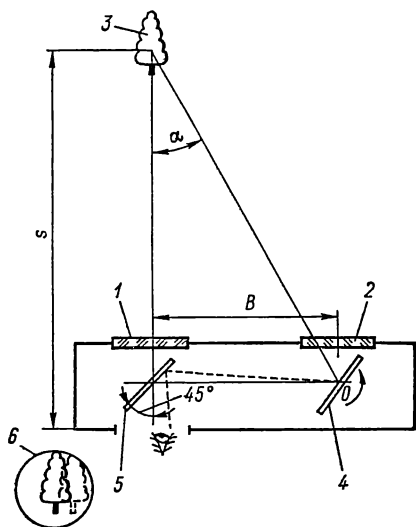


Рис. 6. Схема дальномера с базой на фотоаппарате:

1, 2 — окна; 3 — фокусируемый объект; 4 — поворотное зеркало; 5 — неподвижное зеркало; 6 — изображение в поле зрения

изображения слившимися, т. е. совмещенными, в положении, когда оба плоских зеркала параллельны. Но если объект находится на конечном расстоянии, то два изображения будут видны несовмещенными, раздвинутыми (ход луча в измерительной ветви показан на рис. 6 пунктиром). Для их совмещения надо компенсировать параллактический угол α поворотом (на угол $\alpha/2$) зеркала в измерительной ветви. Поворот компенсатора (как и сам параллактический угол) зависит от расстояния s до объекта: его можно считать

¹ Производство фотоаппаратов «Зоркий» было организовано с конца 40-х гг на Красногорском механическом заводе. Аналогичная по конструкции модель ФЭД выпускалась еще в 30-х гг. Харьковской трудовой коммунной им. Ф. Э. Дзержинского, впоследствии преобразованной в машиностроительный завод им. Ф. Э. Дзержинского.

обратно пропорциональным расстоянию s . Поворот зеркала компенсатора связан системой рычагов с фокусировочным перемещением объектива (вдоль его оптической оси), поэтому изображения в дальномере совмещают, поворачивая фокусировочную оправу объектива.

Фотоаппарат «Зоркий» оснащен комплектом сменных объективов с различными фокусными расстояниями (от 35 до 135 мм). Поэтому фокусировочные перемещения этих объективов различны, однако их оправы сконструированы так, что

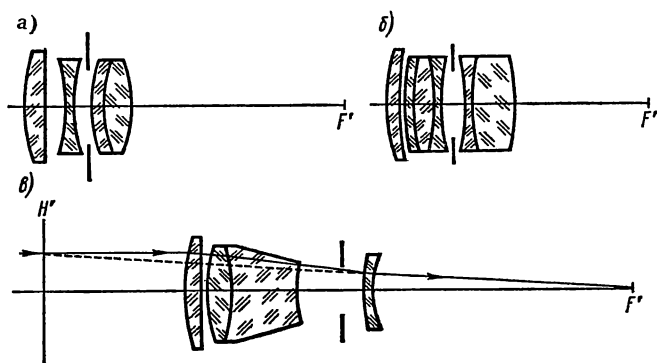


Рис. 7. Схема объективов для фотоаппарата «Зоркий»: а — «Индустар»; б — «Юпитер-8»; в — телеобъектив «Юпитер-11»

осевое перемещение оправы, поворачивающей компенсатор дальномера, не зависит от фокусного расстояния. Крепление объективов к камере «Зоркий» резьбовое (метрической резьбой с диаметром 39 мм и шагом 1 мм).

Видоискатель камеры — телескопический (как у аппарата «Смена»), его поле зрения согласовано с штатным объективом комплекта, имеющим фокусное расстояние 50 мм. При использовании объективов других фокусных расстояний нужны дополнительные видоискатели, укрепляемые в специальной обойме на верхней крышке камеры. Штатный (нормальный¹) объектив фотоаппарата «Зоркий» типа «Индустар» 1 : 3,5/50 мм (рис. 7, а), т. е. с относительным отверстием 1 : 3,5 и фокусным расстоянием 50 мм при угле поля зрения 45° (считая по диагонали кадра). Он построен по схеме объектива «Тессар», изобретенной в самом начале нашего столетия и представляющей собою развитие схемы триплета-анастигма-

¹ Нормальными называются объективы, фокусное расстояние которых близко к размеру диагонали кадра.

та, используемого в аппаратах «Смена». Последняя линза триплета заменена склейкой из двух линз, что позволяет существенно улучшить качество изображения и увеличить относительное отверстие (у некоторых объективов такого типа даже до 1:2,8).

Сменные объективы к фотоаппарату «Зоркий» носят название «Юпитер». В комплект входят светосильные объективы «Юпитер-8» 1 : 2/50 мм (рис. 7, б) и «Юпитер-3» 1 : 1,5/50 мм, широкоугольный «Юпитер-12» 1 : 2,8/35 мм (благодаря меньшему фокусному расстоянию его угол поля зрения составляет 63°), длиннофокусный «Юпитер-9» 1 : 2/85 мм (угол поля зрения 28°). Оптические схемы этих объективов представляют собой дальнейшее развитие схемы триплета, у которого вторая и третья линзы заменены оптическими компонентами из двух-трех линз.

Длиннофокусный объектив «Юпитер-11» 1 : 4/135 мм (угол поля зрения 18°) выполнен по так называемой схеме *телеобъектива*. Если построить по обычным схемам (рис. 7, а, б) объектив с фокусным расстоянием 135 мм, то примерно на таком же расстоянии от фотопленки будут находиться его линзы, объектив будет громоздким. Удаление линз от плоскости изображения, т. е. от точки фокуса F' , можно значительно уменьшить, применив схему телеобъектива, в которой последний компонент имеет форму отрицательной линзы (рис. 7, в).

Рассматривая эту схему, следует пояснить, что *фокусное расстояние объектива* — это расстояние от задней главной плоскости H' до фокуса F' . Как найти положение задней главной плоскости? Для очень тонкой одиночной линзы найти эту плоскость легко: она совпадает с такой линзой. Но в сложном многолинзовом объективе падающий луч, параллельный оптической оси, много раз преломляется поверхностями линз, пока не выйдет под каким-то углом из последней линзы и создаст изображение в точке фокуса на оптической оси. Поэтому для нахождения задней главной плоскости сложный объектив условно заменяют тонкой линзой с единственным преломлением, которое сразу отклоняет падающий на объектив луч до направления луча, выходящего из объектива. Положение такой эквивалентной линзы находится простым геометрическим построением: надо продолжить до пересечения два луча — падающий на объектив и выходящий из него. Тут появляется любопытная возможность. Если при расчете объектива выполнить его последний компонент в виде отрицательной линзы, которая отклоняет лучи в направлении от оптической оси, то точку пересечения падающего и выходящего лучей удастся сдвинуть значительно дальше от плоскости изображения. В результате линзы объектива оказываются ближе к изображению, чем задняя главная плоскость, т. е. объектив получается более компактным.

Затвор фотоаппарата «Зоркий» сильно отличается от центрального затвора аппарата «Смена». Затвор «Зоркого» называют *шторным*, так как световые пучки к фотопленке пропускаются (в момент спуска затвора) через щель между двумя прямолинейно движущимися непрозрачными заслонками-шторками, изготовленными из прорезиненной ткани. Шторки расположены непосредственно перед фотопленкой, т. е. вблизи фокальной плоскости объектива.

По конструкции шторный затвор оказывается наиболее подходящим для фотоаппарата со сменными объективами. Напротив, центральный затвор для такого аппарата был бы неудобен, так как нерационально снабжать каждый из сменных объективов своим центральным затвором. К тому же сменные объективы имеют довольно большой световой диаметр, а центральный затвор с таким световым отверстием не мог бы обеспечить требуемые короткие выдержки (например, короче $1/100$ с). Использовать же один (несменный) центральный затвор позади объектива тоже неудобно; поскольку сменные объективы аппарата «Зоркий» сильно вдвинуты (утоплены) внутрь камеры, то центральный затвор в этом случае оказался бы слишком близко к фотопленке и при спуске засвечивал бы центральную часть дольше и, значит, сильнее, чем края кадра, т. е. появилась бы недопустимая неравномерность экспозиции по площади кадра.

Шторный затвор позволяет легче, чем центральный, получать достаточно короткие выдержки, а именно у аппарата «Зоркий» от $1/25$ с (у некоторых его модификаций — $1/20$ или $1/30$ с) до $1/500$ с, а также выдержку от руки («В»). Перед спуском (рис. 8, а) первая шторка закрывает кадровое окно, а вторая намотана на барабан. Каждая шторка находится под действием своей рабочей пружины, скрытой в гильзе. При нажатии на спусковую кнопку первая шторка освобождается и перемещается вдоль длинной стороны кадра, открывая кадр и наматываясь на гильзу. При своем движении привод первой шторки освобождает вторую шторку в момент, который зависит от значения выдержки, установленного на головке затвора, и далее обе шторки вместе движутся вдоль кадра под действием рабочих пружин. Например, если установлена выдержка $1/50$ с, то первая шторка успевает открыть до освобождения второй примерно половину длины кадра, как на рис. 8, б (т. е. ширина щели между шторками — около 18 мм), при выдержке $1/500$ с ширина щели минимальна (около 2 мм), при $1/25$ с — вторая шторка освобождается после того, как первая шторка полностью откроет кадровое окно.

Затвор заводится одновременно с транспортированием фотопленки для следующего кадра: при повороте рукой заводной головки обе шторки в сомкнутом положении (без щели между ними) возвращаются в положение, показанное на рис. 8, а, натягивая свои рабочие пружины.

Почти одновременно с фотоаппаратом «Зоркий» отечественная промышленность начала выпускать фотоаппарат «Киев» более высокого класса. Это тоже дальномерный фотоаппарат со шторным затвором, но диапазон выдержек более широкий — от $1/2$ до $1/1250$ с и выдержка от руки («В»), причем для выдержек длиннее $1/25$ с спуск второй шторки задерживается анкерным регулятором. Шторки не матерчатые а из металлических планок, соединенных тесемками, что

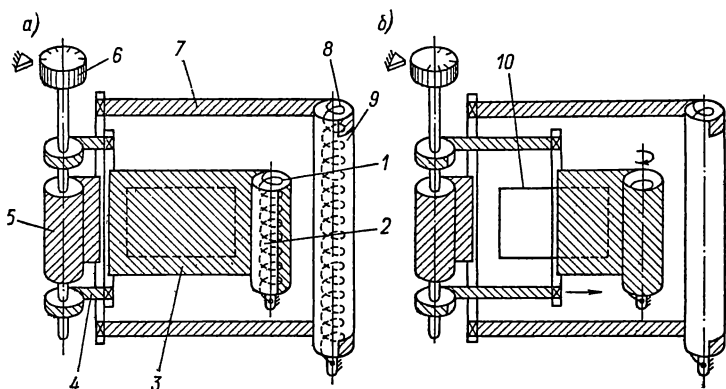


Рис. 8. Затвор фотоаппарата «Зоркий». а — перед спуском; б — в момент экспонирования:

1 — пружина первой шторки; 2 — гильза первой шторки; 3 — первая шторка; 4 — тесемки первой шторки; 5 — вторая шторка; 6 — головка установки выдержек затвора; 7 — тесемки второй шторки; 8 — пружина второй шторки; 9 — гильза второй шторки; 10 — кадровое окно

повышает надежность работы при температуре воздуха ниже 0°C . Крепление сменных объективов не резьбовое, а байонетное, т. е. после небольшого поворота объектив фиксируется на камере защелкой.

1.4. ФОТОАППАРАТ «ЗЕНИТ»

На примере фотоаппарата «Зенит»¹ (формат кадра 24×36 мм) познакомимся с еще одним типом аппаратов, а именно — с однообъективными зеркальными. В этом названии, так же как в названиях других типов (шкальные, дальномерные), отражены особенности визирно-дальномерной системы. Действительно, система видоискателя и фокусировки у зеркальных фотоаппаратов принципиально отличается от рассмотренных выше.

¹ Выпускался в 50-е гг. Красногорским механическим заводом.

Основная особенность *однообъективного зеркального* фотоаппарата — наличие в камере (между объективом и фото- пленкой) поворотного плоского зеркала (рис. 9). Зеркало находится в положении, показанном на рис. 9, во время визи- рования и наводки на резкость, а при нажатии на спусковую кнопку зеркало еще до срабатывания затвора откидывается вверх, открывая внутреннее пространство камеры. Кроме того, зеркало в откинутом (верхнем) положении служит «световым замком», препятствующим попаданию внутрь ка- меры и, следовательно, на фотопленку света со стороны видоискателя.

Изображение в видо- искателе создается непо- средственно съемочным объективом и проецирует- ся на плоскую поверхность коллективной линзы. Эта плоскость сопряжена с плоскостью фотопленки, т. е. расстояние от опорно- го торца¹ камеры $A-A$ до плоской поверхности коллективной линзы (счи- тая по ломаной линии BCD , т. е. с учетом отраже- ния от зеркала) точно равно расстоянию BE до плоскости пленки.

Поэтому изображение в видоискателе получается с четким ограничением кадра, оно имеет такой же масштаб и резкость, как и на фотоматериале. Используемую для фокусировки плоскую поверхность коллективной линзы выполняют шлифован- ной в виде матового стекла. По изображению на матовом стекле можно судить, насколько резкими получа- ются на пленке фотографируемые объекты, попавшие в кадр. Правда, наводка на резкость по матовому стеклу требует от фотографа опыта, поскольку при такой наводке нужно пом- нить, каким (более или менее резким) было изображение при другом положении фокусируемого объектива. Если же рас- сматривать изображение на матовом стекле, не сбивая фоку- сировки объектива, то нельзя утверждать, что изображение имеет наилучшую резкость. А встроенный дальномер, как в аппарате «Зоркий», дает такую возможность: если не

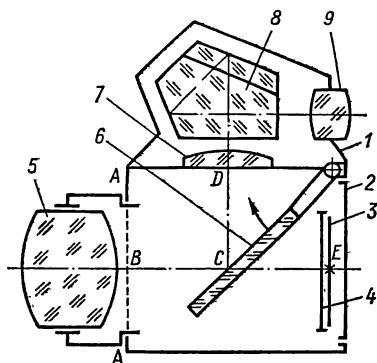


Рис. 9. Схема фотоаппарата «Зенит»:

1 — корпус; 2 — задняя крышка; 3 — фотопленка; 4 — шторки затво- ра; 5 — объектив; 6 — поворотное зеркало; 7 — коллективная линза; 8 — пентапризма, 9 — окуляр

¹ Опорным назван торец, к которому прижимается фланец оправы сменного объектива при креплении к камере.

заметно двоения контуров фокусируемого объекта, то это значит, что фокусировка выполнена.

Изображение на матовом стекле аппарата, имеющего формат кадра 24×36 мм, получается довольно мелким, поэтому для создания естественного впечатления и для более точной фокусировки в видоискателе располагают окуляр, который, как лупа, сфокусирован на плоскость матового стекла (рис. 9). Однако, если не принять специальных мер, то в такой окуляр почти не будет попадать свет от углов плоскости изображения после рассеяния матовым стеклом. Поэтому в видоискателе аппарата «Зенит» предусмотрена коллективная линза. Ее назначение — направить в окуляр и дальше — в глаз) световые пучки от всей площади матового стекла. Эта линза изображает диафрагму объектива приблизительно в плоскости окуляра в пределах его светового отверстия. Поскольку световые пучки от всех предметов в пределах поля видоискателя проходят через диафрагму объектива, то после коллективной линзы они должны попасть в окуляр. В итоге удается повысить освещенность на краях поля зрения видоискателя.

Еще один важный элемент визирной системы фотоаппарата «Зенит» — *пентапризма*. Если бы в системе видоискателя не было пентапризмы, а окуляр просто был бы расположен над коллективной линзой (для наблюдения глазом сверху), то в таком видоискателе изображение получилось бы зеркально-обращенным, т. е. предметы, расположенные перед фотоаппаратом справа, изображались бы в левой половине поля зрения видоискателя, и наоборот. Пентапризма, верхняя отражающая грань которой заменена уголком из двух граней, т. е. имеет форму двускатной крыши, позволяет получить правильно ориентированное изображение.

Зеркальный видоискатель описанного типа хорошо согласуется со сменными объективами различного фокусного расстояния. Он дает изображение без параллакса, обычного для видоискателей шкальных или дальномерных фотоаппаратов и объясняемого тем, что оптические оси объектива и видоискателя разнесены на некоторое расстояние, что может привести к неточному кадрированию при фотографировании близко расположенных предметов. При съемке аппаратом «Зенит» такой опасности не возникает, т. к. визирование выполняется непосредственно через объектив.

Для аппаратов со сменными объективами, как отмечалось выше, наиболее подходит шторный затвор; у аппарата «Зенит» он такого же типа, как у «Зоркого», с таким же набором выдержек. Правда, конструкция аппарата несколько усложняется за счет добавления поворотного зеркала. При заводе затвора зеркало приводится в положение визирования, при этом натягивается пружина, которая при нажатии на спусковую кнопку откидывает зеркало к матовому стеклу.

Сменные объективы, используемые в зеркальном фотоаппарате, должны удовлетворять следующему важному требованию: линзы объектива должны быть расположены достаточно далеко от фотопленки, чтобы не мешать повороту зеркала. Это нужно учитывать уже при выборе штатного, или нормального, объектива для зеркального фотоаппарата и тем более при расчете широкоугольных (т. е. сравнительно короткофокусных) объективов.

У аппарата «Зенит» наименьшее расстояние от последней линзы объектива до кадрового окна почти 40 мм. Поэтому штатный объектив типа «Индустар-50» 1:3,5/50 мм можно использовать и в «Зените», но многие более светосильные объективы из набора «Юпитер» не подходят. В качестве светосильного штатного объектива для фотоаппарата «Зенит» используется «Гелиос-44»¹ 1:2/58 мм. Объективы типа «Гелиос» относятся к классу *симметричных* (или близких к симметричным) анастигматов. Симметричными эти многолинзовые объективы называют потому, что половинки объектива симметричны (или почти симметричны) относительно плоскости диафрагмы, т. е. компоненты, стоящие перед диафрагмой и за ней, подобны по числу и форме линз.

Наиболее старым из объективов такого типа считается *объектив типа Гаусса*, состоящий из пары двухлинзовых несклеенных ахроматов, обращенных передними линзами друг к другу (рис. 10, а). Объектив «Гелиос-44» представляет собою развитие объектива типа Гаусса, каждая из внутренних линз которого заменяется компонентом, склеенным из двух линз (рис. 10, б).

Расстояние от линз до плоскости изображения у объектива «Гелиос-44» достаточно велико, чтобы не мешать повороту зеркала аппарата «Зенит». То же можно сказать и о более длиннофокусных сменных объективах, таких как «Гелиос-40» 1:1,5/85 мм, «Таир-11» 1:2,8/135 мм.

Интересной является задача создания широкоугольного объектива для зеркальных фотоаппаратов. Какую схему должен иметь объектив, если его фокусное расстояние и удаление последней линзы от пленки должны быть одинаковы (скажем, 35—37 мм)? В этом случае надо, не изменяя фокусного расстояния, отодвинуть линзы возможно дальше от плоскости изображения. Принцип телеобъектива (см. п. 1. 3) позволяет лишь приблизить линзы объектива к плоскости

¹ Оправа этого объектива приспособлена для *предварительной установки диафрагмы*. Это значит, что после установки на шкале нужного для съемки значения диафрагмы кольцо диафрагмы можно поворачивать «от упора до упора», т. е. от полного отверстия до нужного. После фокусировки и кадрирования, которые удобно выполнять при полном открытии диафрагмы, объектив диафрагмируют простым поворотом кольца до упора, не отнимая фотоаппарата от глаза.

изображения. Поэтому для широкоугольных объективов выбирается другое конструктивное решение. К основному линзовому блоку добавляется отрицательная линза, но не позади него, как в телеобъективах, а перед ним (рис. 10, в). Падающий на объектив луч, параллельный оптической оси, отклоняется отрицательной линзой в направлении от оптической оси и, хотя следующие положительные компоненты отклоняют затем луч к оси, все же продолжение падающего луча пересекается с выходящим из оптической системы лучом в точке позади линз объектива. Точка пересечения определяет положение задней главной плоскости объектива, от кото-

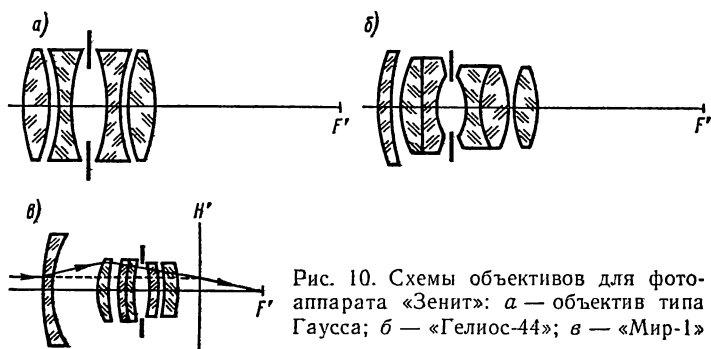


Рис. 10. Схемы объективов для фотоаппарата «Зенит»: а — объектив типа Гаусса; б — «Гелиос-44»; в — «Мир-1»

рой отсчитывается его фокусное расстояние. Таким образом, линзовый блок объектива оказывается удаленным от плоскости изображения больше, чем на фокусное расстояние.

Подобную схему *ретрофокусного* объектива, т. е. *обращенного* (или *реверсивного*) *телеобъектива*, имеет, например, сменный широкоугольный объектив «Мир-1» 1:2,8/37 мм. Первая отрицательная линза, обращенная к объекту съемки, имеет довольно большой световой диаметр. Она позволяет как бы захватить и направить в объектив наклонные лучи для всего поля зрения (его угол составляет 60° для объектива «Мир-1»).

1.5. ВИДЫ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Описанные выше фотоаппараты — «Смена», «Зоркий», «Зенит» — имеют формат кадра 24×36 мм, в качестве фотоматериала используется перфорированная киноплёнка шириной 35 мм. Фотоаппараты с таким размером кадра принято называть малоформатными. Они заряжаются стандартными светонепроницаемыми *кассетами*, которые обычно вмещают 1,65 м киноплёнки. Этой длины хватает на 36 кадров формата 24×36 мм (с учетом потерь на засвечиваемые концы плёнки и на промежутки между кадрами).

Еще раньше, чем киноплёнка, появился другой вид фотоматериала для любительских фотоаппаратов, а именно так называемая *роликовая*, или катушечная, плёнка (*рольфильм*). Такая плёнка была изобретена примерно 100 лет тому назад и тогда же была использована американской фирмой «Кодак» в любительских фотоаппаратах массового выпуска. Ею можно заряжать аппарат на свету и, кроме того, предельно упрощаются механизм транспортирования фотоплёнки и счётчик отснятых кадров. Длина заряжаемой катушечной плёнки 6-см ширины позволяет снять 12 квадратных кадров 6×6 см или 8 кадров 6×9 см или 16 кадров $4,5 \times 6$ см (сторона 9 см или 4,5 см располагается вдоль длины плёнки). Плёнка продается намотанной на катушку вместе с приклеенной к ней непрозрачной светозащитной бумагой — ракордом. Ракорд значительно длиннее полосы заряженной плёнки, начальный его участок (до места приклейки к плёнке) предохраняет фотоплёнку от засветки во время закрепления начала ракорда на приёмной катушке фотоаппарата. На средней части ракорда обозначены с наружной стороны номера кадров (с шагом, равным длине кадра). Эти обозначения видны через окно в задней крышке фотоаппарата, защищенное красным светофильтром, и используются как указатели при транспортировании плёнки. Конечный участок ракорда предохраняет от засветки отснятую плёнку, когда катушку вынимают из аппарата.

Фотоаппараты для съёмки на 6-см катушечную плёнку называют среднеформатными, т. к. размер кадра у них больше, чем у малоформатных. В конце 40-х гг. одновременно с аппаратами «Зоркий» и «Киев» наша промышленность начала выпускать фотоаппараты, рассчитанные на использование катушечной плёнки, например двухобъективный зеркальный аппарат «Любитель» (6×6 см), «Москва-2» (6×9 см) — складной фотоаппарат, т. е. со складным светозащитным мехом (гармошкой) между основным корпусом аппарата и передней стенкой, на которой укреплены объектив и центральный затвор. В 50-е гг. выпускались также стереоскопический фотоаппарат «Спутник», сконструированный на базе камеры «Любитель»; панорамный фотоаппарат ФТ-2 (см. п. 2. 3, рис. 15) с объективом «Индустар-50» 1:3,5/50 мм; фотоаппарат «Момент» для одноступенного фотопроцесса (см. п. 5. 3, рис. 49).

Приведенные в этой главе сведения позволяют (по характеристикам типичных фотоаппаратов массового выпуска) составить общее представление о техническом уровне отечественного фотоаппаратостроения в 50-е гг. Рассмотрим в следующих главах, что такое современный фотоаппарат и какие технические усовершенствования отличают его от описанных выше моделей.

ЧТО ТАКОЕ

СОВРЕМЕННЫЙ ФОТОАППАРАТ?

2.1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФОТОАППАРАТУРЫ

За последние 25—30 лет произошел резкий качественный скачок в области фототехники, и фотоаппарат массового выпуска 80-х гг. существенно отличается от моделей, выпускавшихся в 50-е гг., описанных в гл. 1. Развитие фототехники идет по двум основным направлениям. Первое, существующее со времени изобретения фотографии, — это *расширение технических возможностей съемки*. Его цель — обеспечить успешную фотосъемку самых разнообразных объектов (крупных и мелких, неподвижных и движущихся) при различных условиях освещения. А второе направление, получившее особенное развитие в последнюю четверть века, — *автоматизация обслуживания фотоаппарата*. Цель автоматизации состоит в том, чтобы упростить и ускорить процесс подготовки к съемке и тем самым, во-первых, привлечь к занятиям фотографией людей, не имеющих специальных знаний, и, во-вторых, позволить опытным фотографам сосредоточить все внимание на сюжете и композиции снимка, т. е. на творческой стороне съемочного процесса.

Остановимся сначала на первом из этих направлений. Уходит в прошлое фотосъемка со штатива, например портретная, когда «объект», застыв на месте, напряженно (и достаточно долго) глядел в зрачок объектива. Современная техника позволяет выполнять съемку различных сюжетов при моментальных выдержках (когда наибольшая допустимая выдержка — $1/30$ с или еще более короткая) не только на открытом воздухе, но и в помещениях, т. е. при сравнительно невысокой освещенности. Это стало возможным, с одной стороны, благодаря росту светочувствительности фотоматериалов, а с другой — увеличению светосилы фотообъективов.

Рост *светочувствительности* черно-белых галоидосеребряных фотоматериалов за годы существования фотографии иллюстрируется графиком (рис. 11). После резкого скачка, происшедшего более 100 лет тому назад, когда были изобретены сухие бромосеребряные желатиновые фотопластинки, светочувствительность в результате настойчивых научных исследований удавалось постоянно повышать и довести к настоящему времени до значений 1000 ед. ГОСТ, а для фотоматериалов одноступенного процесса еще больших. Чувствительность цветных фотоматериалов также выросла (для негативных фотопленок, например, 350 ед. ГОСТ, а у одного из новейших типов даже до 800 ед. ГОСТ).

Увеличение светосилы фотообъективов за последние десятилетия привело к разработке оптических систем с относительным отверстием $1:1$ и даже большим, а значения $1:1,2$ или $1:1,4$ стали обычными для штатных объективов высококлассных аппаратов. Причем новые светосильные фотообъективы обеспечивают наилучшее качество изображения даже при полном относительном отверстии или при небольшом диафрагмировании.

Современная фототехника позволяет фотографу вообще не зависеть от естественного освещения объекта, если в момент

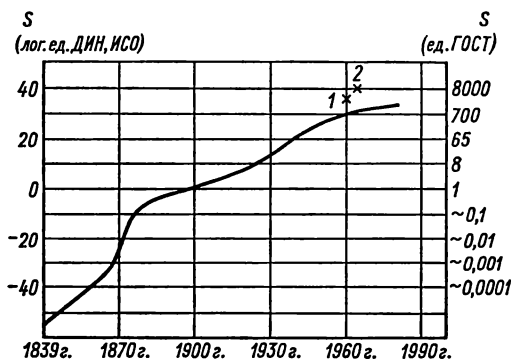


Рис. 11. Рост светочувствительности S фото-материалов:

1, 2 — значения S фотоматериалов для одноступенного процесса

съемки используется подсветка объекта лампами-вспышками. В 20-е гг. нашего столетия были изобретены одноразовые лампы-вспышки. Колба такой лампы наполнена алюминиевой, магниевой или циркониевой фольгой, сгорающей в кислороде при подаче невысокого электрического напряжения (от 3 до 30 В). С 40 — 50-х гг. применяются импульсные (электронные) лампы-вспышки многократного использования, излучающие свет при кратковременном газовом разряде в лампе.

Среди других усовершенствований, расширяющих технические возможности фотосъемки, отметим сокращение наименьших значений моментальных выдержек фотозатворов, использование сменных объективов, устройств для *макросъемки* (т. е. для фотосъемки с близких расстояний, например менее 1 м).

Второе из названных выше направлений развития, а именно автоматизация съемочного процесса для ускорения и упрощения подготовки к съемке, особенно характерно для современных фотоаппаратов и будет подробно рассмотрено далее.

Первыми существенными успехами автоматизации были транспортирование пленки до упора, объединение операций взвода и протягивания пленки, затем в современных фотоаппаратах были применены курковый взвод затвора, объединенные видоискатели-дальномеры, механизмы прыгающей диафрагмы (в зеркальных однообъективных фотоаппаратах), системы упрощенной зарядки пленки (первоначально в виде приставных магазинов, заряженных пленкой на стандартных катушках).

Применение различных электрических устройств (селеновых фотоэлементов, гальванометров, фоторезисторов, электродвигателей, миниатюрных источников питания) обеспечило широкое распространение в фотоаппаратах систем автоматизированной установки экспозиции, т. е. выдержки и диафрагмы, а применение электронных блоков (полупроводниковых диодов и триодов, миниатюрных усилителей и преобразователей сигналов, а затем и микрокомпьютеров с использованием больших интегральных схем) способствовало появлению в фотоаппаратах еще более совершенных устройств — электронных фотозатворов и систем автоматической фокусировки объектива.

Кроме двух указанных основных направлений развития современной аппаратуры надо назвать еще одно, а именно миниатюризацию фотоаппаратов, т. е. уменьшение их размеров.

2.2. ФОРМАТЫ КАДРА СОВРЕМЕННЫХ ФОТОАППАРАТОВ

Миниатюризация фотоаппаратов. В развитии фототехники обнаруживается постоянная тенденция к уменьшению формата кадра, что приводит к миниатюризации фотоаппаратов. При уменьшении размеров кадра сокращаются не только длина и высота аппарата, но и его толщина, так как меньший формат кадра требует более короткофокусного объектива.

В первой четверти XX в. наиболее распространенными были формат кадра 9×12 см и даже несколько бóльшие, например 13×18 см (крупноформатные пластиночные фотоаппараты складной конструкции), в 30 — 40-х гг. преобладали уже меньшие форматы кадра, такие как 6×9 и 6×6 см на роликовой 6-см фотопленке (среднеформатные фотоаппараты жесткой или складной конструкции). В те же годы росло число моделей фотоаппаратов с еще меньшим форматом кадра, а именно малоформатных с кадром 24×36 мм на 35-мм перфорированной кинопленке. Наконец в 50-е гг. произошел решительный поворот к этому формату кадра, он стал наиболее употребительным в фотоаппаратах массового выпуска и остается таковым в настоящее время.

В отличие от кадров большего размера малоформатные негативы обязательно требуют фотопечати с увеличением, а диапозитивы — проекции на экран. Поэтому переход к компактным моделям с меньшим форматом кадра осуществлялся постепенно, по мере улучшения качественных характеристик (разрешающей способности и др.) фотоматериалов и фотообъективов. Для современного уровня этих качественных характеристик именно малоформатные фотоаппараты являются оптимальными в отношении качества окончательного фотографического изображения — на фотобумаге или на экране — при возможно меньших размерах аппарата.

Лишь малоформатные (а также, конечно, еще более крупные) негативы или диапозитивы на современных фотоматериалах имеют такое качество изображения, что глаз наблюдателя не может заметить нерезкости на увеличенном фотоотпечатке (или в проекции диапозитива на экране) при рассматривании с расстояния, близкого к его диагонали¹.

Переход к меньшим форматам кадра означает использование более короткофокусных нормальных объективов, что дает ряд преимуществ. Во-первых, существенно увеличивается глубина резко изображаемого пространства на снимке, что позволяет упростить фокусировочное устройство фотоаппарата (обойтись без дальномера) даже при светосильных объективах. Во-вторых, для центрального затвора с отверстием определенного диаметра такой короткофокусный объектив можно выполнить более светосильным, либо, не меняя значения светосилы, сократить наименьшую выдержку центрального затвора (так как диаметр светового отверстия уменьшается). В-третьих, при уменьшении формата кадра уменьшается та выдержка штормного затвора, при которой достигается полное открытие кадрового окна.

Крупноформатные фотоаппараты. Это фотоаппараты с форматами кадра 9×12 см или еще большими, основной вид фотоматериала — пластинки в кассетах или листы плоской фотопленки (такого же размера, как пластинки), но возможно применение специальных кассет, например с 6-см катушечной пленкой. Сравнительно дорогие из-за высокой точности изготовления, эти модели аппаратов используются в основном фотографами, работающими в ателье или специальных лабораториях, для художественной и технической съемки. Под технической съемкой понимают фотографирование промышленных объектов (машин и технологических процессов), архитектурных сооружений, точную репродукционную съемку и т. п.

¹ В этом случае расстоянию наилучшего зрения, т. е. 25 см, соответствует фотоотпечаток 13×18 см (т. е. 5-кратное увеличение негатива $2,4 \times 3,6$ см). Более крупные изображения рассматривают с больших расстояний.

Различные модели крупноформатных фотоаппаратов имеют много общего: объективная доска и кассетная часть соединены фотомехом (гармошкой), объективы сменяются вместе с центральным затвором, аппараты приспособлены главным образом для съемки со штатива с кадрированием и наводкой на резкость по изображению на матовом стекле, вставляемом вместо кассеты. Вместе с тем по конструкции их можно разделить на две группы.

Одна группа моделей разработана на базе прежних любительских пластиночных фотоаппаратов, знакомых фотографам старшего поколения, например, по модели «Фотокор». Это складные камеры, у которых объективная доска выдвигается перед съемкой в рабочее положение по направляющим на откидывающейся передней стенке аппарата. Конечно, за полвека эти модели заметно усовершенствовались, имеют удобные оптические видоискатели, дальномеры (как в модели «Лингоф-Техника» фирмы «Лингоф», ФРГ), экспонометрические устройства и др.

Другую группу составляют аппараты, сконструированные по типу «оптической скамьи», у которых на штативе устанавливаются направляющие (обычно в виде одного или двух параллельных стержней), по которым можно перемещать каретки, несущие основные узлы аппарата и поддерживающие мех камеры в растянутом положении (например, модель «Синар» швейцарской фирмы «Синар» и др.).

В современных крупноформатных фотоаппаратах любой конструкции, как правило, предусмотрена возможность больших продольных (фокусировочных) и поперечных смещений объективной доски и кассетной части, в также их наклонов вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Вертикальное смещение объектива необходимо при съемке высоких архитектурных сооружений, изображение которых ($A'B'$ на рис. 12, а) не полностью помещается в кадре. Если же оптическую ось объектива поднять по отношению к центру кадра, то объект полностью изобразится на фотопластинке, заняв всю высоту кадра (рис. 12, б).

Наклоны обеих основных частей аппарата вокруг горизонтальной оси используют во многих случаях, в частности, когда нужно сделать со сравнительно небольшого расстояния снимок протяженного по глубине объекта. Так как штатные объективы крупноформатных фотоаппаратов имеют фокусное расстояние порядка 135 — 150 мм, то глубина резко изображаемого пространства мала. Наклоны объективной доски и кассетной части аппарата позволяют искусственно увеличить ее, не прибегая к сильному диафрагмированию. Так, если при съемке ряда мелких предметов, разложенных на горизонтальной поверхности стола (рис. 12, в), эта поверхность AB , главная плоскость объектива $H - H'$ (перпендикулярная его оптической оси) и плоскость фотоматериала

CD пересекаются в одной точке E , то вся протяженная поверхность объекта AB резко изобразится на фотослое.

Среднеформатные фотоаппараты. Эти аппараты рассчитаны на использование 6-см роликовой, или катушечной

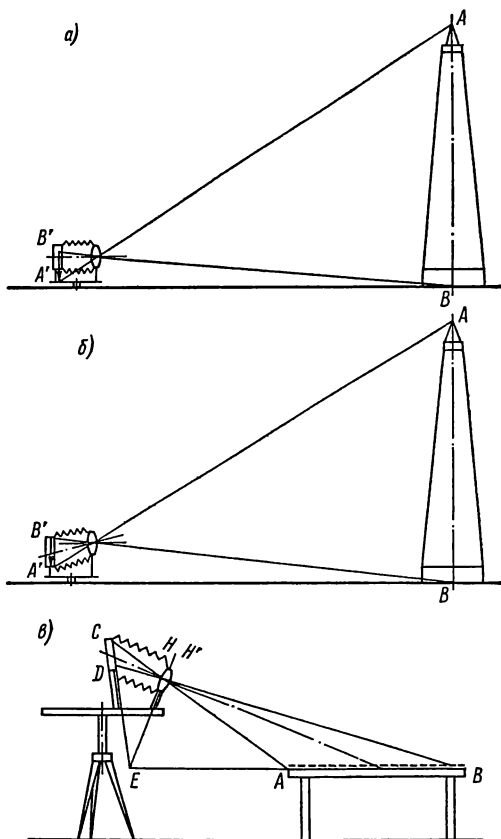


Рис. 12. Смещения и наклоны частей крупноформатного фотоаппарата при съемке

пленки (формат кадра 6×9 , 6×6 , $4,5 \times 6$ см), а также плоской пленки, 4-см роликовой пленки (правда, выходящей теперь из употребления), 70-мм перфорированной фотопленки.

По конструктивному решению среднеформатные фотоаппараты можно разделить на две группы. К первой относятся фотоаппараты высокого класса, рассчитанные на фотожур-

налистов и опытных фотолюбителей. Ко второй — предельно простые по конструкции модели ящичного типа, так называемые бокс-камеры.

К группе среднеформатных фотоаппаратов высокого класса относятся в основном однообъективные зеркальные аппараты с размером кадра 6×6 см, выпускаемые за рубежом и отечественные (например, «Салют-С» и «Киев-6С»). Использование высококачественной оптики и современных фотоматериалов позволяет получать с негатива 6×9 см и 6×6 см безупречные по резкости отпечатки довольно крупного размера. Такие фотоаппараты часто имеют сменные объективы (исключение составляют двухобъективные зеркальные аппараты), а нередко и быстросменные магазины с пленкой.

Некоторое распространение получил формат 6×7 см (точный размер кадра 56×72 мм), который в рекламных проспектах иногда называют «идеальным», потому что у него такое же соотношение сторон, как у многих форматов фотобумаг (около 3:4). Формат кадра 56×72 мм может иметь 6-см катушечная пленка с ракордом (на стандартном ролике помещается 10 таких кадров) либо перфорированная 70-мм фотопленка без ракорда. В обоих случаях остановка пленки после транспортирования на длину кадра должна выполняться механизмом камеры (или сменного магазина). Поскольку при наличии механического счетчика не используются обозначения номеров кадров на ракорде, конструкторы разработали катушки «тип 220» с увеличенной длиной заряжаемой 6-см пленки (24 кадра 6×6 см вместо обычных 12 кадров), в которых оставлены лишь два конца ракорда, подклеенные к началу и концу пленки. На катушки «тип 220» рассчитаны выпускаемые в разных странах среднеформатные репортерские фотоаппараты (например, отечественная модель «Киев-6С»).

Среднеформатные фотоаппараты *ящичного типа* — бокс-камеры — имеют чаще всего формат кадра 6×6 или $4,5 \times 6$ см и предназначены для получения черно-белых негативов, пригодных для контактной печати. Они рассчитаны на начинающих фотолюбителей и отличаются крайней простотой конструкции.

За счет чего достигается эта простота? Объектив одно- или двухлинзовый с относительным отверстием 1:8 или 1:11. Малая светосила объектива не является помехой, так как можно использовать высокочувствительные пленки. Бóльшая зернистость таких пленок не снижает качества изображения, ведь на контактном отпечатке «зерно» практически не заметно. Несветосильный объектив устанавливается в камере либо жестко, т. е. совсем без фокусировки, либо применяется упрощенная фокусировка на два-три положения. Линзы видоискателя, а иногда и объектива прессуются из

пластмассы. Затвор простой конструкции дает одну-две моментальные выдержки, а в некоторых моделях еще и выдержку от руки. Диафрагма револьверного типа, т. е. в поворотной заслонке имеется набор отверстий разного диаметра.

Поскольку выдержку и диафрагму в таком простом фотоаппарате можно изменять лишь в узких пределах, то большое значение для получения хотя бы приблизительно правильной экспозиции имеет выбор значения светочувствительности пленки. Отправляясь на съемку, можно заряжать бокс-камеру в зависимости от погоды и прочих условий фотопленкой определенной светочувствительности. Сравнительно небольшое количество кадров на ролике фотопленки (например, 12 кадров 6×6 см) позволяет использовать целую пленку для одной съемки при постоянных условиях освещения. Кроме того, использование катушечной пленки позволяет обойтись без механического счетчика кадров (номера кадров, нанесенные на ракорде фотопленки, видны через окно на задней крышке аппарата) и выполнить механизм транспортирования пленки таким же несложным, как и остальные механизмы и узлы фотоаппарата ящичного типа.

Эти простые, а следовательно, самые дешевые фотоаппараты выпускались в течение многих лет в значительных количествах, например отечественные модели «Юнкор» и «Школьник» (6×6 см), а несколько позже — «Этюд» ($4,5 \times 6$ см). Однако в последние годы популярность ящичных фотоаппаратов заметно снизилась; даже неопытных любителей все более привлекают возможности получать увеличенные отпечатки с черно-белых негативов, а также цветные диапозитивы на обрабатываемой пленке.

Малоформатные фотоаппараты. Аппараты с форматом кадра 24×36 мм на перфорированной 35-мм кинопленке уже многие годы пользуются наибольшим спросом на мировом рынке. Размер кадра 24×36 мм, как отмечалось выше, можно считать оптимальным для получения увеличенных отпечатков при современном развитии фототехники, а именно объективов и фотоматериалов. Кроме того, малоформатные аппараты обеспечивают значительно большую глубину резко изображаемого пространства, чем, например, среднеформатные, но в то же время оставляют фотографу возможности творческого подхода к сюжету, например путем подбора значения диафрагмы при съемке портрета с «размытым» задним планом.

Поскольку в следующих главах речь пойдет в основном о малоформатных фотоаппаратах, остановимся лишь на любопытной эволюции их габаритных размеров. Первые модели малоформатных фотоаппаратов — с утапливаемым объективом или складные — были компактными, их размеры (длина, высота и толщина) составляли примерно $13 \times 7 \times 4$ см. Однако

с усложнением конструкции росли размеры и масса этих аппаратов. Установка светосильного сменного объектива увеличивает толщину аппарата, совершенных видоискателя и дальномера — его высоту. А у однообъективных зеркальных фотоаппаратов из-за механизма поворотного зеркала и видоискателя с пентапризмой габаритные размеры по всем трем измерениям и масса оказываются еще большими, чем у дальномерных. Размеры фотоаппаратов еще увеличились с развитием автоматизированных систем установки экспозиции (с середины 50-х гг.): селеновый фотоэлемент имеет чувствительную площадку 4 — 5 см², стрелочный гальванометр — размеры 2 — 2,5 см по диаметру и высоте. А введение устройств механической связи между экспонометром в камере и диафрагмой объектива привело к исчезновению складных камер с мехом и убирающимся объективом. В итоге малоформатные фотоаппараты в 60-е гг. никак нельзя было считать компактными.

Между тем нельзя было не считаться с постоянным стремлением широких кругов фотолюбителей к компактному карманному фотоаппарату. Поэтому в 60-е гг. в нашей стране и за рубежом был налажен выпуск фотоаппаратов с форматом кадра 18×24 мм, составляющим половину стандартного, так называемых полуформатных.

Однако уже с начала 70-х гг. в результате настойчивой работы конструкторов и технологов удалось существенно уменьшить габаритные размеры автоматизированных фотоаппаратов с форматом кадра 24×36 мм, доведя их примерно до размеров старых малоформатных аппаратов, не имевших специальных устройств для автоматизированной установки экспозиции и других операций. Одна из первых моделей такого типа — «Роллей-35» (ФРГ, 1969 г.) — была в то время рекордно компактной: длина камеры около 100 мм, почти всю длину занимают кадровое окно и гнезда под кассету и приемную катушку. Высота корпуса этого шкального аппарата с центральным затвором чуть более 60 мм. В последующие годы в разных странах был выпущен целый ряд моделей незеркальных камер с примерно такими же габаритными размерами, например наш «Микрон-2». Один из дальномерных фотоаппаратов японской фирмы «Олимпус» (модель «ХА-Компакт») вместе с объективом имеет толщину всего 40 мм благодаря применению короткофокусного объектива 1:2,8/35 мм специальной конструкции, линзы которого расположены близко к плоскости пленки. Этой же фирме (а также «Асахи» и другим японским фирмам) удалось значительно уменьшить размеры вновь разработанных автоматизированных однообъективных зеркальных фотоаппаратов: длина корпуса около 135 мм, высота до 85 мм и толщина (без объективов) 50 мм. Одновременно была заметно уменьшена масса этих аппаратов, в частности благодаря изготов-

лению корпуса из ударопрочной пластмассы, иногда покрытой снаружи тонким слоем металла.

Миниатюризация автоматических малоформатных фотоаппаратов потребовала, конечно, не только изобретательности конструкторов, но главным образом определенных технических предпосылок. Дело в том, что новейшие автоматические системы фотоаппаратов отличаются широким использованием электронных схем, которые занимают минимум объема в камере, а между тем заменяют гальванометр экспонометрического устройства, механизм регулирования выдержек затвора, механическую связь привода диафрагмы объектива с камерой и другие устройства. Насыщенный электроникой фотоаппарат оказывается более компактным и легким.

Полуформатные фотоаппараты. Современные фотоаппараты с форматом кадра 18×24 мм рассчитаны на 35-мм перфорированную фотопленку в стандартных кассетах. Эти компактные и легкие модели на имеют дальномера, хотя оснащены несменными светосильными объективами с относительным отверстием от 1:2,8 до 1:1,7 при фокусном расстоянии 25—32 мм. Установка экспозиции, как правило, автоматизирована, как, например, в отечественной модели «ФЭД-Микрон».

Ясно, что размеры полуформатного фотоаппарата по сравнению с малоформатным могут быть заметно уменьшены: длина на 18 мм благодаря сокращению длины кадра, толщина — на 15—20 мм за счет применения более короткофокусного объектива, высота не увеличивается, так как вместо дальномера в верхней части камеры (рядом с видоискателем) размещен гальванометр и другие узлы автоматики.

В 60-е гг. в разных странах выпускалось большое количество — не менее 40 — моделей полуформатных фотоаппаратов. Однако в дальнейшем с появлением компактных фотоаппаратов с форматом кадра 24×36 мм, представляющих значительно большие возможности для получения достаточно крупных высококачественных фотоотпечатков, позиции полуформатных фотоаппаратов на мировом рынке оказались безнадежно подорванными, а их выпуск значительно сократился.

Миниатюрные фотоаппараты. Это аппараты с форматом кадра менее 18×24 мм, использующие 16-мм или еще более узкую пленку. Например, 9,5-мм пленка применена в миниатюрном ($81 \times 28 \times 17$ мм) фотоаппарате с размером кадра 8×11 мм «Минокс» (ФР), который появился еще в 30-х гг. и благодаря удачной конструкции выпускался без существенных переделок основных узлов более тридцати лет. Одна из интересных особенностей этого аппарата — отсутствие ирисовой диафрагмы, обусловленное тем, что объектив 1:3,5/15 мм обеспечивает достаточную глубину резко изображаемого пространства. Съемка при полном отверстии

объектива позволяет использовать не высокочувствительный, но зато мелкозернистый фотоматериал и самые короткие выдержки, исключая появление нерезкости изображения из-за дрожания аппарата в руках в момент съемки.

Почти такой же формат кадра ($8 \times 10,5$ мм) имеют новые *диск-фотоаппараты*, разработанные американской фирмой «Кодак» (подробнее см. п. 5.2). Фотопленка (цветная негативная, светочувствительность — 180 ед. ГОСТ) имеет вид диска, что способствует более плоскому (без прогиба) положению ее в кадровом окне, а короткофокусный объектив ($1:2,8/12,5$ мм) установлен жестко (без фокусировки).

До 1972 г. в разных странах выпускалось около десятка моделей фотоаппаратов, рассчитанных на 16-мм пленку. Это в основном аппараты шкального типа за исключением отечественного однообъективного зеркального фотоаппарата «Нарцисс» с кадром 14×21 мм на неперфорированной 16-мм пленке. Размер кадра 10×14 мм на пленке с двусторонней перфорацией (как у отечественной модели «Киев-Вега») или 12×17 мм на пленке с односторонней перфорацией.

В части моделей использована обычная система кассет с обратной перемоткой, в других подающая и приемная кассеты механически соединены.

Отсутствие единого типа кассет и формата кадра долгое время мешало распространению фотоаппаратов, в которых используется 16-мм пленка. Положение резко изменилось в 1972 г., когда крупная американская фирма «Кодак» предложила для таких фотоаппаратов систему упрощенной зарядки «Покит-Инстаматик» и начала в США массовый выпуск фотоаппаратов с этой системой и фотоматериалов для нее (черно-белых и цветных). Вскоре производство таких аппаратов было налажено рядом японских и европейских фирм.

Фотоаппараты с системой «Покит-Инстаматик» получили условное обозначение «тип 110». Предназначенные для них фотоматериалы выпускаются в виде неразъемного магазина, заряженного 16-мм пленкой, формат кадра 13×17 мм. По объему выпуска (в штуках) фотоаппараты «тип 110» вышли на второе место на мировом рынке (после малоформатных). Наряду со множеством моделей шкального типа появились однообъективные зеркальные, аппараты со сменными объективами, с объективом переменного фокусного расстояния и др.

Конечно, такие фотоаппараты не позволяют получать с негативов настолько крупные высококачественные отпечатки, чтобы успешно конкурировать с малоформатными. Все же малые размеры и масса делают их очень удобными: фотоаппарат можно, как своеобразную «записную книжку», постоянно носить с собой.

2.3. ТИПЫ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОАППАРАТОВ

Зеркальный однообъективный или шкально-дальномерный? Эти два основных типа фотоаппаратов конкурируют между собой. У однообъективных зеркальных фотоаппаратов выбор кадра и фокусировка выполняются через съемочный объектив (см. рис. 9), что дает им хорошо известные преимущества: точное определение границ кадра; возможность использования различных сменных фотообъективов, в том числе и самых длиннофокусных, а также объективов с переменным фокусным расстоянием; удобство съемки очень близко расположенных предметов (макросъемки). Шкально-дальномерные фотоаппараты отличаются от зеркальных меньшими размерами, массой и более простой конструкцией (см. рис. 3). Современный шкально-дальномерный аппарат может обеспечить отличные результаты съемки, но приходится отказаться от большого набора сменных объективов и фотографировать предметы, расположенные не ближе, чем на 1 м от фотоаппарата.

И все-таки именно в новых моделях зеркальных однообъективных фотоаппаратов воплощены последние достижения фототехники. Широкому распространению аппаратов этого типа не помешали относительная сложность конструкции и, как следствие, более высокая цена.

Усложнение конструкции зеркальных однообъективных аппаратов вызвано, в первую очередь, введением механизма поворотного зеркала, который должен обеспечивать так называемое постоянное визирование (т. е. поле зрения видоискателя затемняется лишь на время срабатывания затвора). Кроме того, к оптической схеме объективов зеркальных аппаратов предъявляются особые требования: расстояние от последней линзы объектива до фотопленки должно быть достаточным для размещения и поворота зеркала (см. п. 1.4). И, наконец, приходится применять особый механизм ирисовой диафрагмы объектива, а именно прыгающую диафрагму, т. е. после наблюдения и фокусировки, выполняемых перед каждым снимком при полном отверстии диафрагмы, она быстро закрывается до нужного значения (выбранного фотографом или установленного автоматически) непосредственно в момент нажатия на спусковую кнопку.

Размежевание между двумя типами конструкций в зависимости от применяемой визирно-дальномерной системы особенно заметно у малоформатных фотоаппаратов. Оно, как правило, определяет выбор затвора и объектива. Современный зеркальный фотоаппарат имеет фокальный (шторный) затвор и сменные объективы, шкально-дальномерный — апертурный (в частности, центральный) затвор и несменный объектив.

Рассматривая схему (рис. 13), можно заметить, что кроме выделенных на ней двух наиболее распространенных типов конструкций возможны, по крайней мере, еще четыре других типа, в которых сочетаются различные виды визирно-дальномерных систем и фотозатворов. Прежде чем перейти к описанию этих четырех типов конструкций, отметим, что их выпуск во всем мире значительно сокращен или даже полностью прекращен в последние десятилетия.

Однообъективные зеркальные фотоаппараты с неподвижным зеркалом. Одна из первых таких моделей — японский малоформатный фотоаппарат «Канон-Пелликс» (1965 г.). Особенность этой модели — расположенное сзади объектива *неподвижное зеркало* из тонкой пленки (толщина 0,04 мм), пропускающее около 70 % света к кадровому окну, закрытому шторным затвором, и отражающее приблизительно 30 % света в видоискатель. Преимущества системы: отсутствие механизмов для поворота зеркала (и, значит, меньшее сотрясение аппарата в момент съемки), постоянное наблюдение за объектом, возможность использовать широкоугольные сменные объективы с утопленным внутрь камеры задним компонентом. Однако остается механизм прыгающей диафрагмы.

Эта конструкция зеркальных фотоаппаратов не получила дальнейшего развития по ряду причин: при использовании светосильных объективов пленочное зеркало может несколько ухудшить качество изображения на фотопленке. Кроме того, такое тонкое зеркало легко случайно повредить, а даже малая деформация его поверхности приведет к резкому снижению точности фокусировки.

Дальномерные фотоаппараты со шторным затвором. Эти аппараты многие годы были да и теперь остаются очень распространенными в нашей стране (достаточно назвать модели ФЭД, «Зоркий», «Киев»). Однако за рубежом такие модели практически перестали выпускать, поскольку повышение светосилы и увеличение фокусного расстояния сменных объективов приводит к тому, что встроенный дальномер не может обеспечить точной фокусировки. Для съемки с такими объективами более пригодны однообъективные зеркальные камеры.

А для фотоаппаратов без сменной оптики шторный затвор проигрывает в сравнении с центральным и по своим габаритным размерам и по некоторым техническим характеристикам (невозможность синхронизации с импульсными лампами-вспышками на коротких выдержках и др.). Впрочем, при использовании простых по конструкции шторных затворов (как в некоторых отечественных моделях) выпуск дальномерных аппаратов остается экономически выгодным.

Однообъективные зеркальные фотоаппараты с центральным затвором. Эти аппараты отличаются дополнительным

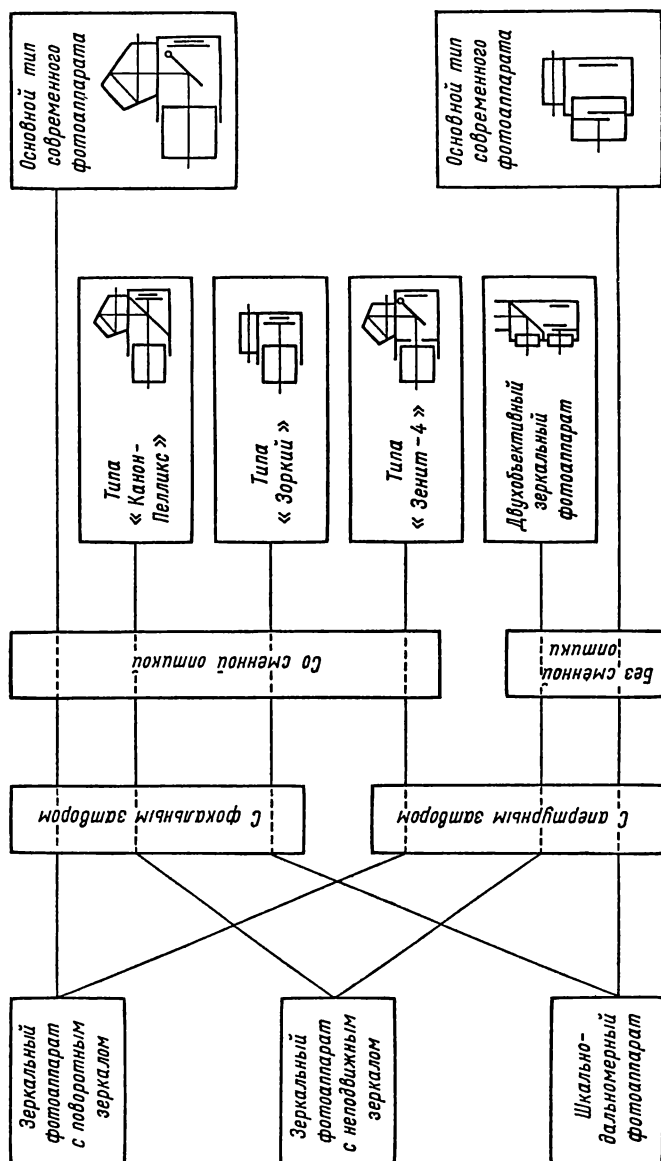


Рис. 13. Типы конструкций современных фотоаппаратов

усложнением схемы объектива, механизмов затвора и камеры. Отверстие центрального затвора должно быть открыто на время визирования и фокусировки, т. е. требуется дополнительный привод к лепесткам затвора. При нажатии на спуск фотоаппарата отверстие затвора должно закрываться и тут же вновь открываться на время экспонирования. При взводе затвора для следующего снимка заводится дополнительный привод, т. е. отверстие затвора вновь открывается (так было сделано в отечественных аппаратах «Зенит-4,-5,-6»).

Однако в некоторых моделях зеркальных аппаратов это устройство было усовершенствовано. Отверстие затвора после экспонирования вновь открывается не при последующем заводе, а сразу, как только моргающее зеркало возвратится в положение визирования.

Кроме того, в фотоаппаратах такого типа необходимо защитить пленку в кадровом окне от засветки через отверстие затвора во время визирования. Для этого чаще всего применяют специальную поворотную заслонку перед кадровым окном, автоматически управляемую от механизма камеры.

Однако главной причиной, помешавшей широкому распространению однообъективных зеркальных фотоаппаратов с центральным затвором, явились, по-видимому, ограничения, касающиеся оптических схем объективов. Обычно в малоформатных аппаратах такого типа центральный затвор жестко укреплен в камере, а сменные объективы — съемные и располагаются перед затвором. При работе центрального затвора, стоящего позади объектива, осевой пучок лучей, направленный к центру кадра, пропускается затвором дольше, чем наклонные пучки, идущие к краям кадра. Поэтому при конструировании объективов такого типа приходится учитывать специальные требования: задняя линза объектива должна быть малого диаметра и располагаться почти вплотную к лепесткам затвора. Ирисовая диафрагма расположена ближе к последней линзе объектива. При таких условиях удастся избежать (даже на самых коротких выдержках затвора) заметной неравномерности в распределении экспозиции по кадру. Но диапазон фокусных расстояний набора сменных объективов получается ограниченным, длиннофокусные объективы имеют малую светосилу и годятся для фокусировки лишь на значительные расстояния от фотоаппарата (чтобы объектив не отодвигался слишком далеко от лепестков затвора).

Ясно, что для сменных объективов в камере с фокальным затвором, расположенным перед фотопленкой, нет таких суровых ограничений. В основном поэтому фокальные затворы (которые значительно усовершенствовались в 60-е и 70-е гг.) вытеснили центральные в малоформатных однообъективных зеркальных аппаратах.

Двухобъективные зеркальные фотоаппараты. В этой схеме сочетается ряд достоинств двух типов конструкции — шкально-дальномерных и однообъективных зеркальных. Они имеют зеркальный видоискатель, дающий крупное и четко

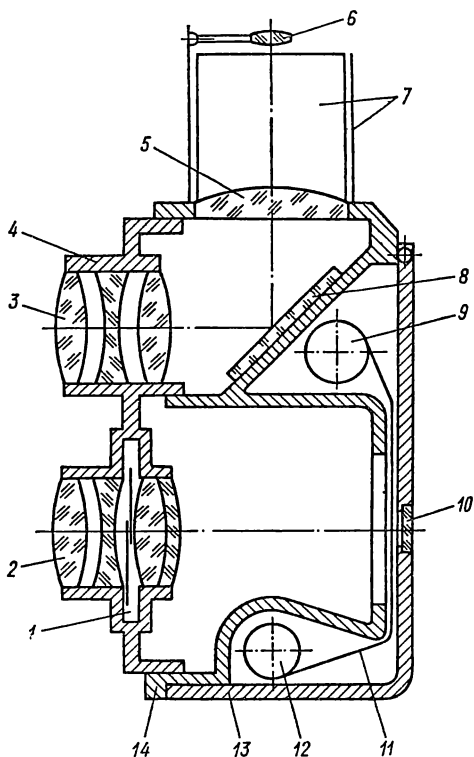


Рис. 14. Схема двухобъективного зеркального фотоаппарата:

1 — центральный затвор; 2 — съемочный объектив; 3 — объектив видоискателя; 4 — передняя стенка, выдвигаемая при фокусировке аппарата; 5 — коллективная линза и матовое стекло; 6 — откидная лупа; 7 — четыре поворотные стенки складной светозащитной шахты; 8 — зеркало видоискателя; 9 — приемная катушка; 10 — окно для отсчета числа кадров; 11 — фотоленка; 12 — подающая катушка; 13 — задняя крышка; 14 — корпус

ограниченное изображение и обеспечивающий постоянное наблюдение за объектом даже в момент съемки (рис. 14). Поскольку для наблюдения через видоискатель используется не съемочный объектив, а специальный, то отпадает необходимость в механизмах поворотного зеркала и прыгающей

диафрагмы, светозащитной заслонке перед фотопленкой дополнительных приводах к лепесткам центрального затвора. Поэтому такой фотоаппарат оказывается не слишком дорогим, несмотря на наличие двух объективов.

И все же двухобъективные зеркальные фотоаппараты не выдержали конкуренции с однообъективными. Двухобъективная система — при обычном для таких аппаратов формате кадра 6×6 см — имеет относительно большие размеры. Кроме того, оказывается затруднительным обеспечить смену объективов (а сменность объективов стала обязательной для зеркальных аппаратов высокого класса). Ни замена всей передней стенки с обоими объективами и центральным затвором, ни использование телескопических насадок к основным объективам не оказались удачными решениями, и зарубежные фирмы свернули производство фотоаппаратов такого типа. Имеют шансы удержаться на рынке лишь простые по конструкции модели типа нашего фотоаппарата «Любитель-166»: они не имеют сменной оптики, габаритные размеры и масса уменьшены за счет отказа от устройств, автоматизирующих съемку.

Специальные типы фотоаппаратов. Для получения неискаженного (без дисторсии) изображения в пределах угла поля зрения 90 или 100° применяются *широкоугольные* фотоаппараты. Такие модели шкального типа (дальномер не нужен из-за большой глубины резкости объектива) с центральным затвором оснащены несъемным сверхширокоугольным объективом (относительное отверстие порядка $1:4,5$). Объектив может иметь сравнительно несложную почти симметричную схему, т. е. его линзы не обязательно относить от фотопленки так далеко, как в зеркальных однообъективных камерах. Поскольку широкоугольный объектив — это практически, пожалуй, самый нужный из сменных объективов, широкоугольный аппарат оказывается полезным дополнением к обычному фотоаппарату среднего класса, не оснащенного сменной оптикой.

Для охвата еще большего углового поля зрения, чем позволяет широкоугольный фотоаппарат, служат *панорамные* аппараты, в которых пленка изогнута по дуге окружности, а объектив поворачивается в момент съемки вокруг центра этой окружности, как в отечественных моделях ФТ-2 и «Горизонт», обеспечивающих угол охвата местности в горизонтальной плоскости 120° . Кадр экспонируется не весь сразу, а последовательно через прямоугольную щель, которая движется вместе с объективом (рис. 15). Модель «Горизонт» по схеме аналогична ФТ-2, но отличается способом регулирования выдержек (для этого изменяется не скорость поворота барабана с объективом, а ширина щели) и более короткофокусным объективом, а именно с фокусным расстоянием 28 мм. Однако объектив этого фотоаппарата имеет

довольно простую конструкцию, т. к. он не является широко угольным: ведь при высоте кадра 24 мм и ширине щели, например, 4 мм диагональ одновременно экспонируемого участка кадра получается меньше 25 мм. Благодаря короткофокусному объективу панорамный кадр получается относительно коротким (24×58 мм), и для изготовления отпечатков можно использовать любой фотоувеличитель 6×6 см.

Подобную схему можно применить и для *круговой съемки* (угол охвата 360°), как, например, в фотоаппарате «Глобускоп» (1981 г., фирма «Глобус» США). Зарядка стандартной 35-мм пленкой позволяет получить 5 круговых

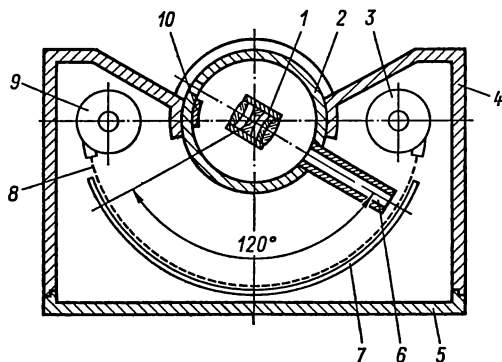


Рис. 15. Схема панорамного фотоаппарата.
1 — объектив; 2 — барабан с пружинным двигателем; 3 — подающая кассета; 4 — корпус; 5 — задняя крышка; 6 — щель; 7 — дугообразная прижимная планка; 8 — фотопленка; 9 — приемная кассета; 10 — заслонка, защищающая пленку от засветки

панорам. Аппарат укреплен на ручке, так что при съемке его можно поднять вертикально над головой.

Особую группу фотоаппаратов составляют *стереоскопические*, однако за последние десятилетия они выходят из употребления, по-видимому, из-за того, что для рассматривания стереоснимков нужны стереоскопы или специальные очки. Способ получения стереоснимков, которые можно рассматривать без специальных оптических устройств, предложили недавно американские изобретатели Дж. Нимс и А. Ло. (Кроме того, этот способ позволяет регулировать параллакс для улучшения стереоэффекта.) Их четырехобъективный фотоаппарат «Нимсло 3Д» снимает на обычной 35-мм цветной пленке одновременно (в ряд) 4 негатива 18×24 мм. Для изготовления стереоотпечатков используется специальный увеличитель. Фотоматериал отпечатка покрыт тонким слоем

пластмассы, образующей растр из параллельных рядов линз с шагом около 0,125 мм. При одновременной печати четырех негативов изображение оптическим путем как бы разрезается на узкие полоски, так что под каждым рядом линз растра располагается по 32 полоски изображения, скомбинированных из всех четырех негативов. Стереозэффект достигается при рассматривании такого растрового отпечатка без каких-либо оптических устройств. Отдельные современные модели фотоаппаратов разработаны в специальном *герметизированном* исполнении, благодаря чему они могут использоваться без дополнительного кожуха-бокса для съемок под водой, в песчаной пустыне и других сложных условиях.

Глава 3

ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОАППАРАТОВ

3.1. ФОТООБЪЕКТИВЫ

Направления совершенствования фотообъективов. За последние 25—30 лет усовершенствовалась прежде всего техника расчета объективов. Для того чтобы предсказать, какое качество изображения обеспечит та или иная оптическая система объектива, надо рассчитать координаты световых лучей, исходящих из какой-либо точки в плоскости объекта и пересекающихся в различных точках поочередно поверхности линз вплоть до плоскости изображения. При расчете приходится исследовать ряд пучков лучей для различных цветов спектра и участков поля зрения объектива (например, пучок от осевой точки объекта, находящейся на продолжении оптической оси объектива, и пучки от нескольких точек объекта в пределах поля зрения). Расчет хода каждого луча состоит главным образом в многократном применении закона преломления света для каждой границы воздух — стекло или стекло — стекло. К выполнению подобных повторяющихся операций оказались отлично приспособленными быстродействующие ЭВМ, широко используемые с начала 50-х гг. при исследовании существующих и вновь разрабатываемых оптических систем. Конечно, при создании нового объектива знания, опыт и интуиция оптика-конструктора играют, как и раньше, основную роль, но современные ЭВМ делают более эффективным процесс выбора и оценки вариантов оптической схемы объектива, так как они сводят многомесячные утомительные расчеты к нескольким часам или даже минутам работы ЭВМ.

Широкое применение ЭВМ практически совпало по времени с появлением у оптика-конструктора больших возможностей при усовершенствовании схем объективов за счет применения новых марок *оптического стекла* с очень ценными характеристиками. Оптикам-технологам после многолетней упорной работы удалось создать марки оптического стекла, содержащего соединения редкоземельных химических элементов, в частности лантана. Они имеют высокий показатель преломления¹ и притом сравнительно мало отличающийся для различных цветов спектра. Выгода применения таких стекол очевидна. Если показатель преломления выше, то радиусы линз можно выполнять большими, т. е. менее крутыми, что уменьшает аберрации объектива. Это позволяет конструктору разработать схему объектива с меньшим количеством линз, а при прежнем количестве линз — повысить светосилу объектива, увеличить его угол поля зрения, улучшить качество изображения, или, наконец, выполнить некоторые специальные требования, например касающиеся расположения и диаметра диафрагмы объектива.

Практическое применение многолинзовых оптических систем оказывается возможным лишь при условии *просветления* поверхностей линз. Нанесение просветляющей пленки на стеклянную поверхность линзы позволяет уменьшить потери на отражение на границе воздух — стекло (а для одного значения длины световой волны даже полностью исключить эти потери) и, следовательно, улучшить светопропускание объектива. До введения просветления при разработке схем объективов конструктору приходилось ориентироваться на системы с большим количеством компонентов, склеенных из линз, т. е. с меньшим числом границ воздух — стекло. Например, непросветленные объективы «Гелиос» (с 8 границами воздух — стекло) имели заметно худшее светопропускание (и, значит, большие потери в эффективной светосиле), чем объективы «Индустар» или «Юпитер» с 6 границами воздух — стекло.

У стекла с высоким показателем преломления потери на отражение на каждой границе с воздухом еще больше, поэтому для линз из лантановых стекол просветление становится просто необходимым. Объективы с такими стеклами часто имеют так называемое янтарное просветление линз. Дело в том, что новые сильно преломляющие сорта стекол бывают не бесцветными, а слегка окрашенными: на просвет они желтоватого цвета, так как сильнее поглощают лучи сине-голубой части спектра. Значит, для выравнивания светопропускания по спектру надо так подобрать просветляющую

¹ У лантановых кронов он достигает 1,75 (у новейших марок даже 1,95—2 00), в то время как у кронов старых марок не более 1,62.

пленку, чтобы без потерь пропустить сине-голубые лучи через границы воздух — стекло. А длинноволновые желто-оранжевые лучи в небольшой степени теряются, т. е. отражаются на этих границах. Поэтому просветленные поверхности линз на отражение кажутся желтого — янтарного — цвета (отсюда и название этого типа просветления).

За последнее десятилетие все шире применяется *много-слойное просветление* (как в отечественных объективах «Волна»). В этом случае на поверхность линзы наносится последовательно несколько (например, семь) просветляющих пленок, различающихся своими толщинами и показателями преломления. Многослойное просветление позволяет устранять потери на отражение не для одного, а для нескольких значений длины волны и эффективно воздействовать на светопропускание в широкой области спектра. Это важно при съемке на цветную пленку, так как позволяет получить единообразную цветопередачу для всего комплекта сменных объективов, предназначенных для определенной модели фотоаппарата, независимо от того, какие марки стекол использованы в каждом из объективов.

Кратко остановимся на двух интересных направлениях развития фотообъективов, не отмеченных пока большими успехами. Одно из них — использование *асферических поверхностей линз*. Вслед за первыми объективами с асферической оптикой, предназначенными для малоформатных фотоаппаратов и имеющими относительное отверстие 1:1,2 — «Ноктилюкс» с фокусным расстоянием 50 мм (1966 г., фирма «Лейтц», ФРГ) и «Канон ФД» с фокусным расстоянием 55 мм (1971 г., фирма «Канон», Япония), — было разработано еще несколько подобных объективов. В каждом из них выполнены асферическими лишь одна или две поверхности, но цена объектива из-за этого возросла, по крайней мере, вдвое — настолько сложно изготавливать асферику и контролировать ее качество. И все же такие объективы имеют большие достоинства: введение даже одной асферической поверхности позволяет резко уменьшить aberrации широких световых пучков как в центре поля, так и по всему кадру, при этом практически исчезают aberrационные кольца вокруг центрального пятна в изображении точки. Такие светосильные объективы часто используются для съемок при невысокой средней яркости сюжета (например, ночного города), когда основные источники света — точечные (уличные фонари, огни рекламы и т. п.). При съемке таких сюжетов aberrационные кольца вокруг изображений светящихся точек создают довольно яркий фон, заметный на снимке при малой общей экспозиции. Поэтому асферический объектив, устраняя aberrационные кольца, значительно улучшает резкость изображения. Повышение резкости в большей или меньшей степени заметно для самых различных сюжетов съемки.

Другое направление — замена стекла в объективах прозрачными пластмассами. *Пластмассовые линзы* можно изготавливать большими партиями методом формовки (причем таким способом можно изготавливать и асферику). Однако применяемые сорта пластмасс по своим характеристикам уступают оптическому стеклу: они имеют недостаточную твердость и больший, чем стекла, температурный коэффициент линейного расширения. Ограничен выбор прозрачных пластмасс с различными показателями преломления, позволяющими исправлять хроматическую аберрацию. Кроме того, показатель преломления пластмасс находится в сильной зависимости от температуры. Поэтому пластмассовые объективы используются лишь в простых фотоаппаратах при умеренных требованиях к качеству изображения. Таковы, например, однолинзовые объективы бокс-камер или пластмассовые триплеты, которые использовала (с конца 50-х гг.) американская фирма «Кодак» в своих фотоаппаратах массового выпуска.

Мы рассмотрели основные усовершенствования, коснувшиеся в последние десятилетия оптических систем объективов. Но немало нового появилось и в их механических устройствах. В первую очередь следует упомянуть так называемую *плавающую фокусировку*: при наводке на резкость не только весь объектив перемещается вдоль оптической оси, но одновременно изменяется расстояние между его отдельными компонентами. Так, в упомянутом выше объективе с асферической оптикой фирмы «Канон» последняя линза совсем не сдвигается при фокусировке, у некоторых других объективов той же фирмы первая и вторая группы линз при фокусировке смещаются по разным законам. Когда бывает полезна плавающая фокусировка? У некоторых, особенно асимметричных, объективов качество изображения понижается при фокусировке на конечное расстояние, если схема объектива была рассчитана, как обычно, для случая «объект на бесконечности». Устройство плавающей фокусировки позволяет компенсировать растущие аберрации, в частности кривизну поля, и тем самым существенно улучшить качество изображения близко расположенных объектов на краю поля зрения.

Как разновидность плавающей фокусировки можно рассматривать *внутреннюю фокусировку* — с помощью перемещения одного компонента при неподвижном корпусе и остальных компонентах объектива. Устройство внутренней фокусировки позволяет упростить конструкцию фотоаппаратов с междулинзовым центральным затвором, например компактных малоформатных, так как при фокусировке с таким устройством не требуется перемещать узел затвора и корпус объектива. Не менее выгодна внутренняя фокусировка и для длиннофокусных систем, построенных по схеме телеобъектива, в которых фокусирующая подвижка составляет десятки

миллиметров. Внутренняя фокусировка перемещением заднего (отрицательного) компонента телеобъектива позволяет создать более компактную конструкцию.

Несколько крупных зарубежных фотофирм снабжают хотя бы один из выпускаемых ими типов объективов для малоформатных фотоаппаратов узлом *поперечного смещения оптической оси*. В этих объективах можно смещать все линзы объектива как одно целое в направлении, перпендикулярном оптической оси, на величину примерно до 10 мм, причем

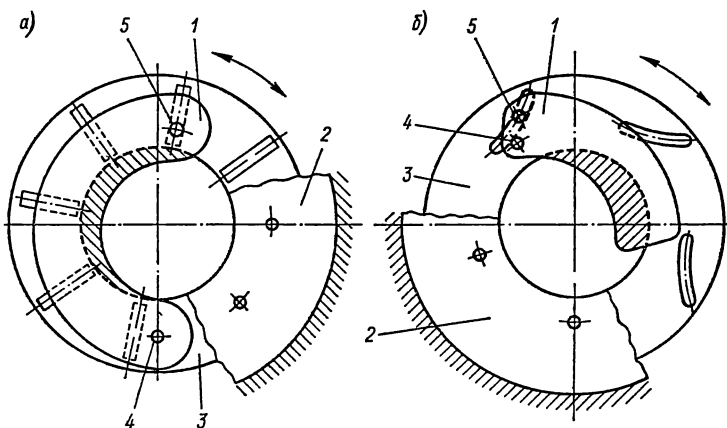


Рис. 16. Ирисовые диафрагмы фотообъективов: *а* — старой конструкции с восемью лепестками; *б* — с равномерной шкалой и пятью лепестками

наружная оправа, с помощью которой объектив укреплен на камере, остается неподвижной. Поперечное смещение оптической оси относительно центра кадра позволяет изображать протяженные объекты, например высокие архитектурные сооружения, без перспективных искажений (см. рис. 12, б).

Значительно усовершенствовались механизмы *ирисовых диафрагм* фотообъективов. Так называемые прыгающие диафрагмы однообъективных зеркальных фотоаппаратов, автоматические диафрагмы в системах регулирования экспозиции — все эти механизмы требуют легкого хода лепестков диафрагмы под действием довольно слабых пружин. Новые конструкции диафрагм, учитывающие эти требования, отличаются меньшим числом лепестков и их формой, примерно такой же, как у лепестков центрального затвора. Для сравнения различные конструкции ирисовых диафрагм изображены на рис. 16, *а*, *б*, где показаны лепестки 1, расположенные между неподвижным корпусом 2 и поворотной

коронкой 3 (на рис. показан один лепесток, закрытая им часть светового отверстия заштрихована). Ось 4 каждого лепестка входит в отверстие корпуса, а штифт 5 — в прорезь коронки. В новых конструкциях ось вращения лепестка и ведущий штифт, входящий в прорезь коронки, расположены рядом, а не на разных концах лепестка, как в старых конструкциях. Прорези коронок часто выполняются криволинейными, так что шкала диафрагм получается равномерной, т. е. с постоянным угловым шагом между соседними делениями шкалы.

Характеристики современных фотообъективов. Рассмотрим главным образом характеристики различных типов сменных объективов для малоформатных однообъективных зеркальных фотоаппаратов. Именно для них разработаны наиболее совершенные объективы с наилучшими техническими характеристиками.

Нормальные объективы. Фокусное расстояние таких объективов близко к размеру диагонали кадра. Их характеризует в первую очередь высокая светосила. Объективы современных шкально-дальномерных малоформатных фотоаппаратов (без сменной оптики) имеют относительное отверстие $1:1,7$ — $1:2,8$, среднеформатных аппаратов — $1:2,4$ — $1:2,8$ зеркальных малоформатных фотоаппаратов — $1:1,4$ — $1:1,8$ и некоторые типы объективов даже $1:1,2$. Последнее значение, пожалуй, близко к разумному пределу, учитывая, что для съемки при слабом освещении можно использовать высококачественные фотоматериалы, а также лампы-вспышки. Действительно, разрабатывались и даже выпускались еще более *светосильные* фотообъективы (с относительным отверстием $1:0,9$ — $1:0,95$), но они не получили распространения, так как при полном отверстии диафрагмы глубина резко изображаемого пространства очень мала, и это затрудняет фокусировку, а также воспроизведение протяженных (по глубине) объектов.

В современных нормальных объектах широко используются новые марки стекол (лантановые), в наиболее светосильных из них — плавающая фокусировка, а иногда и асферика. Применение лантановых кронов для изготовления двух положительных линз четырехлинзовой схемы объектива «Индустар» с фокусным расстоянием 50 мм (рис. 17, а) позволяет повысить относительное отверстие с $1:3,5$ до $1:2,8$ (рис. 17, б), как в отечественном «Индустаре-61», а новейшие марки кронов с особо высоким показателем преломления позволяют довести его даже до $1:1,9$ (рис. 17, в) и к тому же повысить технологичность объектива, так как плоскость диафрагмы удастся вынести за пределы линзового блока (согласно опубликованным прогнозам специалистов) ¹.

¹ Scientific American, vol. 235, 1976, N 2, p. 72—83.

Широкоугольные объективы. Их фокусное расстояние составляет от 0,8 до 0,3 диагонали кадра, т. е. от 35 до 13 мм при формате кадра 24×36 мм. Объективы построены по схеме с отрицательным передним компонентом (см. п. 1.4, рис. 10) и дают изображение, свободное от дисторсии, т. е. от искривления на снимке прямых линий объекта. Из сверхширокоугольных объективов самое большое поле зрения имеют японские объективы «Никкор» $1 : 5,6/13$ мм фирмы «Никон» (118° по диагонали кадра), очень сложный и громоздкий, и «Пентакс» $1 : 3,5/15$ мм фирмы «Асахи» (поле зрения 110° , рис. 18, а). В подобных объективах необходимо использовать новые

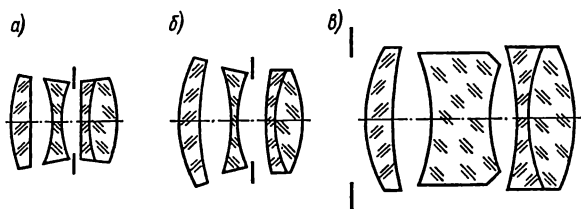


Рис. 17. Схемы объективов «Индустар» с относительными отверстиями: а — $1 : 3,5$; б — $1 : 2,8$; в — $1 : 1,9$

марки стекол, плавающую фокусировку, а подчас и асферические поверхности, чтобы сочетать большое поле зрения с высокой светосилой, как в японских объективах разных фирм $1 : 3,5/18$ мм (поле зрения 100°), $1 : 2,8/20$ мм (поле зрения 94°), $1 : 2/24$ мм и даже $1 : 1,4/24$ мм (поле зрения 83°) и др.

Особую группу составляют сверхширокоугольные дисторзирующие объективы с полем зрения 180° или даже несколько большим. При таком поле зрения, охватывающем все предметы не только перед фотоаппаратом, но и сбоку от него, изображение неизбежно имеет сильную дисторсию, т. е. чем ближе к краю кадра изображаются предметы, тем сильнее они «сплюснуты». Этот тип объективов называют «рыбий глаз»¹, т. к. с подобным искажением перспективы рыба видит из воды предметы, расположенные на берегу (рис. 18, б), поскольку полевому углу 180° соответствует в воде (или в стекле) значительно меньший угол.

У современных объективов типа рыбий глаз изображение заполняет весь кадр, а линзовый блок отодвинут от фото-пленки, как и у других сменных объективов, т. е. при кадрировании и фокусировке можно пользоваться визирно-дальномерной системой зеркального фотоаппарата. Такие объективы для малоформатных фотоаппаратов имеют относи-

¹ В технической литературе на английском языке используется название fish-eye (фиш-ай), т. е. рыбий глаз.

тельное отверстие $1 : 2,8—1 : 4$ и фокусное расстояние не более $15—17$ мм, а для среднеформатных аппаратов соответственно $1 : 3,5—1 : 4,5$ и $30—35$ мм.

Длиннофокусные объективы. Такие объективы имеют фокусное расстояние от $1,5$ до 25 диагоналей кадра и могут быть линзовыми и зеркально-линзовыми. Линзовые выполняются по схеме телеобъектива, т. е. с отрицательным задним

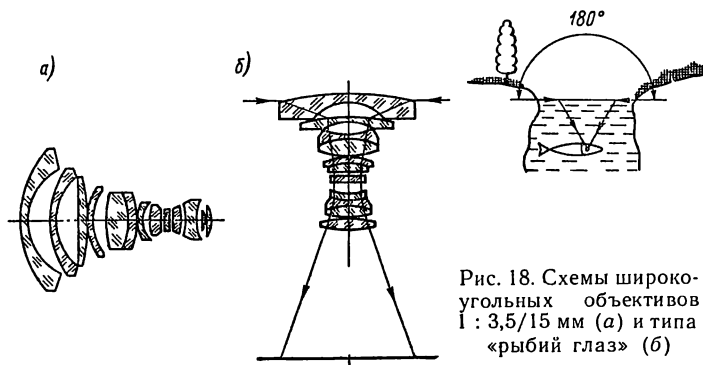


Рис. 18. Схемы широкоугольных объективов $1 : 3,5/15$ мм (а) и типа «рыбий глаз» (б)

компонентом (см. п. 1.3, рис. 7), чтобы сделать оптическую систему более компактной. У *зеркально-линзовых* объективов (как у отечественных ЗМ-5 и МТО-1000 с фокусным расстоянием соответственно 500 и 1000 мм) компактность достигается благодаря излому хода лучей при последовательном отражении от двух сферических зеркал.

У длиннофокусных объективов особое внимание приходится уделять исправлению хроматической аберрации, так как вторичный спектр, т. е. «остаток» этой аберрации после обычной коррекции хроматизма, может быть значительным, поскольку он пропорционален фокусному расстоянию. Успешное исправление хроматизма становится возможным благодаря использованию в некоторых линзах прозрачных кристаллов, а именно флюорита (плавикового шпата). В объективах с флюоритовой оптикой достигается совершенная апохроматическая коррекция. Например, фотографическая разрешающая способность отечественного объектива-апохромата «Апо-Таир-1» $1 : 4,5/300$ мм примерно вдвое выше, чем у ахромата «Таир-3», имеющего такие же значения относительного отверстия и фокусного расстояния. В последнее время удалось разработать марки стекла с такими же оптическими характеристиками, как у кристаллов флюорита, но с лучшими механическими свойствами и большей устойчивостью к изменениям температуры.

В современных зеркально-линзовых объективах отражающие покрытия наносят обычно на внутренние поверхности

деталей-зеркал, через которые лучи проходят дважды (рис. 19). Конструктор объектива может при этом использовать толщины зеркал и их показатели преломления как дополнительные параметры для исправления аберраций.

За последние 20 лет довольно популярной стала идея сочетания целого набора сменных объективов с одним отдельным отрицательным компонентом, состоящим обычно из 3—4 линз. Этот съемный компонент, носящий название *конвертер* (или телеэкстендер), укрепляется в объективном гнезде на камере, а затем перед ним можно установить любой из сменных объективов, рассчитанных для данной камеры.

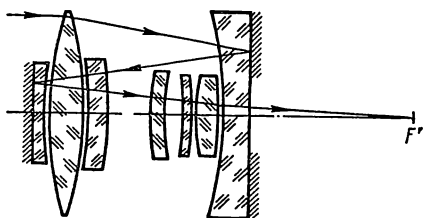


Рис. 19. Ход лучей в зеркально-линзовом объективе

Телеконвертер увеличивает фокусное расстояние любого из этих объективов в два раза (для некоторых типов в полтора или три раза). Во столько же раз уменьшается действующее относительное отверстие объектива. Например, телеконвертер 2× превращает объектив 1:2,8/50 мм в 1:5,6/100 мм. Шкалой

расстояний на объективе, а также матовым стеклом или другими устройствами для наводки на резкость можно в этом случае пользоваться как обычно.

Объективы с переменным фокусным расстоянием. Эти объективы имеют принципиальное преимущество (важное, в частности, для съемки на обращаемую пленку): они позволяют выполнять точную компоновку кадра уже при съемке. Современные объективы с 2—3-кратным изменением фокусного расстояния мало отличаются по размерам и массе от объективов с постоянным фокусным расстоянием и дают такое же качество изображения. Чтобы этого добиться, потребовались годы упорной работы оптиков-конструкторов с использованием больших ЭВМ, применение новых марок оптического стекла, а для повышения светопропускания — внедрение многослойного просветления.

Хотя фотообъективы имеют обычно меньший перепад фокусных расстояний (отношение наибольшего фокусного расстояния к наименьшему), чем объективы киносъемочных или телевизионных камер, все же их конструкция сложна. Они состоят из 10—15 и более линз, так как чаще всего представляют собою соединение телескопической насадки переменного увеличения с обычным фотообъективом. Произведение фокусного расстояния последнего на увеличение насадки равно фокусному расстоянию всей системы. *Насадку*

переменного увеличения можно представить состоящей из трех линз, а именно: двух положительных (неподвижных) и средней отрицательной, которая может перемещаться между ними (рис. 20, а) ¹.

Действие такой насадки можно пояснить следующим образом. Пусть отрицательная линза имеет бóльшую оптическую силу, чем каждая из положительных. Это значит, что если она стоит вплотную к положительной линзе, то вместе

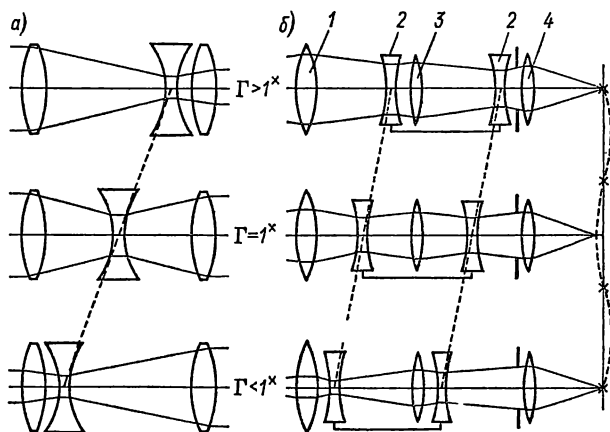


Рис. 20. Упрощенные схемы объективов с переменным фокусным расстоянием: а — телескопическая система переменного увеличения; б — объектив с оптической компенсацией;

1 — передний компонент, служащий также для фокусировки объектива; 2 — подвижные жесткосвязанные компоненты; 3 — средний неподвижный компонент; 4 — задний компонент системы переменного увеличения, объединенный с основным объективом

они эквивалентны некоторой отрицательной линзе. Когда подвижная отрицательная линза занимает крайнее заднее положение, то вся трехлинзовая насадка аналогична по схеме обычной зрительной трубе Галилея (положительный объектив и отрицательный окуляр, как в театральном бинокле), т. е. дает увеличение, большее единицы. Но когда отрицательная линза находится в переднем крайнем положении, то система бинокля оказывается перевернутой (бинокль как бы обращен отрицательным окуляром к наблюдаемому объекту), т. е. дает уменьшение вместо увеличения. Таким образом, по мере

¹ В действительности эти линзы приходится выполнять (для исправления аберраций) в виде двух- или трехлинзовых компонентов.

перемещения средней линзы насадки можно плавно изменять увеличение насадки от собственно увеличения до уменьшения, а следовательно, менять в таком же отношении фокусное расстояние всей системы объектива.

Однако практически насадку переменного увеличения приходится выполнять по более сложной схеме. Нужно принимать специальные меры для того, чтобы плоскость изображения, даваемого всей системой объектива, не смещалась относительно плоскости фотопленки при изменении фокусного расстояния. Для этого используют один из двух способов *компенсации смещения плоскости изображения*: механический или оптический. При механической компенсации одновременно с линейным перемещением средней линзы насадки перемещают одну из крайних линз по сложному закону с помощью специально рассчитанного кулачка. В системах с оптической компенсацией оправу средней отрицательной линзы насадки связывают с оправой дополнительной отрицательной линзы, расположенной впереди, и перемещают обе эти линзы вдоль оптической оси совместно по простому линейному закону (рис. 20, б).

Такая усложненная оптическая схема обеспечивает точное совпадение плоскости изображения, смещение которой показано на рис. 20, б пунктирной кривой справа, с расчетной плоскостью фотопленки для нескольких (трех или четырех) значений фокусного расстояния, в том числе для наибольшего (на рис. 20, б сверху) и наименьшего (нижний рис.) Для остальных значений смещения плоскости изображения весьма малы.

Фокусировка объективов с переменным фокусным расстоянием производится обычно перемещением переднего компонента. Дополнительные трудности появляются, если диапазон изменения фокусного расстояния составляет, например, 24—35, 28—50, 35—70 мм, т. е. захватывает и «широкоугольный участок». В этих случаях иногда предусматривается фокусировка одновременным перемещением переднего и заднего компонентов (для уменьшения дисторсии и других аберраций). Подобные приемы применяют и для макрофокусировки таких объективов, т. е. фокусировки на близко расположенные объекты.

Можно отметить, что фокусировка в макродиапазоне довольно часто применяется и в объективах с постоянным фокусным расстоянием. Появляются также специально рассчитанные *макросъемочные* объективы, которые при умеренных значениях поля зрения и светосилы (например, 1:4/200 мм для малоформатных фотоаппаратов) позволяют фокусировать в интервале от «бесконечности» до масштаба 1:1 (т. е. до съемки в натуральную величину).

До последнего времени конструкции *крепления сменных объективов* на камерах не были унифицированы. Чаше, чем

резьбовое, применялось байонетное крепление, обеспечивающее быструю замену объектива, который поворачивается в направляющих на небольшой угол и фиксируется в конечном положении защелкой. Сравнительно недавно пять японских фотофирм договорились использовать единую конструкцию байонетного крепления объективов (байонет «тип К» фирмы «Асахи»). Для того чтобы объективы различных фирм подходили ко всем зеркальным фотокамерам, необходимо унифицировать также расположение и конструкцию механизмов, управляющих работой прыгающей диафрагмы объектива и установкой значения диафрагмы в системах автоматического регулирования экспозиции.

3.2. ВИЗИРНО-ДАЛЬНОМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ФОТОАППАРАТОВ

Видоискатели и дальномеры фотоаппаратов незеркального типа. Главная функция видоискателя — точное определение границ участка пространства, который изобразится в пределах кадра, — становится все более важной в связи с тенденцией к уменьшению формата кадра современных фотоаппаратов и развитием фотографии на обрабатываемых пленках, требующей точного кадрирования в момент съемки (ведь процесс фотопечати с увеличителем в этом случае отсутствует). Это приводит к усовершенствованию его конструкции.

Простейший, так называемый *рамочный*, видоискатель (см. п. 1.1, рис. 1) — с отрицательной линзой в большей из его рамок или даже без нее — широко применялся в старых пластиночных фотоаппаратах, а в настоящее время используется в некоторых моделях в качестве вспомогательного, так как он не позволяет точно определить границы кадра.

В первых моделях отечественных малоформатных фотоаппаратов (ФЭД, «Зоркий», «Смена») использовался *телескопический* видоискатель (см. п. 1.2, рис. 3), состоящий из отрицательной линзы (объектива) и положительной (окуляра). Такая оптическая система позволяет наблюдать уменьшенное изображение фотографируемых предметов, но дает не вполне резкое ограничение поля зрения: край поля затемняется постепенно. К тому же границы кадра сдвигаются, если смещать глаз относительно центра окуляра.

Начиная с 50-х гг. в фотоаппаратах стали использовать гораздо более совершенные *видоискатели с подсвеченной («светящейся») ограничивающей рамкой*. Эта рамка в поле зрения видоискателя кажется как бы висящей на бесконечности, так что глаз может спокойно, без напряжения видеть одновременно и фотографируемые предметы и рамку.

Рассмотрим оптическую схему такого видоискателя. Самая простая из подобных конструкций, называемая видо-

искателем типа Альбада¹, имеет рамку и плоскопараллельную пластинку 1, состоящую из склеенных по сферической поверхности плосковыпуклой и плосковогнутой линз равного радиуса (рис. 21, а). На эту сферическую поверхность (не обязательно на всю ее площадь, а хотя бы по краям) нанесено светоделительное покрытие, т. е. эта поверхность сделана полупрозрачной и играет роль вогнутого зеркала. Рамка 2 размещена настолько близко к глазу, что он видит не рамку, а ее изображение, созданное вогнутым зеркалом. А поскольку расстояние между рамкой и зеркалом равно фокусно-

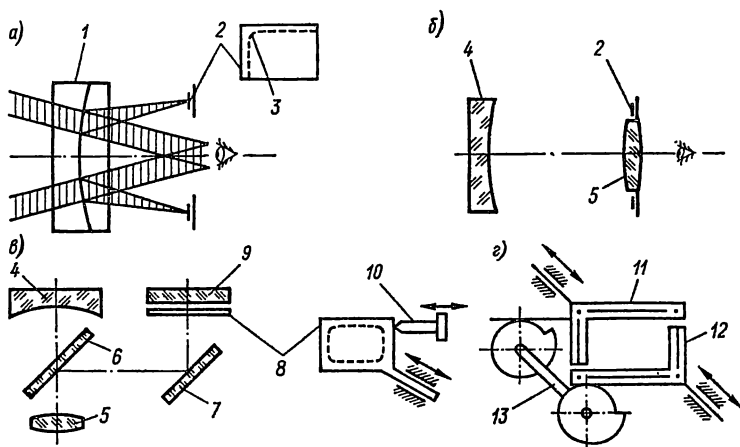


Рис. 21. Видоискатели фотоаппаратов незеркального типа: а — типа Альбада; б — то же с телескопической системой; в — телескопический с подсвеченной рамкой в отдельном окне; г — схема составной рамки

му расстоянию зеркала, т. е. близко к половине радиуса, то зеркало посылает от каждой точки рамки в глаз параллельный пучок лучей. Поэтому рамка кажется бесконечно удаленной и резко видна на фоне объекта съемки.

Часто на рамку наносят еще так называемые параллактические отметки 3, показывающие, куда и насколько сдвигается ограничиваемое поле, если объект съемки расположен не на «бесконечности», а на близком расстоянии (например, 1 м). Таким путем учитывается *параллакс* между объективом и видоискателем, возникающий от несовпадения оптических осей этих двух узлов.

В современных фотоаппаратах часто встречается модификация описанной конструкции, а именно: отрицательную 4 и

¹ Л. ван Альбада (1869—1955 гг.) — голландский генерал и фотограф-любитель, автор ряда изобретений в фототехнике.

положительную 5 линзы выполняют с неравными радиусами и раздвигают так, чтобы они составили телескопический видоискатель с увеличением, меньшим единицы (рис. 21, б). Светоделительное покрытие, необходимое для создания изображения рамки 2, наносят на внутреннюю поверхность отрицательной линзы.

Описанные варианты видоискателя типа Альбада имеют тот недостаток, что подсвеченная рамка часто бывает слишком бледной, неяркой, особенно если в поле зрения сравнительно темные предметы. Освещенность изображения рамки можно существенно повысить, если перейти к другой схеме, очень часто встречающейся в современных фотоаппаратах (рис. 21, в). Рамка выполняется в виде прорези на пластинке 8 в отдельном окне рядом с телескопической системой видоискателя. Перед пластинкой помещено молочное стекло 9, так что рамка ярко освещена и лучами от объекта и наклонными пучками лучей, приходящими из пространства, окружающего объект. Изображение рамки создается с помощью окуляра (положительной линзы) 5 видоискателя и двух плоских зеркал 6 и 7, одно из которых полупрозрачное. Рамка кажется расположенной «на бесконечности», потому, что расстояние от нее до окуляра, считая по ломаной линии, равно фокусному расстоянию последнего.

Такое устройство, хотя и несколько громоздкое, удобно и в другом отношении. На пластинке можно разместить не одну, а несколько рамок, ограничивающих поле зрения для сменных объективов различного фокусного расстояния. Эти рамки можно закрывать подвижными масками, так, например, чтобы при установке любого из сменных объективов была видна лишь только одна соответствующая ему рамка.

Не менее удобно, что пластинку с рамкой (или рамками) можно автоматически перемещать в некоторых пределах с помощью привода 10 во время фокусировки объектива. Это позволяет *компенсировать параллакс* между объективом и видоискателем для любого расстояния до снимаемого объекта, а не только для наименьшего, как в схеме с параллактическими отметками на неподвижной рамке (см. рис. 21, а).

Следующим шагом в усовершенствовании конструкции видоискателя стала схема, в которой во время фокусировки не только сдвигается рамка для компенсации параллакса, но и немного меняются ее размеры. Это сделано для того, чтобы учесть изменение угла поля зрения, которое происходит во время фокусирующего перемещения объектива относительно кадрового окна с пленкой. Например, если объектив отодвигается от кадрового окна, то окно видно из центра объектива уже под несколько меньшим углом; это значит, что надо уменьшить и размер рамки в видоискателе. Практически вместо одной рамки выполняют в двух пла-

стинках две полурамки 11 и 12, каждая из которых имеет прорезь в виде прямого угла и перемещается (при фокусировке объектива) кулачковым приводом 13 по своему определенному закону, специально рассчитанному для каждой полурамки (рис. 21, г).

Как было сказано выше, незеркальные фотоаппараты делятся на шкальные (с фокусировкой объектива по шкале расстояний) и дальномерные (фокусируемые с помощью встроенного в фотоаппарат дальномера). Дальномер сопряжен фокусировочным перемещением объектива и выполняется по примерной схеме, изображенной на рис. 6. Он работает по принципу совмещения двух изображений предмета, наблюдаемых через два окна, расстояние между которыми составляет базу дальномера.

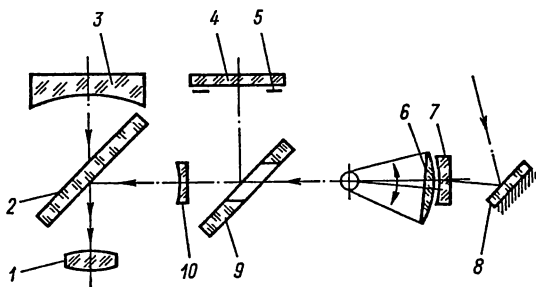


Рис. 22. Оптическая схема объединенного видоискателя-дальномера с подсвеченной рамкой

В современных фотоаппаратах дальномер объединен с видоискателем: не отнимая глаза от окуляра *объединенного видоискателя-дальномера*, фотограф определяет границы кадра и одновременно совмещает два изображения объекта в дальномерном поле, занимающем центральную часть поля зрения видоискателя. В таких конструкциях главным образом применяются описанные выше видоискатели с подсвеченной рамкой. Оптические схемы дальномера и такого видоискателя хорошо согласуются (рис. 22). Положительный окуляр 1 и полупрозрачное зеркало 2 видоискателя (сравните с рис. 21, в) используются и для дальномера. Лучи дальномерной ветви, отраженные от зеркала 8 и прошедшие через компенсатор 6—7, пропускаются отверстием в центре зеркала 9 (изображающего рамку 5, подсвеченную через матовое стекло 4) и отрицательной линзой 10 такого же фокусного расстояния, как и объектив 3 видоискателя. Линза 10 нужна для того, чтобы увидеть в окуляр второе изображение объекта и притом с таким же увеличением, как и первое. Во время фокусировки оправа объектива смещает рамку 5 (для испра-

вления параллакса между видоискателем и объективом) и одновременно поворачивает подвижный элемент компенсатора до тех пор, пока оба изображения в дальномерном поле покажутся глазу совмещенными.

В качестве компенсатора, отклоняющего световые пучки в одной из ветвей дальномера, используется клин переменного угла, образуемый двумя линзами 6 и 7 (положительной и отрицательной) одинакового радиуса, одна из которых смещается относительно другой. Второй часто употребляемый тип компенсатора — с поворотным зеркалом или прямоугольной призмой (см. рис. 6).

Точность работы дальномера тем выше, чем длиннее база и чем больше увеличение оптической системы видоискатель — дальномер. При фокусировке фотоаппаратов со светосильными и длиннофокусными объективами, дающими малую глубину резко изображаемого пространства, погрешность измерений с помощью дальномера слишком велика. Считается, что дальномеры малоформатных фотоаппаратов можно успешно использовать для наводки на резкость объективов с фокусным расстоянием не более 135 мм или светосильных объективов с относительным отверстием не выше 1:1,5.

Видоискатели и дальномеры зеркальных фотоаппаратов. *Зеркальный* видоискатель — первая отличительная особенность одно- и двухобъективных зеркальных фотоаппаратов. Видоискатель с зеркалом 1 (рис. 23, а) позади съемочного объектива 2 должен обеспечивать легкое и точное кадрирование в плоскости 3, причем расстояние от объектива до плоскости изображения 3 должно быть таким же, как до плоскости фотографии 6. Хотя такой видоискатель получается относительно громоздким, он дает резкое изображение границ кадра без параллакса в любом диапазоне расстояний до объекта (с учетом изменения угла поля зрения при фокусировке) для различных сменных объективов.

Правда, для точного кадрирования размеры плоскости изображения в видоискателе должны быть не меньше размеров кадрового окна. Выполнение этого условия не всегда возможно в однообъективных зеркальных фотоаппаратах, так как требует увеличения размеров поворотного зеркала. Из современных отечественных малоформатных моделей такого типа поле зрения видоискателя (23×35 мм), по размерам близкое к кадру, имеют, например, «Киев-17», «Алмаз».

Для наблюдения поля зрения видоискателя таких размеров как 24×36 мм требуется лупа 4 (рис. 23). Наиболее удобно использовать четырех- или пятикратную лупу, так как ее фокусное расстояние близко к фокусному расстоянию основного объектива зеркального малоформатного фотоаппарата (50—60 мм), и размеры объектов в видоискателе кажутся примерно такими же, как при наблюдении невооруженным глазом.

К телескопической системе из съемочного объектива 2 и окуляра (лупы) 4 необходимо добавить *коллективную линзу* 5, чтобы направить в окуляр световые пучки не только от центра, но и от краев плоскости изображения 3. В зеркальных видоискателях современных фотоаппаратов кроме коллективной линзы или вместо нее нередко применяют так называемую *линзу Френеля* 7 с рядом мелких (шаг порядка 0,1 мм или еще меньше) concentрических бороздок специально

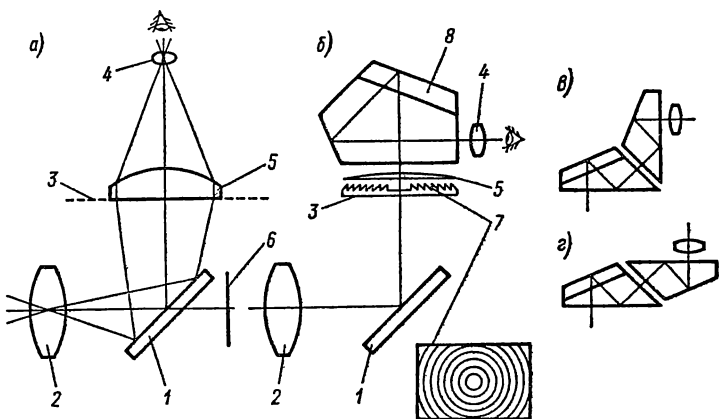


Рис. 23. Видоискатели зеркальных фотоаппаратов: а — с коллективной линзой; б — с линзой Френеля и пентапризмой; в, г — с поворотной призмой (прямое наблюдение и наблюдение сверху соответственно)

рассчитанного профиля (рис. 23, б). Такая линза изготавливается чаще всего прессованием из прозрачной пластмассы; она тоньше и легче, чем коллективная линза. Лучи, попадающие на все кольцевые зоны, удается сфокусировать в центр окуляра точнее, чем с помощью простой коллективной линзы (имеющей значительные aberrации), и тем самым резко повысить освещенность на краях поля зрения.

Правда, эти совершенные зеркальные видоискатели не очень удобны, скажем, при съемке спортивных сюжетов, из-за того, что получается изображение зеркально-обращенным. Например, объект съемки, приближающийся слева, в поле зрения появляется справа. Но и здесь найден выход. Между коллективной линзой и окуляром помещают *пентапризму* 8, которая позволяет получить правильно ориентированное изображение. Часто призму делают съемной, а в фотоаппаратах с форматом кадра 6×6 см заменяют ее точно изготовленной системой плоских зеркал.

В некоторых новых моделях зеркальных фотоаппаратов пентапризма заменена системой из двух призм, одна из которых неподвижна, а другая может поворачиваться вместе с окуляром вокруг оптической оси видоискателя (рис. 23, в, г). При положении поворотной призмы, изображенном на рис. 23, в, можно фотографировать, держа аппарат на уровне глаз, как в системе с пентапризмой. При другом положении (рис. 23, г) в видоискатель можно смотреть сверху. В обоих положениях система с поворотной призмой дает правильно ориентированное изображение.

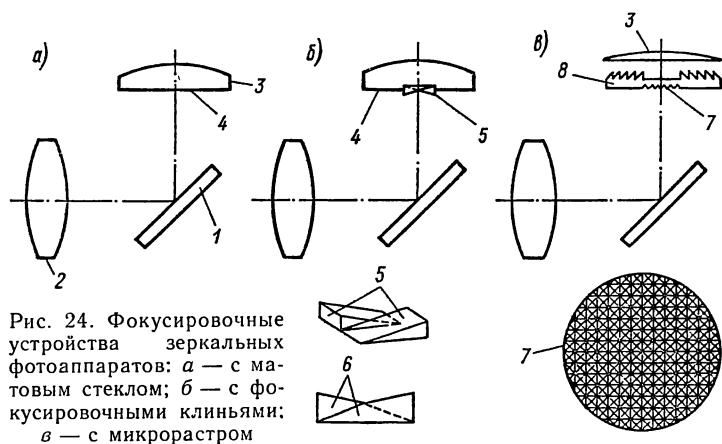


Рис. 24. Фокусировочные устройства зеркальных фотоаппаратов: а — с матовым стеклом; б — с фокусировочными клиньями; в — с микрорастром

Зеркальные видоискатели объединены с системами контроля фокусировки объектива, поэтому наводку объектива на резкость можно выполнять одновременно с определением границ кадра. Простейшее и часто применяемое фокусировочное устройство — *матовое стекло*, т. е. шлифованная плоская поверхность 4 коллективной линзы 3 видоискателя, обращенная к зеркалу 1 и объективу 2 (рис. 24, а). На матовой поверхности как бы фиксируется структура пересекающихся ее световых пучков, и видно, насколько резкой изображается определенная точка объекта.

В современных зеркальных фотоаппаратах кроме матового стекла обычно используются дополнительные фокусировочные устройства, формирующие в центре поля зрения несколько смещенных изображений, которые сливаются в одно в положении точной фокусировки. Эти устройства обеспечивают удобство фокусировки примерно по такому же принципу, как дальномеры фотоаппаратов незеркального типа.

Так, еще с 50-х гг. (в отечественных моделях «Старт» и «Салют») используют *фокусировочные клинья* (или клинья

Додэна). Два одинаковых клина 5 с углом при вершине около $5-10^\circ$ расположены навстречу друг другу в центральной кружке поля зрения (рис. 24, б). Границу фокусируемого объекта следует располагать перпендикулярно линии раздела между клиньями. Перемещать фокусируемый объектив надо до такого положения, когда части изображения, создаваемые двумя клиньями, сольются в одно изображение, т. е. не будут смещены в направлении линии раздела между ними.

Это смещение возникает из-за того что каждый клин отклоняет падающий на него пучок лучей к своему основанию, а сами клинья противоположно направлены. Но смещение двух частей изображения исчезает, если лучи от объекта сходятся в плоскости, которая перпендикулярна оптической оси объектива и пересекает наклонные грани двух клиньев так, что обе линии пересечения сливаются в одну прямую. Эту плоскость при изготовлении фотоаппарата совмещают с расчетной плоскостью резкого изображения 4.

От значения угла при вершине клиньев зависит диапазон относительных отверстий, при которых работает это устройство. Поскольку каждый клин отклоняет световые лучи к своему основанию, то после клиньев пройдут вдоль оптической оси параллельно друг другу такие два пучка, которые в плоскости диафрагмы объектива проходили (ближе к краям диафрагмы) по разные стороны от оптической оси. Поэтому при довольно сильном диафрагмировании (примерно до 1:5,6 — 1:8) фокусировочные клинья не годятся: в этом случае поле одного из клиньев полностью затемняется. Чтобы выполнять фокусировку по клиньям для несветосильных объективов, в одном из новых фотоаппаратов японской фирмы «Канон» применена более сложная конструкция. Каждый клин состоит из двух участков, различающихся величиной угла при вершине (6 на рис. 24, б). С помощью более «пологих» участков клиньев можно выполнять фокусировку (хотя и с меньшей точностью) несветосильного или сильно диафрагмированного съемочного объектива.

С 60-х гг. (в отечественных моделях — начиная с фотоаппарата «Киев-10») применяется и другое фокусировочное устройство — *микрорастр* 7 (рис. 24, в). Это устройство, имеющее вид кружка или кольца, размещается в центральной части зеркального видоискателя и изготавливается прессованием из прозрачной пластмассы — часто вместе с линзой Френеля 8. Микрорастр состоит из множества мелких оптических элементов, например правильных пирамид высотой 0,1 мм. Если лучи, создающие изображение, сфокусированы не точно в расчетной плоскости, то они отклоняются гранями пирамид, и изображение становится «регулярно размазанным». Так, если использованы четырехгранные микропирамиды, то изображение каждой точки учетверяется и т. п. Микрорастр (его иногда называют микропризмы или микро-

пирамиды) позволяет достаточно быстро и надежно определять положение плоскости резкого изображения.

Фокусировочные клинья и микрорастр располагаются в центральной части поля зрения зеркального видоискателя, а остальную часть обычно занимает матовое стекло. В некоторых новых моделях фотоаппаратов матовое стекло заменено особо мелким микрорастром, что позволяет повысить освещенность поля видоискателя, так как на таком микрорастре свет рассеивается меньше, чем на хаотических микронеровностях поверхности матового стекла.

В зеркальных фотоаппаратах высокого класса все чаще предусматривают возможность замены *пластинок-коллективов* (с линзами Френеля) вместе с фокусировочными устройствами, как, например, в отечественной модели «Алмаз». Это позволяет фотографу в зависимости от характера предстоящей съемки (макросъемка, съемка архитектурных сооружений, пейзажей и т. д.) и по своему вкусу выбрать пластинку с фокусировочным устройством из набора, входящего в комплект аппарата: с матовым стеклом, без него, с фокусировочными клиньями, с микрорастром, с сеткой горизонтальных и вертикальных линий и др. Замена пластинок производится с помощью специального пинцета-защелки через отверстие для крепления сменного объектива на камере либо со стороны пентапризмы (если последняя выполнена съемной).

3.3. ФОТОЗАТВОРЫ

Типы затворов. Как упоминалось в гл. 2, в современных фотоаппаратах применяются затворы двух типов: апертурные и фокальные.

Апертурные затворы располагаются близ плоскости апертурной (ирисовой) диафрагмы фотообъектива, определяющей его относительное отверстие, что позволяет обеспечить равномерное освещение всего кадра независимо от того, что в какой-то момент открыта лишь часть светового отверстия объектива. Огромное большинство апертурных затворов — это центральные, которые перекрывают световое отверстие объектива с помощью нескольких (обычно от трех до пяти) тонких металлических лепестков-заслонок. В момент спуска затвора световое отверстие открывается, начиная с центра (т. е. с зоны около оптической оси), и затем закрывается в обратном направлении, к центру. Кроме центральных применяются апертурные затворы в виде поступательно движущейся заслонки позади или перед объективом, как в модели «Киев-30».

Фокальные затворы расположены перед фокальной плоскостью объектива. Они состоят из двух шторок (отсюда — шторный затвор), находящихся возможно ближе к плоскости

фотопленки. Первая шторка, двигаясь при спуске затвора вдоль кадрового окна, открывает пучкам света путь к фотопленке, а вторая шторка, двигаясь вслед за первой, перекрывает эти пучки. При коротких выдержках вторая шторка начинает закрывать кадровое окно еще до того, как первая полностью открыла его; в этих случаях вдоль пленки пробегает щель между двумя шторками (поэтому фокальные затворы иногда называют также щелевыми).

Как апертурные, так и фокальные затворы обязательно содержат механизм, детали которого (лепестки, шторки) перекрывают световые пучки, и устройство регулирования выдержек, которое может быть механическим или электронным¹.

Апертурные затворы. В апертурных центральных затворах чаще всего используется привод с возвратно-поворотным движением лепестков затвора (рис. 25, а). Лепестки после открывания светового отверстия останавливаются и затем, при закрывании его, поворачиваются в противоположном направлении. Ведущее звено перемещается под действием рабочей пружины все время спуска лишь в одном направлении, поэтому для связи ведущего звена с приводным кольцом лепестков используется специальный механизм, например кулачковый или кривошипно-шатунный. На рис. 25, а показан привод в заведенном положении, причем изображены лишь два лепестка. Лепестки 1 поворачиваются вокруг осей 7 с помощью приводного кольца 8. Штифты 6 приводного кольца входят в прорези лепестков. Рычаг 3, вращаясь под действием рабочей пружины 4, поворачивает через штифт 2 кольцо 8 и лепестки 1 (открывание отверстия затвора). Продолжая свое вращение в этом же направлении, рычаг 3 встречает затем штифт 5 и поворачивает кольцо 8 и лепестки 1 в противоположном направлении (закрывание отверстия). При взводе затвора ведущий рычаг 3 возвращается в исходное положение, вновь натягивая рабочую пружину; лепестки затвора при этом неподвижны. Подобная схема обеспечивает при световом диаметре до 18—22 мм наименьшую моментальную выдержку 1/500 с, а при меньшем световом диаметре — до 1/1000 с.

Значительно реже встречаются приводы с так называемыми двусторонними лепестками, открывающими и закрывающими световое отверстие, двигаясь в одном направлении (рис. 25, б). В таком случае лепестки не надо останавливать в положении полного открытия. Это позволяет сократить наименьшую выдержку, но не очень значительно, так как размеры и масса самих лепестков заметно возрастают. По такой схеме был выполнен, например, затвор «Престор

¹ В данном параграфе рассмотрены механические устройства для регулирования выдержек, а об электронных фотозатворах говорится в п. 4.4.

РФС» (ГДР) с предельной выдержкой 1/750 с при световом диаметре около 18 мм. В варианте конструкции, изображенном на рис. 25, б, двусторонние лепестки 9 при спуске затвора поворачиваются вокруг осей 11 в одном направлении с помощью штифтов 10 от приводного кольца 13, находящегося

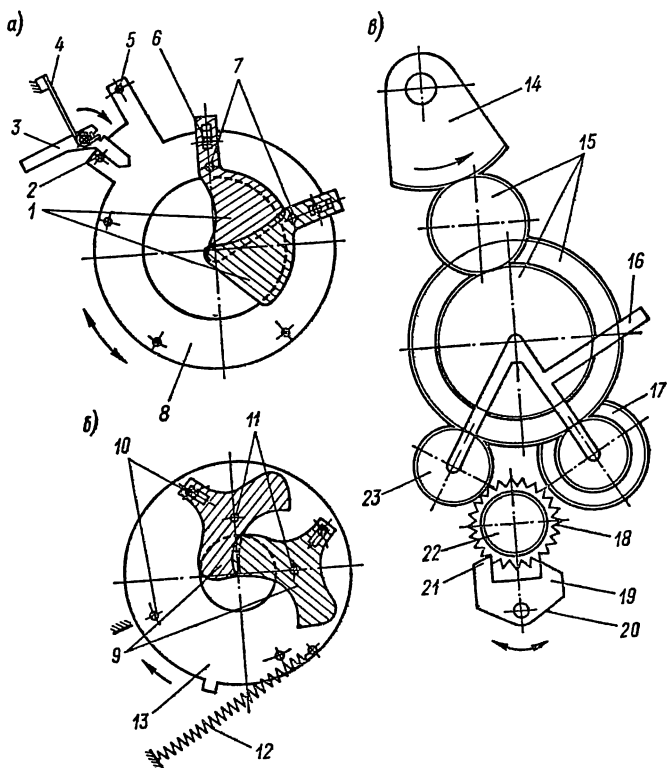


Рис. 25. Приводы лепестков и анкерного регулятора центральных фотозатворов; а — с возвратно-поворотным движением лепестков; б — с двусторонними лепестками; в — анкерный регулятор выдержек

непосредственно под действием рабочей пружины 12. При взводе затвора двусторонние лепестки, возвращаясь в исходное положение, вновь открывают световое отверстие. Чтобы не засветить при этом фотопленку, в таких затворах обычно применяют дополнительные заслонки (на рисунке не показаны).

Регулирование выдержек механическим путем выполняется анкерными регуляторами в широком диапазоне, например

от 1 до $1/500$ с, путем задержки привода лепестков на фазе полного открытия (рис. 25, в). Если установлена любая выдержка кроме наименьшей, то при спуске затвора выступы рычага 3 или кольца 13 поворачивают зубчатый сектор 14 анкерного регулятора. Угол поворота сектора 14 зависит от установленного значения выдержки, он увеличивается цепью шестерен 15, заканчивающейся анкерным колесом 18. Как упоминалось в п. 1.2, регулятор тормозится с помощью анкерной вилки 20, которую колесо 18 заставляет колебаться, нажимая поочередно на правый 19 и левый 21 выступы вилки. Передаточное отношение цепи шестерен 15 может изменяться при перестановке выдержек поворотом поводка 16, т. е. с шестерней 22 сцепляется шестерня 17 или 23. Кроме того, для получения более коротких выдержек (например, короче $1/15$ с) анкерная вилка 20 может быть выведена из зацепления с колесом 18, и торможение привода выполняется за счет проворачивания цепи шестерен 14—22. Изменение угла поворота сектора 14, выключение вилки 20 и поворот поводка 16 выполняются установочным кольцом выдержек затвора (на рисунке не показано).

В затворах для фотоаппаратов с автоматической программной установкой экспозиции (см. гл. 4) устанавливаются не только фиксированные, но и все промежуточные значения выдержек. Для этой группы фотоаппаратов в последние годы широко используют старую идею *затвора-диафрагмы*, т. е. конструкцию, в которой лепестки затвора могут открывать световое отверстие не полностью, выполняя функцию диафрагмы объектива (рис. 26). Экспозиционная программа фотоаппарата состоит в том, чтобы при съемке темного объекта открыть световое отверстие полностью и на наибольшее время, а при съемке все более ярких объектов укорачивать выдержку и одновременно диафрагмировать объектив. Затвор-диафрагма удачно решает задачу одновременного изменения выдержки и диафрагмы.

Лепестки затвора-диафрагмы 1 (на рис. 26 один из них заштрихован) по размерам несколько больше обычных и поворачиваются от ведущего штифта 2. Угол их перекрытия (при закрытом световом отверстии) можно изменять подвижкой штифта 2 от установочного кольца, связанного, например, с измерителем яркости объекта (фотоэкспонетром). Угол поворота лепестков при спуске затвора в положении наибольшего перекрытия (рис. 26, б) такой же, как в положении наименьшего перекрытия (рис. 26, а). Но при наименьшем перекрытии отверстие затвора начинает открываться почти сразу, открывается полностью и затем закрывается. При наибольшем перекрытии отверстие затвора остается закрытым в течение большей части цикла движения лепестков; лишь в середине цикла открывается на более короткое время (до $1/1000$ с) центральная часть отверстия.

Дополнительным механизмом, часто используемым в современных фотозатворах, является *автоспуск*, т. е. анкерный регулятор, обеспечивающий спуск затвора через 7—15 с после нажатия на спусковую кнопку.

Фокальные затворы. Фокальные затворы, разработанные за последние 20—25 лет, имеют существенно улучшенные механические характеристики по сравнению с конструкциями, применявшимися в первых моделях фотоаппаратов «Зоркий» и «Киев» (см. п. 1.3, рис. 8). Значительно увеличена скорость движения шторок, а это имеет большое значение. Во-первых, укорачивается предельная выдержка, при которой полностью

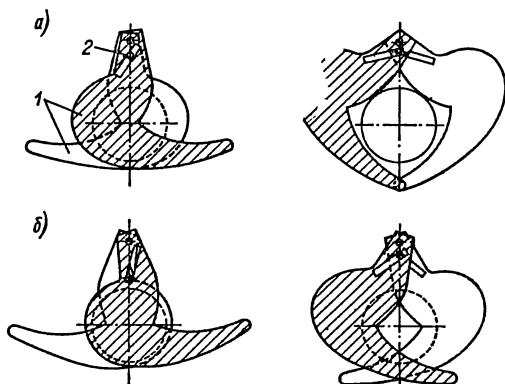


Рис. 26. Схема работы центрального двухлепесткового затвора-диафрагмы при наименьшем (а) и большем (б) перекрытии лепестков (слева — положение до спуска, справа — в момент открытия светового отверстия)

открывается кадровое окно, что важно для синхронизации затвора с импульсными лампами-вспышками. Во-вторых, при высокой скорости движения шторок уменьшаются искажения формы при изображении быстродвижущегося предмета, которые возникают, если шторный затвор работает на самых коротких выдержках. В-третьих, даже при самых коротких выдержках ширина щели между шторками оказывается больше, чем диаметр фокусируемого на пленку светового пучка от объектива, т. е. полностью используется светосила объектива. Как показано на рис. 27, а, плоскость шторок 1 затвора отстоит от плоскости пленки 2 на величину e , и в этой плоскости световой пучок, фокусируемый от объектива 3, имеет диаметр $d = (D/f')e$. Шторный затвор, очевидно, сможет пропустить к пленке этот пучок без срезания в том случае, если наименьшая ширина щели (при кратчайшей выдержке) $b > d$.

Увеличения скорости движения шторок удалось добиться уменьшением их массы: гибкие шторки изготавливают не из прорезиненной ткани, а из тонкой металлической ленты (например, титановой толщиной 0,014 или 0,02 мм). Металлическая лента к тому же не теряет упругости на морозе

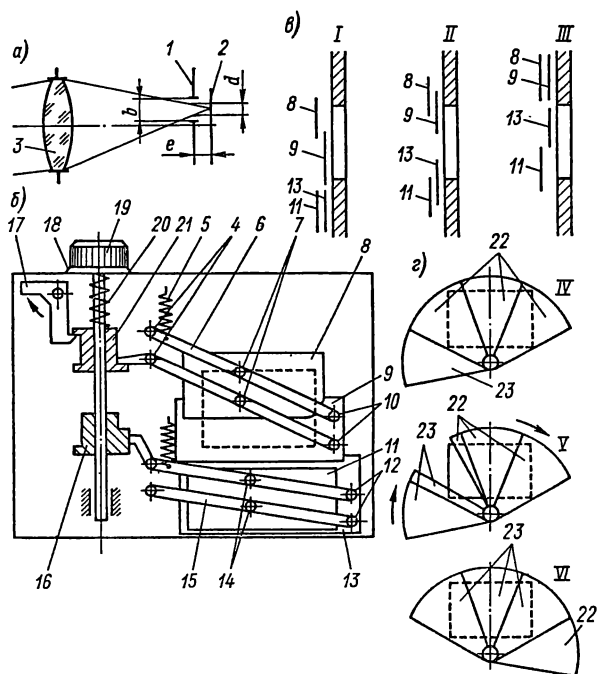


Рис. 27. Фокальные фотозатворы: а — ограничение световых пучков щелью между шторками; б — ламельный затвор; в — положение ламелей первой и второй шторок перед спуском затвора (I), во время спуска (II), после спуска (III); г — положение шторок веерного затвора перед спуском (IV), во время спуска (V) и после спуска (VI) затвора

и не боится попадания сфокусированных объективом прямых солнечных лучей.

Однако в новых однообъективных зеркальных фотоаппаратах — как отечественных («Киев-17», «Зенит-19»), так и иностранных — чаще применяются затворы с жесткими металлическими шторками — ламелями (толщиной 0,06—0,08 мм). Для уменьшения размеров механизма жесткие шторки

выполняют складными. Каждая шторка состоит из двух или трех (или даже пяти) пластинок-ламелей, движущихся при спуске затвора с различными скоростями и надвигающихся одна на другую. Японские фирмы «Копал» и «Сейко» выпускают такие затворы в виде отдельных узлов, встраиваемых затем в различные малоформатные фотоаппараты. При движении ламелей вдоль короткой стороны кадра (24 мм) высота узла шторного затвора составляет примерно 50 мм. Первый (и самый простой) из японских *ламельных* затворов «Копал-Сквэр» имеет шторки, состоящие из двух ламелей каждая (рис. 27, б, в). Рычажный привод под действием рабочих пружин затвора обеспечивает согласованное движение шторок. Из двух ламелей каждой шторки одна ламель перемещается примерно на 25 мм (на полную высоту кадра), а вторая — на половину этого значения. При спуске наименьшая щель между шторками соответствует самой короткой выдержке (1/1000 с), а уже при выдержке 1/125 с ширина щели равна высоте кадра. При еще больших выдержках спуск второй шторки задерживается специальным регулятором.

На рис. 27, б затвор изображен в заведенном положении (кадровое окно показано пунктиром). Поворачиваясь вокруг осей 4, рычажный привод 6 первой шторки под действием пружины 5 может перемещать верхнюю ламель 8 с помощью штифтов 7 и нижнюю ламель 9 с помощью штифтов 10. Аналогично рычаг 15 второй шторки связан с ее ламелями 11 и 13 через штифты (соответственно) 14 и 12. При повороте спускового крючка 17 втулка 21, опускаясь под действием пружины 20, освобождает привод 6 первой шторки, а затем втулка 16 освобождает привод 15 второй шторки (механизм, связывающий втулки 21 и 16, на рисунке не показан). Момент спуска второй шторки зависит от того, на какой угол была развернута втулка 16 при установке выдержки по шкале 18 с помощью маховичка 19.

Первым отечественным ламельным затвором оригинальной конструкции, так называемым *веерным*, был оснащен фотоаппарат «Киев-10» (а позже «Киев-15»). Как первая шторка 22, так и вторая шторка 23 состоят из трех секторных ламелей, складывающихся в виде веера (рис. 27, г).

В современных фокальных затворах чаще всего применяется так называемое независимое движение шторок. Это значит, что приводы обеих шторок, одинаковые по конструкции и массе, последовательно освобождаются специальным механизмом регулирования выдержки (как на рис. 27, б). Поэтому обе шторки будут двигаться по одинаковому закону, сохраняя по всей площади кадрового окна интервал между моментами их освобождения, равный значению выдержки. В более старых конструкциях шторных затворов (например, в фотоаппаратах «Зоркий») механизм второй шторки освобождается непосред-

ственно приводом первой шторки во время открывания кадрового окна. Так как в этот момент привод первой шторки несколько тормозится, возникает опасность неравномерного экспонирования части кадра. А в затворах с независимым движением шторок этот недостаток устраняется, однако такие затворы требуют повышенной точности изготовления всех их узлов.

Синхронизация фотозатворов с лампами-вспышками.

В п. 2.1 упоминалось о том, что в первой половине нашего столетия появились удобные и мощные источники подсветки для фотосъемки в условиях недостаточной освещенности объектов, а именно лампы-вспышки двух типов: *импульсные* (электронные), в которых при каждой вспышке происходит газовый разряд в стеклянной трубке, и *одноразовые*, т. е. лампы однократного использования, в которых вспышку дает сгорание металлической фольги (такие лампы в нашей стране не получили широкого распространения).

Для использования при моментальных выдержках надо синхронизировать фотозатвор с лампой-вспышкой, т. е. совместить моменты вспышки и срабатывания фотозатвора. Проще выполняется синхронизация с импульсными лампами-вспышками, так как очень кратковременный (от $1/2000$ до $1/500$ с) газовый разряд происходит без задержки в тот самый момент, когда замкнута электрическая цепь поджига лампы. Все современные фотозатворы имеют синхронизацию с импульсными лампами-вспышками, которая выполняется с помощью синхроконтakta, обозначаемого латинской буквой «X»¹ («икс»).

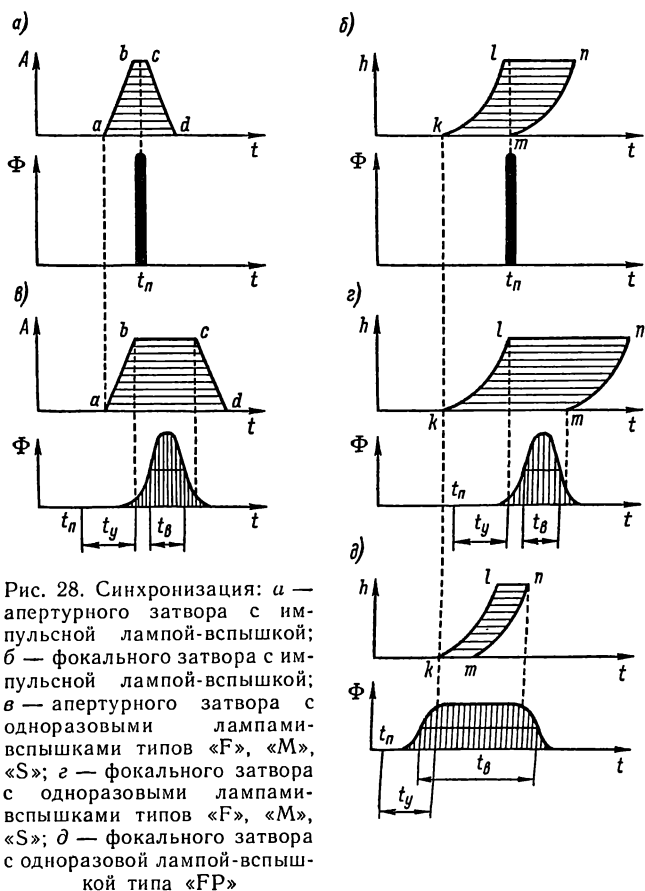
На рис. 28, *a—d* показаны варианты синхронизации апертурного и фокального затворов с импульсными и одноразовыми лампами-вспышками. На рис. 28 t_n , t_y , t_a — время поджига, упреждения и вспышки (свечения) соответственно; *ab*, *bc*, *cd* — фазы открывания, полного открытия и закрывания фотозатвора соответственно; Φ — световой поток лампы-вспышки; h — длина пути шторок затвора; kl — закон движения первой шторки, mn — закон движения второй шторки; A — площадь открытого светового отверстия апертурного затвора.

В центральных затворах приводное кольцо лепестков замыкает синхроконттакт «X» в момент полного открытия отверстия затвора и тем самым поджигает импульсную лампу (рис. 28, *a*). Так как световое отверстие апертурного, в частности центрального, затвора при любой выдержке открывается полностью, то аппараты с центральными затворами

¹ Обозначение «X» связано с символом химического элемента ксенона (Xe), используемого для наполнения газоразрядной трубки импульсной лампы-вспышки.

позволяют пользоваться импульсными лампами-вспышками при установке любой выдержки.

Синхроконтакт «Х» в фокальных (шторных) затворах удобно связать с механизмом первой шторки, чтобы контакт замыкался в момент, когда первая шторка полностью открыла



кадровое окно, а вторая шторка еще не начала закрывать его (рис. 28, б). Но в шторных затворах полное открытие кадра, как указывалось выше, имеет место не при всех выдержках, а, например, лишь при выдержке $1/30$ с (и более длительных) в первых моделях ФЭД, «Зенит», «Зоркий». Таким образом, хотя для вспышки требуется $1/1000$ с, свет от объекта действует на пленку в течение $1/30$ с, вызывая

неучитываемое увеличение экспозиции. В этом отношении удобнее затворы с большей скоростью движения шторок, обеспечивающие полное открытие кадрового окна при более коротких выдержках, а именно при формате кадра равном 24×36 мм и при выдержках порядка $1/90$ — $1/100$ с (это значение на головке установки выдержек часто обозначают буквой «Х») и даже $1/125$ с у многих ламельных затворов.

Синхронизация с одноразовыми лампами-вспышками используется в фотозатворах высокого класса и отличается некоторыми особенностями. Во-первых, одноразовые лампы-вспышки сгорают за более продолжительное время, чем импульсные, и по этому параметру делятся на несколько типов. Вспышка тем длительнее, чем больше ее энергия: у лампы типа «F» время свечения¹ примерно 0,01 с, типа «M» — около 0,015 с, типа «S» — около 0,02 с. Во-вторых, для загорания одноразовой лампы требуется определенное время (разное для каждого типа ламп, но в среднем около 0,02 с), поэтому ее электрические контакты надо замыкать с упреждением, т. е. ранее полного открытия затвора.

В аппаратах с центральными затворами целесообразно использовать одноразовые лампы-вспышки лишь при таких выдержках, когда время полного открытия затвора не меньше времени свечения лампы (т. е. для ламп типа «F» при выдержках $1/60$ — $1/100$ с, а для ламп других типов — при еще бóльших выдержках). Для поджига одноразовых ламп часто используется отдельный синхроконттакт, обеспечивающий необходимое время упреждения, т. е. замыкающий цепь поджига лампы в самом начале движения лепестков или даже до начала их движения (рис. 28, в).

Аналогично и в фотоаппаратах с фокальными (шторными) затворами одноразовые лампы-вспышки указанных типов требуют бóльших выдержек, чем та, при которой уже полностью открывается кадровое окно (рис. 28, г). Цепь поджига одноразовой лампы замыкается первой шторкой в начале ее движения или механизмом регулирования выдержки еще до освобождения первой шторки или, наконец, механизмом поворотного зеркала, которое поднимается еще до начала движения шторок.

Добавим, что специально для фотоаппаратов с фокальными (шторными) затворами иностранными фирмами выпускаются одноразовые лампы-вспышки типа «FP» с почти постоянным световым потоком во время вспышки (оно составляет около 0,03 с). Такие одноразовые лампы можно использовать при более коротких выдержках, при которых кадровое окно не открывается полностью (если только общее

¹ Время свечения определяется на уровне светового потока, равного 0,5 от наибольшего.

время образования щели между шторками и пробега ее вдоль кадра не больше времени свечения лампы-вспышки, рис. 28, ∂ ¹).

Заметим в заключение, что синхроконтакты могут размещаться как на корпусе затвора (центрального), так и на стенке камеры. Новые модели фотоаппаратов часто имеют также «центральный» синхроконттакт для импульсных ламп — в центре обоймы, предназначенной для крепления различных принадлежностей на аппарате. Многие современные импульсные лампы устанавливаются как раз в направляющие этой обоймы, и таким образом достигается более быстрое и удобное подключение лампы-вспышки, так как не требуется провода, соединяющего лампу-вспышку с синхроконттактом.

3.4. ДРУГИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОТОАППАРАТОВ

Механизмы взвода и спуска затвора и транспортирования пленки в современных фотоаппаратах, главным образом малоформатных, отличаются некоторыми усовершенствованиями. Для выполнения названных операций вместо заводной головки, применявшейся в старых моделях фотоаппаратов, используется более удобный *заводной рычаг-курок*, поворачиваемый пальцем и возвращающийся затем в исходное положение под действием пружины. Угол поворота рычага составляет обычно 120—140°, а в исходном положении рычаг располагается под некоторым углом к задней стенке камеры (рис. 29, *а*), как в отечественной модели «Зенит-19». По окончании съемки курок можно прижать к задней стенке, при этом в автоматизированных моделях нередко отключается система установки экспозиции, размыкается электрическая цепь источников питания (батарей или аккумуляторов) с целью экономии электроэнергии.

Обратная перемотка пленки в кассету производится вращением головки, которая снабжена для более быстрой работы откидной ручкой (такой формы, как в измерительных рулетках). Транспортирующий механизм отключается для обратной перемотки нажатием специальной кнопки (расположенной обычно на нижней стенке камеры), которую выполняют западающей, т. е. ее не нужно удерживать в нажатом положении во время обратной перемотки.

¹ Обозначения типов одноразовых ламп-вспышек первоначально использовались в американской технической литературе и представляют собою сокращения английских слов: «F» — fast (быстрый), т. е. быстрогорящая лампа; «M» — medium (средний); «S» — slow (медленный); «FP» — focal plane (фокальная плоскость), т. е. лампа-вспышка для фокальных (шторных) затворов, лампы «F» впоследствии были заменены лампами типа «MF» (medium-fast).

Механизм *счетчика отснятых кадров* чаще всего обеспечивает автоматическое сбрасывание шкалы на нуль при открывании задней крышки аппарата (для извлечения отснятой кассеты после обратной перемотки).

Спусковая кнопка располагается на верхней крышке фотоаппарата (значительно реже — на передней стенке). В современных аппаратах предлагаются новые конструктивные решения этого узла для уменьшения усилия спуска и обеспечения постоянства этого усилия в ходе спуска, для сокращения длины хода спусковой кнопки и нахождения более удобной («хваткой») формы корпуса камеры. Дело в том, что

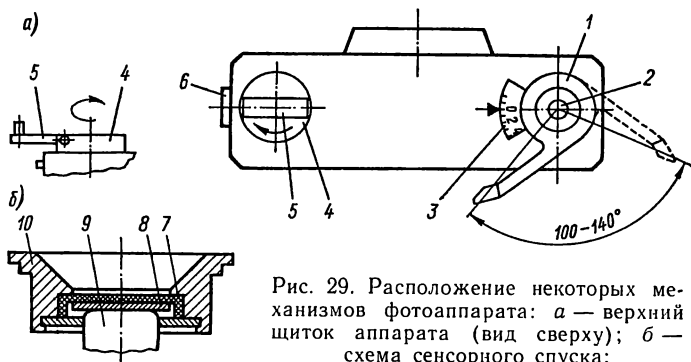


Рис. 29. Расположение некоторых механизмов фотоаппарата: *а* — верхний щиток аппарата (вид сверху); *б* — схема сенсорного спуска:

1 — заводной рычаг (курок); 2 — спусковая кнопка; 3 — шкала само-сбрасывающегося счетчика кадров; 4 — головка обратной перемотки; 5 — откидная ручка (слева показан вид сбоку), 6 — замок задней крышки аппарата; 7 — мембрана; 8 — металлический диск; 9 — спусковой рычаг; 10 — оправа мембраны

все эти факторы (а кроме них еще и такие, как масса аппарата, значения выдержки затвора и фокусного расстояния объектива, положение видоискателя) могут оказаться причиной нерезких, смазанных снимков из-за дрожания фотоаппарата в руках в момент спуска. По опубликованным в литературе данным измерений¹, в некоторых фотоаппаратах ход спусковой кнопки составляет 10 мм, причем в ходе движения кнопки усилие спуска несколько раз достигает «пиков» (до 10 Н) при последовательных включениях пружин, а в промежутках между пиками падает почти вдвое. Такая неудачная конструкция может легко вызвать сотрясения аппарата при спуске.

Примером конструкции с коротким ходом может служить *сенсорный спуск*, примененный в фотоаппаратах незеркаль-

¹ Feinwerktechnik, В. 73, 1969, N 8, S. 361—363.

ного типа фирмой «Агфа» (ФРГ). Спусковая кнопка выполнена в виде пластмассовой шероховатой мембраны (рис. 29, б), при нажатии пальцем достаточно ее прогиба всего на 0,5 мм, при этом усилие спуска равномерно возрастает до 3,5 Н. Сенсорный спуск только освобождает спусковой рычаг, который плавно — за 0,05—0,06 с (скорость его движения регулируется специальным бесшумным анкерным регулятором из пластмассовых деталей) — под действием собственной пружины производит все операции по автоматической установке экспозиции и спуску затвора.

В новых моделях однообъективных зеркальных фотоаппаратов высокого класса усилие и длина хода спуска уменьшены благодаря использованию электроники: спусковая кнопка превращается в управляющий орган, который почти без усилий замыкает последовательно контакты исполнительных электрических цепей. При этом еще до непосредственного спуска шторок затвора выполняется ряд операций по автоматическому определению и установке экспозиции, а также операции, на которых мы сейчас остановимся несколько подробнее: управление механизмами прыгающей диафрагмы и поворотного зеркала.

В старых моделях зеркальных фотоаппаратов приходилось вручную диафрагмировать объектив до требуемого значения перед нажатием на спуск (так как визирование и фокусировку перед каждым снимком выполнять удобнее всего при полном отверстии диафрагмы). Конструкции *прыгающих диафрагм*, автоматизирующих эту операцию, постоянно совершенствовались за последние 30 лет. Привод лепестков диафрагмы двигается легко, на шариковом ходу и находится под действием пружины. В первых конструкциях прыгающей диафрагмы усилие пальца, давящего на спусковую кнопку, сжимало пружину диафрагмы (как в фотоаппарате «Старт») или диафрагма закрывалась пружиной от механизма камеры, но открывать ее приходилось рукой перед следующим снимком (как в аппарате «Салют»). Более совершенна прыгающая диафрагма, установленная в фотоаппаратах «Зенит-4 и -5» и более новых моделях «Салют-С» и «Киев-6С», т. е. с автоматическим закрыванием диафрагмы до установленного значения от механизма камеры и с автоматическим открытием ее при последующем взводе затвора.

Но в современных моделях, в том числе и отечественных, наибольшее распространение получила автоматическая диафрагма нажимного типа, которая в момент спуска «моргает». Она отличается от обычной прыгающей диафрагмы тем, что автоматически открывается вновь до полного отверстия немедленно после окончания спуска затвора. В такой конструкции рычаг под действием пружины, находящейся в механизме камеры, нажимает на стержень механизма диафрагмы, выступающий из объектива, и закрывает

диафрагму, преодолевая усилие пружины этого механизма, — отсюда и название *нажимная*¹.

Применение нажимной диафрагмы особенно целесообразно, если однообъективный зеркальный аппарат обеспечивает постоянное или непрерывное визирование (наблюдение). Ведь если поле зрения видоискателя затемняется от момента нажатия на спуск и до последующего взвода затвора, то несколько затрудняется съемка подвижных объектов. Нет уверенности, что в самый момент спуска затвора не нарушилась композиция кадра. Все новые малоформатные зеркальные фотоаппараты (в том числе отечественные, начиная с «Зенита-Е» и «Киева-10»), как правило, оснащены так называемым *моргающим, или самовозвращающимся, зеркалом*. Благодаря этому устройству поле зрения видоискателя затемняется на какую-то десятую долю секунды, т. е. только на время спуска затвора. В приводе моргающего зеркала могут использоваться две пружины, связанные с механизмом затвора. Одна пружина выводит зеркало из основного хода лучей, а вторая сразу после спуска затвора возвращает зеркало в положение наблюдения.

Механизм *поворотного зеркала* снабжается специальными демпфирующими устройствами, гасящими скорость движения зеркала при подходе его к конечным положениям, чтобы избежать удара оправы зеркала об упоры и, следовательно, возможных сотрясений корпуса фотоаппарата. Такие тормозящие устройства особенно необходимы, если используется зеркало увеличенных размеров. Увеличивать размеры зеркала приходится для того, чтобы поле зрения видоискателя по возможности точно равнялось размерам кадра. Сложность здесь в том, что удлинять обычное поворотное зеркало 3 (рис. 30, а) нельзя, так как в этом случае оно, поднимаясь по дуге *AB* к коллективной линзе 2 видоискателя, заденет за последние линзы 1 объектива фотоаппарата. А для того чтобы полностью, без срезания отразить к коллективной линзе световые пучки, изображающие в точке *M* фотопленки 4 самую верхнюю полосу фотографируемого сюжета, требуется как раз удлинить нижний край зеркала на отрезок *AC*. (Зеркало *OC* обычной длины, не задевающее за объектив при своем повороте по дуге *CD*, не позволило бы изобразить в видоискателе без частичного затемнения полосу *BD*, соответствующую участку *MN* на кадре пленки.)

¹ Полезным дополнением к механизму прыгающей диафрагмы служит дублирующий привод лепестков диафрагмы (его называют *имитатором диафрагмы*) от специального рычажка на объективе или на камере. Отводя пальцем рычажок, можно во время визирования задиафрагмировать объектив до установленного значения и проверить, насколько резко изображаются те или иные предметы в поле зрения.

Чтобы разрешить это противоречие, конструкторы зеркальных фотоаппаратов все же удлиняют зеркало до необходимых размеров (ОА на рис. 30, а), но им приходится несколько усложнять кинематику этого механизма. Например, ось поворота зеркала размещают не в точке О на продолжении отражающей поверхности, а ниже этой поверхности, тогда даже несколько удлиненное зеркало поворачивается, не задевая за объектив. Другой способ заключается в том, что движение удлиненного зеркала совершается не по дуге окруж-

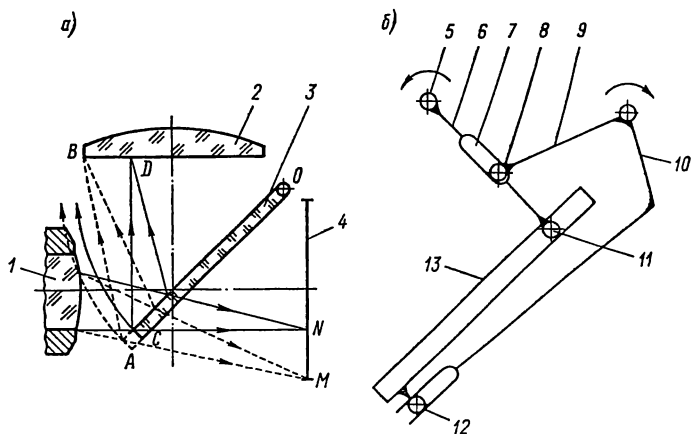


Рис. 30. Поворотное зеркало: а — схема движения зеркала обычной длины; б — привод удлиненного зеркала

ности, а по сложной траектории (рис. 30, б). Ведущий рычаг 6, поворачиваясь вокруг оси 5 (против часовой стрелки), перемещает верхний край зеркала 13 с помощью шарнира 11. При этом по пазу 7 рычага 6 скользит палец 8 двуплечего рычага 9, поэтому рычаг 9 поворачивается, и его второе плечо 10 через шарнир 12 поднимает нижний край зеркала 13. В результате зеркало перемещается таким образом, что его нижний край поднимается почти вертикально, не смещаясь в сторону объектива.

Механизмы поворотного зеркала, прыгающей диафрагмы, облегченного спуска и т. п. довольно сложны, но их применение в современных зеркальных фотоаппаратах высокого класса оказывается вполне оправданным.

В заключение остановимся еще на одном устройстве, которое за последние годы все чаще встречается как в зеркальных, так и незеркальных фотоаппаратах. Это устройство приобретает как принадлежность со сменной задней крышкой

аппарата 2 (рис. 31) и позволяет регистрировать сведения о каждом снимке непосредственно на негативах во время их съемки. Оно в определенной степени заменяет дневник съемок, куда фотограф записывает обычно сведения о сюжете каждого кадра, экспозиции, времени и месте съемки. Данные впечатываются в угол негатива 1, для освещения используется миниатюрная лампочка или светодиод, включаемые специальной кнопкой 5, либо через синхроконттакт в момент нажатия на спуск.

В более простых вариантах устройства впечатывается лишь дата съемки, т. е. число, месяц и год, причем цифры фотограф предварительно набирает на трех шкалах-дисках (7, 8, 9). На этих же дисках можно набрать (вместо

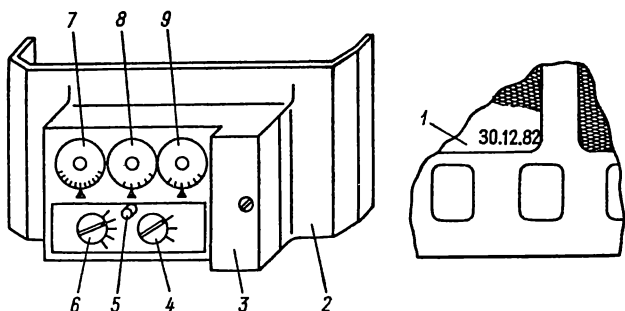


Рис. 31. Съемная задняя крышка фотоаппарата с устройством впечатывания данных на фотопленку

года и месяца) значения диафрагмы и выдержки, установленные при съемке данного кадра. Устройство имеет свой источник питания — батарейку в гнезде 3. Экспозиция, нужная для впечатывания данных, зависит от значения светочувствительности пленки, устанавливаемого по шкале ручкой 6. Переключатель режимов работы 4 имеет обычно три положения: устройство выключено; впечатывание при нажатии на кнопку 5; автоматическое впечатывание в момент нажатия на спуск фотоаппарата.

В более сложном варианте устройства на задней крышке аппарата предусмотрена клавиатура, включающая буквы и цифры, как на пишущей машинке. Самые совершенные из таких устройств имеют электронные кварцевые часы с жидкокристаллическим индикатором и автоматический календарь, так что дату съемки (число, месяц, год и число, час, минута) можно впечатать в кадр, не набирая никаких цифр на шкалах.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ И ЕГО АВТОМАТИЗАЦИЯ В ФОТОАППАРАТАХ

4.1. ЭКСПОНОМЕТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ФОТОАППАРАТОВ

В число основных узлов современного фотоаппарата кроме рассмотренных в предыдущей главе входят системы автоматизированной установки экспозиции. Когда говорят о современных автоматических фотоаппаратах, то имеют в виду, в первую очередь, автоматизированную установку экспозиции, а именно выдержки t и диафрагмы, т. е. диафрагменного числа $n=f'/D$ (где f' — фокусное расстояние объектива, D — диаметр отверстия диафрагмы). Установка выдержки t (с) и диафрагмы n при заранее заданном значении светочувствительности фотоматериала S (ед. ГОСТ) должна выполняться в зависимости от средней яркости объекта L (кд/м²) по так называемой экспонометрической формуле

$$L = \frac{kn^2}{St} = \frac{k}{St} \left(\frac{f'}{D} \right)^2,$$

где k — коэффициент.

Из этой формулы видно, что пропорционально увеличению яркости объекта надо уменьшать площадь светового отверстия объектива или выдержку затвора. Таким образом, одна из задач системы автоматизированной установки экспозиции — точно измерить яркость объекта. Хорошо известно, что человеческий глаз неспособен измерять или хотя бы оценивать яркость предметов с достаточной точностью. Поэтому почти не применяются в современных фотоаппаратах экспонометры с оптическим клином (нейтральным светофильтром переменной плотности) и такие, в которых на глаз оценивается освещенность двух участков поля зрения (на один попадает свет от объектива, на другой — от эталонного источника). Дело тут не только в невысокой точности оптических экспонометров, но и в том, что они не могут обеспечить полной автоматизации установки экспозиции, выполнения этой установки непосредственно при нажатии на спусковую кнопку фотоаппарата.

В автоматизированных системах применяются в основном фотоэлектрические *экспонометры*. Простейший фотоэлектрический экспонометр состоит, во-первых, из фотоэлектрического приемника излучения — фотоэлемента — и, во-вторых, миниатюрного прибора для измерения силы электрического тока — гальванометра.

Фотоэлектрические приемники должны иметь спектральную чувствительность (к свету определенных длин волн) примерно такую же, как глаз и фотоматериалы. В фотоаппаратах нашли применение четыре типа фотоэлектрических приемников.

До 60-х гг. в течение примерно 30 лет применялись исключительно *селеновые фотоэлементы* (с запирающим слоем). Слой селена 5 (рис. 32, а), нанесенный на метал-

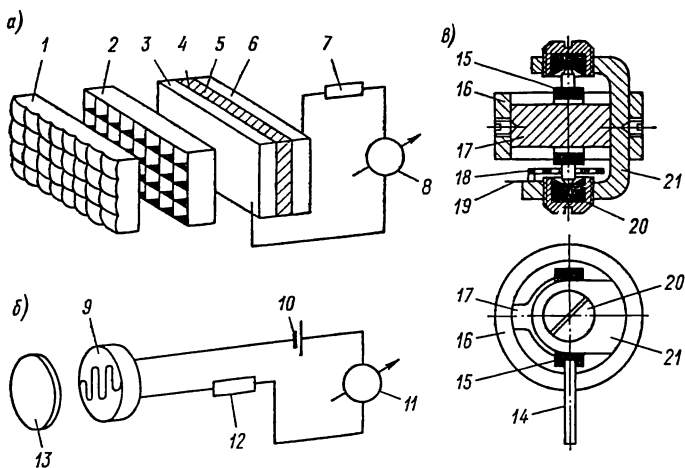


Рис. 32. Экспонометрические устройства: а — с селеновым фотоэлементом; б — с фоторезистором; в — гальванометр (разрез конструкции и вид сверху)

лическую подложку 6, освещается через верхний полупрозрачный электрод 3 (тонкий слой золота, окиси кадмия или др.). Освобождающиеся в селене под действием света электроны пропускаются так называемым запирающим слоем 4 (на границе селенового покрытия) лишь в одном направлении. Таким образом, без электрических батарей или аккумуляторов возникает постоянный электрический ток между электродами селенового фотоэлемента. Сила фототока пропорциональна освещенности на поверхности фотоэлемента в широких пределах. Для увеличения интегральной чувствительности, т. е. силы фототока при данной освещенности, приходится использовать селеновые элементы большой площади (порядка 10 см^2), но все же не удастся измерять яркости меньше $2\text{—}5 \text{ кд/м}^2$. На рис. 32, а также изображены ячеистая линза 1, решетка (ограничитель поля зрения) 2, нагрузочное сопротивление 7, гальванометр 8.

С 60-х гг. в фотоаппаратах начинают использоваться *сернистокадмиевые фоторезисторы* (фотосопротивления). В отличие от селенового фотоэлемента фоторезистор не вырабатывает ток, а лишь снижает свое электрическое сопротивление по мере увеличения освещенности на его поверхности. Схема фотоэкспонетрического устройства с фоторезистором изображена на рис. 32, б, она включает: фоторезистор 9, источник питания 10, гальванометр 11, нагрузочное сопротивление 12, линзу (ограничитель поля зрения) 13. Фоторезисторы требуют внешнего источника питания — чаще всего это миниатюрный элемент, дающий напряжение 1,3 В. Размеры площадки сернистокадмиевых фоторезисторов обычно невелики (около 1 см²), по интегральной чувствительности и быстродействию (инерционности) они превосходят селеновые фотоэлементы примерно в 10 раз.

В 70-е гг. сернистокадмиевые фоторезисторы в фотоаппаратах высокого класса постепенно вытесняются *кремниевыми фотодиодами*, имеющими примерно такие же размеры светочувствительной площадки. По «конструкции» такой фотодиод похож на селеновый фотоэлемент (слой кремния, нанесенный на подложку, освещается через тонкую пленку окиси кремния), но используется чаще в схеме с внешним источником питания, которое требуется также для усилителя фототока (а усиливать приходится очень слабые токи — несколько пикоампер) и для других деталей электрической схемы. Фотодиод обеспечивает быстродействие до единиц микросекунд и линейную зависимость фототока от освещенности чувствительной площадки. Например, при изменении освещенности в 10 миллионов раз — от 0,001 до 10 000 лк → сила фототока растет пропорционально от 10^{-11} до 10^{-4} А. Кремниевые фотодиоды первоначально использовались в солнечных батареях, они чувствительны не только к лучам видимой части спектра, но и к инфракрасным, поэтому в фотоаппаратах используются со специальными оптическими светофильтрами, задерживающими инфракрасные лучи.

В последние годы наряду с кремниевыми фотодиодами применяются *арсенидо-фосфидо-галлиевые фотодиоды*. По основным характеристикам они близки к кремниевым, но выгодно отличаются своей спектральной чувствительностью: она зависит от соотношения частей арсенида и фосфида и ограничена видимой областью спектра, что позволяет обойтись без светофильтра перед фотодиодом.

Спектральная чувствительность всех рассмотренных фотоэлементов показана на рис. 33, для сравнения приведена функция спектральной чувствительности глаза.

Перед фотоэлектрическим приемником помещают специальные ограничительные устройства, чтобы пропустить лучи света лишь от тех предметов, которые попадают в поле зрения объектива фотоаппарата. Ограничительные устройства для

селенового фотоэлемента обычно состоят из ячеистой линзы 1, напоминающей пчелиные соты, и расположенной за ней решетки 2 такой же формы (рис. 32, а). Для фоторезистора или фотодиода ввиду их малых размеров в качестве ограничителя поля зрения удобнее использовать простую линзу 13 (рис. 32, б).

Электрический ток от фотоприемника измеряется гальванометром или безгальванометрическим устройством. Гальванометры современных экспонометрических устройств отли-

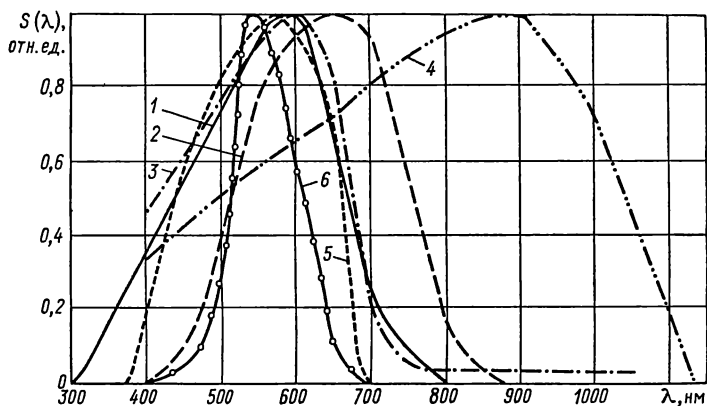


Рис. 33. Относительная спектральная чувствительность различных фотоэлектрических приемников:

1 — селеновый фотоэлемент; 2 — сернистокадмиевый фоторезистор; 3 — кремниевый фотодиод со светофильтром; 4 — то же без светофильтра; 5 — арсенидо-фосфида-галлиевый фотодиод; 6 — функция видимости (спектральной чувствительности глаза)

чаются в частности тем, что используют внутрирамочные магниты (рис. 32, в). Рамка 15, соединенная со стрелкой 14, располагается в зазоре между наружным кольцом 16 и небольшим диском 17 из ферромагнитного материала, находящимся внутри рамки. Диск соединяется с наружным кольцом двумя выступами, но для поворота рамки под действием фототока остается достаточный угол (порядка 100°). Гальванометры такой конструкции получаются довольно компактными: диаметр гальванометра — около 20 мм, высота обоймы 21 — около 15 мм. Подпятники 20, в которых поворачивается рамка, иногда выполняют с пружинными амортизаторами; такие гальванометры более устойчивы к ударам. Изолированный контакт 19 связан со спиральной пружиной 18, создающей противодействующий момент и соединенной электрически с проводом, намотанным на рамку

В автоматизированных фотоаппаратах наиболее целесообразно использование экспонометрических устройств с так называемой равномерной шкалой гальванометра. В таких устройствах обеспечивается логарифмическая зависимость между яркостью объекта и углом поворота стрелки гальванометра. Это значит, что при всех значениях освещенности в пределах рабочего диапазона устройства изменение освещенности фотоприемника вдвое должно вызывать поворот стрелки гальванометра на один и тот же угол.

Основной недостаток гальванометра — его хрупкость, он боится ударов и сотрясений. Неудивительно поэтому, что постепенно все шире применяются в фотоаппаратах безгальванометрические системы, особенно в новых системах автоматической установки экспозиции (таких как электронные фотозатворы). В подобных системах сигнал от фотоэлектрического приемника после усиления и преобразования используется электронными переключающими устройствами, которые отмеряют выдержку затвора или устанавливают диафрагму объектива.

4.2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ЭКСПОЗИЦИИ

Установка по символам. Выбор значений выдержки и диафрагмы в некоторой степени упрощают системы установки по символам, т. е. по стилизованным условным обозначениям типов сюжета и погоды («Ясное солнце», «Солнце за облаком» и т. п.). Такие символьные системы рассчитаны на начинающих фотолюбителей, мало знакомых с цифровыми шкалами выдержек и диафрагм, и встречаются в ряде старых моделей отечественных фотоаппаратов и современных («Смена-Символ», ЛОМО-135М и др.). Однако использование системы символов вместо шкал выдержек или диафрагм еще не означает автоматизации съемочного процесса.

Работы по автоматизации установки экспозиции в фотоаппаратах были начаты в 30-е гг. после изобретения селеновых фотоэлементов, но лишь с конца 50-х гг. на мировом рынке появился ряд моделей фотоаппаратов с такими системами. Именно в это время точное определение экспозиции при фотосъемке стало необходимостью ввиду широкого распространения цветной фотографии на обрабатываемых пленках, а также черно-белых тонкослойных фотопленок с повышенной разрешающей способностью, но с меньшей фотографической шириной.

Встроенный экспонометр и шкала экспозиционных чисел. В фотоаппаратах со шкалой экспозиционных чисел (ее называли также шкалой световых значений) и с встроенным экспонометром (фотоэлектрический экспонометр с селеновым фотоэлементом размещался в корпусе фотоаппарата) еще

не было автоматизированной установки экспозиции, но подготавливалось ее появление.

Шкала экспозиционных чисел появилась первоначально на центральных затворах, она позволяет несколько упростить установку выдержки и диафрагмы в зависимости от вида снимаемого сюжета. На затворе со шкалой экспозиционных чисел установочные кольца выдержки и диафрагмы располагаются рядом (рис. 34, а), причем на кольцо 2 наносится еще шкала экспозиционных чисел, а на кольцо 1 — ее индекс. При этом значения выдержек затвора t составляют такие доли

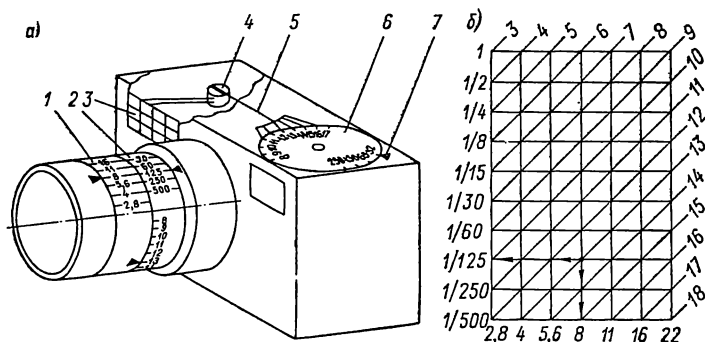


Рис. 34. Установка экспозиции по встроенному фотоэкспонетру со шкалой экспозиционных чисел: а — расположение установочных элементов; б — экспозиционные числа (на наклонных прямых) и соответствующие им значения диафрагм и выдержек (по горизонтальной и вертикальной осям соответственно)

секунды, которые можно выразить целой степенью числа 2 ($1/2, 1/4 = 1:2^2, 1/8 = 1:2^3$ и т. д.)¹. Так же можно выразить и квадраты диафрагменных чисел n^2 . Поэтому и величина n^2/t может быть представлена как целая степень числа 2, т. е. приведенная в начале этой главы экспонетрическая формула получает вид:

$$L = \frac{kn^2}{St} = \frac{k}{S} 2^Z.$$

Показатель степени Z в этом выражении и есть экспозиционное число, соответствующее яркости объекта L и светочувствительности пленки S . Например, если $n = 2,8$ и $t = 1/32$ с

¹ Стандартизованные ряды эффективных выдержек и диафрагменных чисел определяются формулами $t_i = 1/2^m$, $n_i = (\sqrt{2})^m$, где m — последовательные целые числа ($m = 0, 1, 2, 3, \dots$).

(обозначение на шкале — $1/30$ с), то $n^2=8$, $n^2/t=8 \cdot 32 = 2^3 \cdot 2^5 = 2^8$, т. е. $Z=8$.

Таким образом, *шкала экспозиционных чисел* — это ряд последовательных целых чисел (например, в пределах от 3 до 18, если диапазон установки выдержек — от 1 с до $1/500$ с, а диафрагм — от 2,8 до 22), причем уменьшение экспозиционного числа на единицу соответствует установке вдвое большей выдержки или открытию диафрагмы на одну ступень шкалы. Шкалы выдержек и диафрагм в таком устройстве имеют одинаковый угловой шаг, постоянный вдоль шкалы, и направлены навстречу одна другой. Благодаря этому при совместном повороте обоих установочных колец ¹ экспозиция (и экспозиционное число) не изменяется, так как увеличение устанавливаемой выдержки компенсируется одновременным диафрагмированием объектива.

Совместный поворот установочных колец позволяет быстро подбирать пару значений выдержка — диафрагма в зависимости от вида снимаемого сюжета. Чтобы лучше понять принцип выбора правильной экспозиции, обратимся к рис. 34, б. По двум координатным осям отложены значения диафрагмы и выдержки, а на наклонных прямых вынесены соответствующие экспозиционные числа. Пусть, например, значение яркости объекта в момент съемки требует с учетом чувствительности используемой пленки установки экспозиционного числа 12. Значит, при съемке спортивного сюжета, когда нужна самая короткая выдержка, можно подобрать пару $1/500—2,8$ или $1/1000—2$, а при съемке пейзажа, требующего большой глубины резко изображаемого пространства, которая достигается сильным диафрагмированием, можно установить (при том же экспозиционном числе) пару значений $1/30—11$ (съемка с рук) или даже $1/8—22$ (съемка со штатива).

Если в фотоаппарат встроен экспонометр, снабженный шкалой экспозиционных чисел, то установка экспозиции несколько упрощается (рис. 34, а). Экспозиционное число на калькуляторе 6 экспонометра, указываемое стрелкой 5 гальванометра 4, надо установить на шкале затвора, поворачивая кольцо выдержек 2 или кольцо диафрагм 1 по отдельности. После этого при желании можно подобрать пару значений выдержка — диафрагма (из числа возможных при данной экспозиции), которая соответствует характеру снимаемого сюжета, совместным поворотом установочных колец выдержки и диафрагмы в сцепленном положении. (На рис. 34, а показаны также селеновый фотоэлемент 3 и индекс 7 для установки значения чувствительности пленки поворотом кольца 6.)

¹ Для сцепления колец на затворе предусмотрена специальная защелка.

Полуавтоматическая установка экспозиции. В полуавтоматических системах, появившихся в 1957—1958 гг., предусматривается механическая, электрическая или оптическая связь экспонометрического устройства с затвором и объективом фотоаппарата.

Механическая связь выполняется обычно так, чтобы при повороте каждого из установочных колец (выдержек и диафрагм) порознь поворачивался специальный индекс,

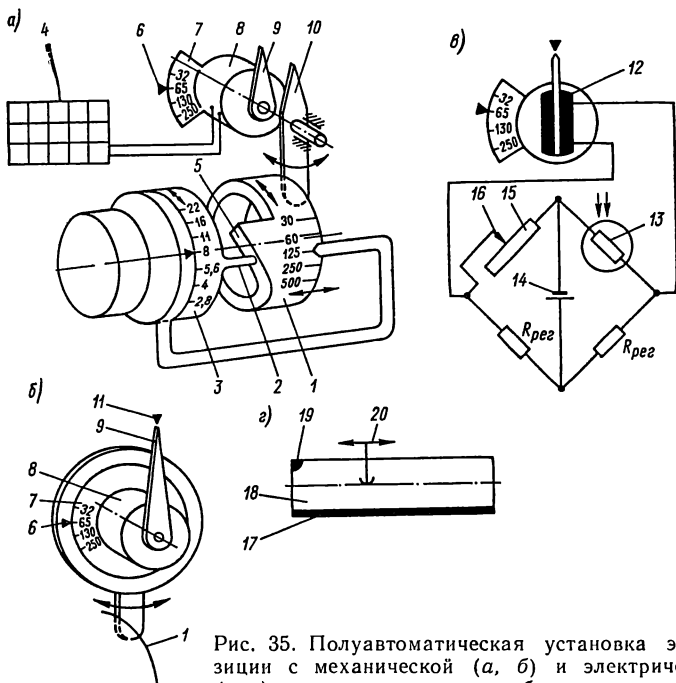


Рис. 35. Полуавтоматическая установка экспозиции с механической (а, б) и электрической (в, г) связью экспонометра, объектива и затвора

а — система совмещения индекса со стрелкой гальванометра; б — система с неподвижным индексом; в — мостовая электрическая схема с неподвижным индексом, г — экспоненциальный делитель напряжения

который нужно совместить со стрелкой экспонометра. Повороты двух колец суммируются механизмами дифференциалов различного типа (шестеренчатых, кулачковых и др.) Но при совместном повороте сцепленных установочных колец этот индекс остается неподвижным. Шкала экспозиционных чисел в этом случае уже не нужна.

Примерная схема устройства с кулачковым дифференциалом изображена на рис. 35, а, где установочные

кольца диафрагмы 3 и выдержки 1 могут поворачиваться относительно корпуса объектива и затвора. Кольцо 3 снабжено пальцем 2, а кольцо 1 — кулачком 5, так что при повороте каждого из колец 1 или 3 в отдельности обеспечивается смещение кольца 1 вдоль оптической оси, вызывающее поворот индекса 10. Этот индекс нужно совместить со стрелкой 9 гальванометра 8, измеряющего ток фотоэлемента 4. Установку значения чувствительности пленки можно выполнить поворотом корпуса гальванометра 8 со шкалой 7 относительно индекса 6.

Часто используется другой вариант конструкции (рис. 35, б), когда перемещения установочных колец выдержки и диафрагмы непосредственно вызывают поворот корпуса гальванометра 8 вместе с его рамкой. В этом случае правильную экспозицию устанавливают, подводя стрелку 9 гальванометра к одному и тому же положению (неподвижному индексу 11). Такой вариант более удобен для введения изображения стрелки гальванометра в поле зрения видоискателя, что позволяет устанавливать экспозицию, не отнимая фотоаппарата от глаз.

Кроме механической связи узлов экспонометра и затвора применяется и *электрическая*, когда с установочными кольцами выдержек и диафрагм связаны электрические сопротивления, изменяющие силу тока от фотоприемника и тем самым сдвигающие стрелку гальванометра до какого-то определенного положения. Возможно использование мостовой электрической схемы (рис. 35, в), в диагонали которой включены рамка 12 гальванометра и источник питания 14, в одно из плеч моста включен фоторезистор 13, а в другое — переменное сопротивление, например таким образом, что с установочным кольцом выдержки связано сопротивление 15, а с установочным кольцом диафрагмы, — ползун, т. е. скользящий вдоль него контакт 16. Особенно удобны для независимого ввода значений нескольких параметров (выдержки, диафрагмы, чувствительности пленки) так называемые *экспоненциальные делители напряжения*, у которых один электрод 17 (рис. 35, г) представляет собой полосу вдоль всего сопротивления 18, а другой электрод 19 — точечный. В этом случае перемещение скользящего контакта 20 в любом участке делителя на определенную величину изменяет сопротивление в некоторое постоянное число раз, т. е. по экспоненциальному (логарифмическому) закону.

При *оптической* связи узлов экспонометра и затвора с установочными кольцами выдержки, диафрагмы, чувствительности пленки связаны заслонки со специальными вырезами, закрывающими часть площадки фотоэлектрического приемника, или светофильтры переменной плотности. При установке значений параметров меняется сила фототока.

Полуавтоматическая установка экспозиции в отечественных фотоаппаратах «Восход», ФЭД-10 и др. появилась в начале 60-х гг.; в настоящее время она применена в ряде моделей однообъективных зеркальных фотоаппаратов («Зенит-19», «Алмаз-102» и др.)

Автоматическая установка экспозиции. При полуавтоматической установке экспозиции обязательна операция поворота установочных колец выдержки и диафрагмы, которая все еще замедляет подготовку к съемке и требует внимания

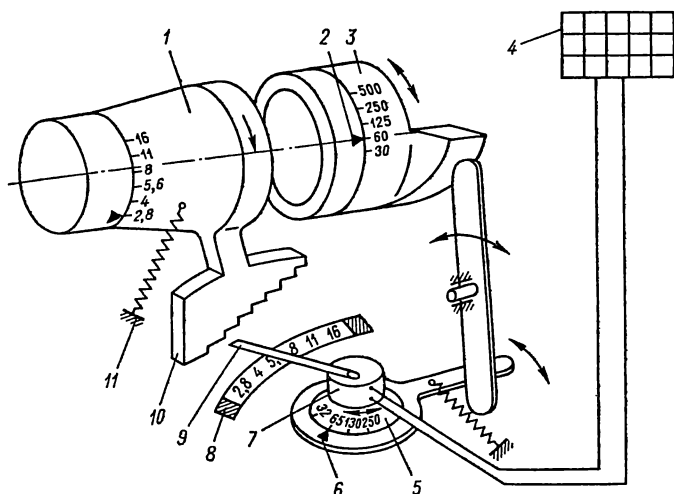


Рис. 36. Автоматическая установка экспозиции

фотографа. Поэтому понятен и важен следующий шаг — к устройству полностью автоматической установки экспозиции, выполняемой при нажатии на спусковую кнопку фотоаппарата. Такие системы получили широкое распространение в 60-е гг., первым из подобных отечественных фотоаппаратов был «Киев-10», а затем «Киев-15», «Орион-ЕЕ» и др.

Такие системы (в ранних вариантах) предусматривают фиксацию положения стрелки гальванометра, которая служит механическим упором для привода диафрагмы объектива (рис. 36). До момента съемки световое отверстие объектива полностью открыто, при нажатии на спуск диафрагма 1 начинает закрываться под действием пружины 11 и одновременно перемещает упор-гребенку 10 особого ступенчатого профиля, пока последняя не будет остановлена стрелкой 9 гальванометра 7. В таком варианте конструкции автомати-

чески устанавливается диафрагма, а второй экспозиционный параметр — выдержку — надо установить предварительно на шкале затвора «вручную». Значения выдержки затвора и светочувствительности пленки могут учитываться экспонометрическим устройством такими же способами, как и в системах полуавтоматической установки экспозиции. Например, в схеме на рис. 36 установка выдержки (по шкале 3 относительно неподвижного индекса 2) или светочувствительности (по шкале 5 относительно индекса 6) вызывает поворот корпуса гальванометра 7, связанного с фотоэлементом 4, так что положение стрелки 9 зависит от значений этих экспозиционных параметров.

Какое значение диафрагмы будет автоматически установлено, фотограф может узнать еще до нажатия на спуск или при неполном нажатии. Для этого в поле зрения видоискателя вводят изображение стрелки гальванометра и специальную шкалу диафрагм. По обе стороны от этой шкалы расположены красные «запрещающие» секторы 8. Если стрелка гальванометра находится на одном из этих секторов, то правильную экспозицию установить не удастся, при нажатии на спуск получится недодержка или передержка. В этом случае для получения правильной экспозиции нужно изменить предварительную установку выдержки так, чтобы стрелка гальванометра сошла с запрещающего сектора. Например, при фотографировании спортивного сюжета условия освещения могут не позволить съемку с выдержкой $1/500$ с; установку выдержки придется изменить, скажем, на $1/250$ с, чтобы стала возможной съемка хотя бы с диафрагмой 2,8.

Стрелка гальванометра в таких системах имеет сложную форму, предусматриваются специальные разгрузочные устройства, чтобы усилие от гребенки привода диафрагм не передавалось на рамку гальванометра и не вызывало перекосов и других повреждений, опасных для этого очень хрупкого узла.

Программная установка экспозиции. Автоматическая установка выдержки и диафрагмы по специально рассчитанной программе была впервые применена в 1959 г. Программа представляет собой последовательность пар значений выдержка — диафрагма, каждая пара соответствует определенному значению яркости объекта съемки (при установленном заранее значении светочувствительности пленки).

Программные системы обеспечивают полностью автоматическую установку экспозиции¹, как, например, в отечественных моделях «Вилия-Авто» и «Микрон-2». Преимущество таких систем, рассчитанных на широкие круги фотолюбителей, — дальнейшее упрощение техники съемки: экспозиция

¹ Фотоаппараты с полуавтоматической программной установкой экспозиции не получили распространения.

устанавливается при нажатии на спусковую кнопку без всяких предварительных операций. Однако жесткая программа, связывающая значения экспозиционных параметров, исключает возможность корректировки значений этих параметров с учетом вида снимаемого сюжета.

Чаще всего программа рассчитывается так, что при увеличении яркости в рабочем диапазоне фотоаппарата одновременно и в одинаковое число раз укорачивается установка

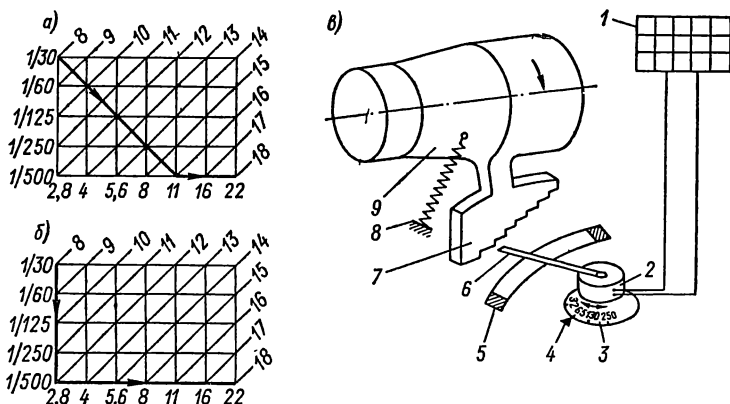


Рис. 37. Программная автоматическая установка экспозиции: а, б — программы, обеспечивающие установку средних пар выдержка — диафрагма и возможно более коротких выдержек соответственно; в — расположение установочных элементов:

1 — фотоэлемент; 2 — гальванометр; 3 — шкала для установки значения чувствительности пленки относительно неподвижного индекса 4; 5 — секторы — указатели диапазона яркостей объекта; 6 — стрелка гальванометра; 7 — гребенка, фиксирующая положение стрелки; 8 — пружина привода; 9 — кольцо автоматической установки экспозиции

вливаемая выдержка и уменьшается площадь отверстия диафрагмы. Такая программа обозначена ломаной толстой линией на рис. 37, а (где по горизонтальной оси указаны значения диафрагмы, по вертикальной — выдержки, а на наклонных прямых — соответствующие экспозиционные числа). По такой программе устанавливается приблизительно средняя пара выдержка — диафрагма из числа возможных при данных условиях освещения, и, например, при съемке спортивного сюжета изображение быстро движущегося предмета может получиться смазанным.

В некоторых фотоаппаратах встречаются и другие программы. Например, сначала выдержка уменьшается до самой короткой, и лишь при дальнейшем росте яркости начинается диафрагмирование объектива (рис. 37, б). Однако при такой

программе при съемке пейзажа глубина резко изображаемого пространства может оказаться недостаточной.

В системах программной установки экспозиции (рис. 37, в) шкалы выдержек и диафрагм должны быть направлены не навстречу друг другу (рис. 34, а и 35), а согласованно, тогда при совместном повороте колец, например, устанавливается меньшая выдержка затвора и одновременно закрывается диафрагма объектива. Часто такие фотоаппараты (программные автоматы) выполняются бесшкальными, т. е. на установочных кольцах нет шкалы выдержек и шкалы диафрагм (впрочем, последнюю иногда сохраняют для съемок с лампами-вспышками или с выдержкой от руки).

Многопрограммная установка экспозиции. Многопрограммные автоматические системы, сохраняя принцип одновременной установки выдержки и диафрагмы, вместе с тем позволяют фотографу выбирать значения этих параметров, наиболее соответствующие характеру снимаемого сюжета. Такая система использована, например, в фотоаппарате «Сокол-2», центральный затвор которого имеет следующую шкалу моментальных выдержек: 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, 1/500 с (на шкале затвора, как всегда, указаны знаменатели этих дробей).

Установка любого из значений шкалы означает выбор одной из пяти программ, приведенных в следующей таблице.

Экспозиционное число	Пары значений выдержка — диафрагма, соответствующие установке по шкале затвора				
	30	60	125	250	500
8	1/30—2,8	1/30—2,8	1/30—2,8	1/30—2,8	1/30—2,8
9	1/30—4	1/60—2,8	1/60—2,8	1/60—2,8	1/60—2,8
10	1/30—5,6	1/60—4	1/125—2,8	1/125—2,8	1/125—2,8
11	1/30—8	1/60—5,6	1/125—4	1/250—2,8	1/250—2,8
12	1/30—11	1/60—8	1/125—5,6	1/250—4	1/500—2,8
13	1/30—16	1/60—11	1/125—8	1/250—5,6	1/500—4
14	1/60—16	1/60—16	1/125—11	1/250—8	1/500—5,6
15	1/125—16	1/125—16	1/125—16	1/250—11	1/500—8
16	1/250—16	1/250—16	1/250—16	1/250—16	1/500—11
17	1/500—16	1/500—16	1/500—16	1/500—16	1/500—16

Если фотограф установил на шкале затвора, например, программу «250», то это вовсе не значит, что при спуске затвора будет установлено значение выдержки 1/250 с. Ведь в программу «250» входят и четыре других значения выдержки, и если освещенность объекта не позволяет установить выдержку 1/250 с, то система автоматически установит другое значение выдержки, по возможности близкое к желаемому (например, 1/125 с при экспозиционном числе 10).

Таким образом, шкала выдержек на многопрограммном затворе представляет собой, по существу, шкалу объектов съемки (т. е. видов сюжета). Установка «500» подходит для съемок спортивных сюжетов (устанавливаются пары с

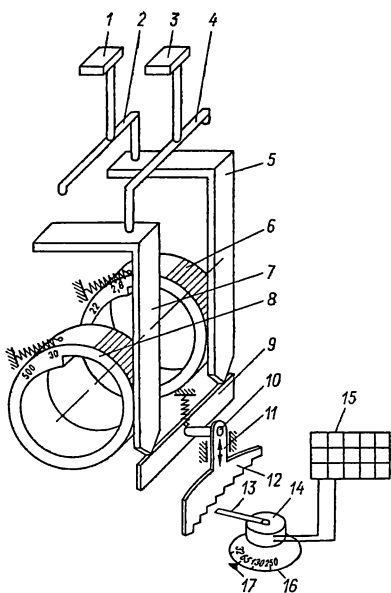


Рис. 38. Многопрограммная автоматическая установка экспозиции с двумя спусковыми клавишами:

1 — клавиша «Пейзаж»; 2 — пальцы клавиши «Пейзаж»; 3 — клавиша «Спорт», 4 — пальцы клавиши «Спорт»; 5 — зубчатая рейка установки диафрагм; 6 — кольцо установки диафрагм; 7 — зубчатая рейка установки выдержек; 8 — кольцо установки выдержек; 9 — коромысло (опускается вместе со стержнем 11 под действием реек 5, 7 и поворачивается вокруг оси 10); 12 — гребенка, 13 — стрелка гальванометра; 14 — гальванометр, 15 — фотоэлемент; 16 — шкала установки чувствительности пленки; 17 — индекс

возможно более короткими при данных условиях освещения выдержками). Наоборот, установка «30» главным образом подходит для съемок пейзажей (устанавливаются пары с наибольшим возможным диафрагмированием). Установка «125» дает примерно такую же последовательность пар значений выдержка — диафрагма, как у большинства обычных однопрограммных фотоаппаратов.

Многопрограммные автоматические системы позволяют фотографу работать намного быстрее и увереннее, чем система автоматической установки диафрагмы, изображенная на рис. 36, так как отпадает необходимость корректировать положение стрелки гальванометра относительно шкалы диафрагм между запрещающими секторами. В многопрограммной системе предварительная установка выдержки по

шкале, если она была неудачной, исправляется автоматически.

Многопрограммные автоматы подходят даже для неопытных фотолюбителей. Экспозиция устанавливается достаточно просто: в зависимости от вида сюжета перед нажатием на спуск требуется только повернуть кольцо на затворе для выбора подходящей программы. Можно устранить и эту единственную установочную операцию, заменив

спусковую кнопку несколькими спусковыми рычагами-клавишами (по числу программ). Хотя разработанные схемы таких многопрограммных автоматов не были реализованы в серийных моделях фотоаппаратов, кратко остановимся на одной из них, предложенной автором этой книги (рис. 38). Две спусковые клавиши имеют такую конфигурацию ведущих пальцев, что обеспечивают установку различных пар выдержка — диафрагма для одного и того же значения яркости объекта. Клавиша «Спорт» имеет более длинный палец у кольца установки выдержек; при нажатии на эту клавишу сначала укорачивается выдержка и лишь при наименьшей выдержке диафрагмируется объектив, если позволяет яркость объекта. (См. программу установки экспозиции на рис. 37, б.) При нажатии на клавишу «Пейзаж», наоборот, сначала при выдержке 1/30 с объектив диафрагмируется для получения наибольшей возможной глубины резкости и лишь при наименьшем относительном отверстии уменьшается устанавливаемая выдержка. В момент нажатия на любую спусковую клавишу устанавливается и отрабатывается правильная экспозиция, но наличие двух клавиш позволяет при этом подобрать пару значений выдержка — диафрагма, наиболее подходящую для снимаемого сюжета. Выбор нужной клавиши, выполняемый при некотором навыке почти рефлекторно, конечно, нельзя считать предварительной установочной операцией.

4.3. СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ ЧЕРЕЗ СЪЕМОЧНЫЙ ОБЪЕКТИВ

Системы автоматизированной установки экспозиции в современных однообъективных зеркальных фотоаппаратах отличаются одной важной особенностью: фотоэлектрический приемник, как правило, расположен позади съемочного объектива. Экспонометрические системы с таким расположением фотоприемника используются, в частности, в новых отечественных зеркальных фотоаппаратах «Зенит-16», «Зенит-ТТЛ», «Зенит-19», «Киев-15», «Киев-6С», «Алмаз-102» и др. и нередко называются в нашей технической литературе *системами ТТЛ*¹. В них фотоприемником служит сернисто-кадмиевый фоторезистор или фотодиод; селеновый фотоэлемент не подходит из-за его более низкой светочувствительности.

Экспонометрические системы ТТЛ появились на мировом рынке около 20 лет тому назад. Первоначально большое распространение получила система с расположением фото-

¹ ТТЛ (TTL) — сокращение термина through the lens или through taking lens (англ.), т. е. через съемочный объектив, принятого в иностранной технической литературе.

приемника в видоискателе фотоаппарата; фотоприемник чаще всего состоит из двух фоторезисторов (или фотодиодов) 6, размещенных по обе стороны от окуляра 5 видоискателя (рис. 39, а). Здесь используются такие преимущества фоторезисторов, как высокая чувствительность и малые размеры приемной площадки. Коллективные линзы в этом случае

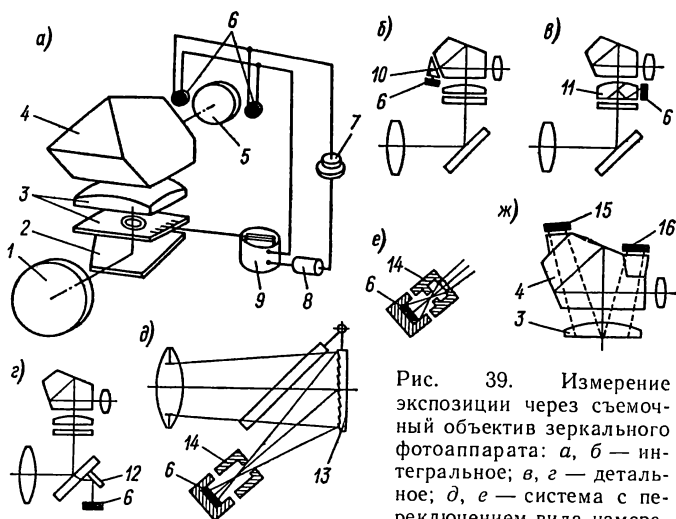


Рис. 39. Измерение экспозиции через съемочный объектив зеркального фотоаппарата: а, б — интегральное; в, г — детальное; д, е — система с переключением вида измерения, ж — система компенсации контрастного освещения;

1 — съемочный объектив; 2 — поворотное зеркало; 3 — линзы коллектива; 4 — пентапризма; 5 — окуляр; 6 — фотоэлектрический приемник; 7 — источник питания; 8 — нагрузочное сопротивление; 9 — гальванометр; 10 — дополнительная призма; 11 — полупрозрачная поверхность коллективной линзы; 12 — дополнительное зеркало, 13 — отражатель Френеля; 14 — сменные светоограничители; 15 и 16 — фотоприемники системы

должны быть рассчитаны так, чтобы направлять лучи не только в окуляр видоискателя, но и на фотоприемник. При таком расположении фотоприемника нужно принимать специальные меры для того, чтобы устранить или компенсировать его засветку через окуляр видоискателя. Нередко окуляр снабжают наглазником (блендой) или предусматривают кроме двух основных еще дополнительный фоторезистор для учета засветки через окуляр.

Возможны и другие варианты расположения фотоприемника позади объектива. Так, в некоторых моделях ТТЛ фоторезистор находится на поворотном зеркале камеры,

с нижней его стороны. Свет, прошедший через съёмочный объектив, отражается, как, обычно в видоискатель верхней грани зеркала. В слое отражающего покрытия сделаны прорезы, через которые небольшая часть светового потока попадает на фоторезистор. В других моделях к фотоприемнику отводится через дополнительную призму 10 часть светового потока, отражаемого одной из граней пентапризмы (рис. 39, б).

Преимущества описанных систем с измерением экспозиции через съёмочный объектив очевидны. С их помощью обеспечивается освещение фотоприемника лишь от предметов, попадающих в поле зрения объектива. Важно, что такое совпадение полей зрения объектива и фотоприемника достигается для различных сменных объективов и для объективов переменного фокусного расстояния. Кроме того, системы с фотоприемником позади объектива автоматически учитывают кратность светофильтра, светопропускание объектива, уменьшение светосилы при макросъемке. Наконец, эти системы позволяют автоматизировать установку экспозиции в фотоаппарате, даже если использовать старые объективы, не имеющие механической связи между установочным кольцом диафрагм на объективе и гальванометром в камере. При диафрагмировании такого объектива изменяется освещенность фотоприемника системы ТТЛ и стрелка гальванометра подходит к своему индексу, как во всех полуавтоматических фотоаппаратах.

Впрочем, аппараты с фотоприемником позади объектива в принципе допускают не только полуавтоматическую, но и полностью автоматическую установку экспозиции (т. е. в момент нажатия на спуск). Для такой установки объектив (точнее, механизм диафрагмы) должен быть связан с гальванометром механически или электрически. В результате конструкция фотоаппарата — в частности его сменных объективов — несколько усложняется, но зато во время установки экспозиции не нужно реально диафрагмировать объектив, т. е. можно выполнять установку экспозиции при полном отверстии объектива.

Изображенные на рис. 39, а, б варианты системы ТТЛ обеспечивают так называемое *интегральное* (или усредненное) *измерение яркости* объектов по всему полю зрения. При этом надлежащий расчет коллектива видоискателя (линз Френеля) позволяет создать конструкции с несколько подчеркнутым центром поля зрения, т. е. направить к фотоприемнику от центральной части поля зрения видоискателя больше света, чем от краев.

Однако при фотосъемке возможны случаи, когда экспозицию надо определять по яркости сюжетно важной детали объекта, занимающей небольшую часть кадра. В этом случае удобнее не интегральное, а *детальное измерение яркости*,

называемое также локальным или селективным. В нескольких моделях современных фотоаппаратов реализованы различные конструктивные варианты детального измерения по центральной части поля зрения. Например, коллективную линзу выполняют склеенной из двух деталей, причем в плоскости склейки наносится частично отражающее покрытие *11* (рис. 39, *в*). В другом варианте (рис. 39, *г*) центральная часть поворотного зеркала делается полупрозрачной, и жестко связанное с ним малое зеркало *12* отражает световые пучки к фотоприемнику, расположенному внутри камеры, в ее нижней части.

При детальном измерении яркости съемка несколько усложняется. Операции измерения экспозиции и кадрирования в этом случае должны быть разделены: при измерении экспозиции сюжетно важную часть объекта нужно расположить в самом центре поля зрения, и лишь после этого заниматься композицией кадра. Поэтому автоматические фотоаппараты, использующие детальный способ, нередко снабжаются устройством для запоминания измеренного значения яркости. Например, кадрирование выполняется при неполном нажатии на спусковую кнопку фотоаппарата, установленное значение экспозиции при этом уже не изменяется.

Поскольку каждый из способов измерения яркости — интегральный и детальный — имеет свои достоинства, на мировом рынке появились модели аппаратов, в которых предусмотрены оба эти способа, и фотограф по желанию может выбрать один из них. Например, в фотоаппарате «Лейка R4» (рис. 39, *д, е*) полупрозрачное поворотное зеркало отражает в видоискатель 70 % светового потока, а остальную часть пропускает к пластинке *13* перед шторным затвором, которая откидывается в момент съемки. Ребристая поверхность этой пластинки действует подобно линзе Френеля, но только не на пропускание света, а на отражение. Отраженный ею свет направляется к кремниевому фотодиоду *6*, перед которым располагаются сменные светоограничители *14*. Если установлен светоограничитель в виде трубки, то на фотоприемник попадает свет от всей площади кадра (рис. 39, *д*). Но если с помощью специального переключателя установить перед фотоприемником светоограничитель с линзой, то получается детальное измерение (рис. 39, *е*).

Следует заметить, что еще в конце 60-х гг. в системах ТТЛ были сделаны попытки усовершенствовать интегральный способ измерения яркости для некоторых типичных сюжетов. Такова система компенсации контрастного освещения¹ японской фирмы «Минолта». В этой системе два фотоприемника *15* и *16* (рис. 39, *ж*) установлены на отражающих гранях

¹ Система CLC — contrast light compensation (англ.).

пентапризмы. На фоторезистор *15* попадают главным образом лучи верхней части поля зрения видеоискателя, а на *16* — нижней. Но фотоприемник *15* расположен дальше от коллективной линзы, чем *16*, и ток через фотоприемник *15* получается более слабым. Это обстоятельство помогает избежать возможной недодержки при съемке горизонтальных кадров, верхнюю часть которых занимает изображение яркого неба, в то время как сюжетно важные объекты в кадре имеют значительно меньшую яркость.

В современных фотоаппаратах часто предусматривается возможность внести поправку в экспозицию, которую определяет автоматика интегральным способом. При съемке сюжетов с большим контрастом между сюжетно важной частью объекта и окружающим фоном фотограф, исходя из своего опыта, может изменить экспозицию до ± 2 ступеней (т. е. до 4-кратной недодержки или передержки по отношению к экспозиции, определенной по средней яркости объектов в поле зрения).

4.4. ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОЗАТВОРЫ

В электронном фотозатворе световое отверстие открывается и закрывается, как и в обычном механическом фотозатворе, с помощью лепестков или заслонок, находящихся под действием пружин. Основное различие между обычными и электронными затворами заключается в способе регулирования выдержки. В механических затворах для этой цели служит, как правило, анкерный регулятор, и выдержка определяется как время, необходимое для поворота на определенный угол цепи зубчатых шестерен. А в электронных затворах измерителем выдержки служит электрическая цепь из резистора (в частности, фоторезистора) и конденсатора.

До спуска затвора конденсатор *12* замкнут накоротко и потому разряжен (рис. 40, *а*). При нажатии на спуск *1* начинает двигаться заслонка *3* (под действием пружины *4*), открывающая световое отверстие *2* объектива. Одновременно переключатель *13* переходит из положения *I* в *II*, включается цепь заряда конденсатора *12* и подается ток (от источника питания *14*) в обмотку электромагнита *8*, который удерживает на месте вторую заслонку затвора. Конденсатор *12* заряжается через фоторезистор (или фотодиод) *11*. Чем ниже яркость объекта, тем слабее фототок и, значит, больше время заряда конденсатора. Зарядная цепь конденсатора соединена со схемой триггера, собранной в простейшем случае на двух полупроводниковых триодах *9*, *10*. Когда напряжение на конденсаторе *12* достигнет определенного расчетного значения, триггер «опрокидывается», т. е. один из триодов *10*, прежде запертый, становится проводящим, а другой триод *9*,

наоборот, запирается. Благодаря этому обмотка электромагнита 8 обесточивается, якорь 7 сдвигается и освобождает вторую заслонку затвора 6, которая под действием пружины 5 начинает закрывать световое отверстие объектива.

Таким образом, время заряда конденсатора через фотоприемник и есть время между спуском первой и второй заслонок затвора, т. е. выдержка. В электронной системе

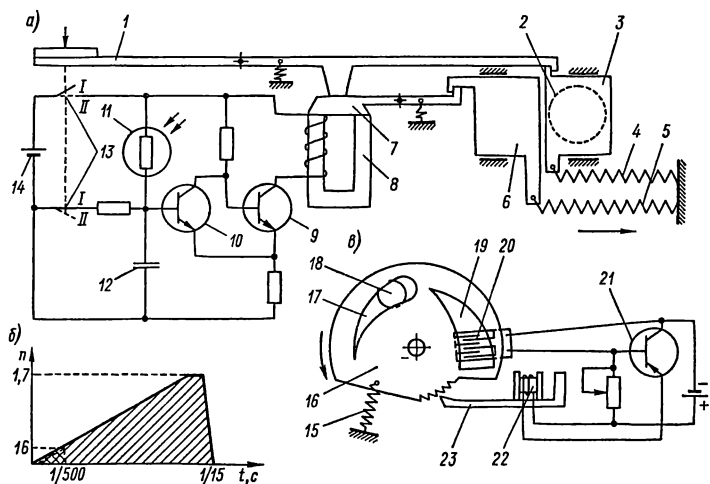


Рис. 40. Электронные фотозатворы: а — система автоматической установки выдержки; б — диаграмма работы программно затвора-диафрагмы; в — система автоматической установки диафрагмы

автоматической установки выдержки можно учесть значения диафрагмы объектива и светочувствительности фотопленки с помощью дополнительных переменных резисторов или диафрагмированием фоторезистора.

Преимуществами описанной выше автоматической системы, примененной, например, в отечественных моделях «Силуэт-Электро», «Силуэт-Автомат», «Электра-112», являются расширенный (до 10 с и более) диапазон выдержек, повышенная точность их установки и значительно бо́льшая надежность, так как удастся обойтись без гальванометра. Однако это потребовало разработки новых систем для указания (еще до нажатия на спуск), возможна ли съемка при данных условиях освещения и какое именно значение выдержки будет установлено. В ранних разработках электронных затворов для такой индикации применялись специальные сигнальные лампочки, видимые в видоискателе, либо вспомогательный гальванометр, стрелка которого служит

индикатором экспозиции, но не упором для установочных колец.

Тогда же, в 60-е гг., появились *электронные программные затворы-диафрагмы*, например японский «Сейко-ЭС», в котором одновременно с началом заряда конденсатора открывается, и притом довольно медленно — за $1/15$ с, световое отверстие (рис. 40, б). Если яркость объекта такова, что конденсатор зарядился быстрее, чем за $1/15$ с, то лепестки затвора-диафрагмы, не успев еще открыть световое отверстие полностью, быстро закрывают его (под действием электромагнита, как во всех электронных затворах). Такая программная система способна устанавливать пары выдержка — диафрагма от $1/15$ с — 1,7 (т. е. при наименьшей яркости объекта в диапазоне работы системы световое отверстие открывается полностью) до $1/500$ с — 16 (при наибольшей яркости объекта).

С помощью электронных систем без гальванометра возможна также автоматическая установка диафрагмы при предварительно выбранной выдержке. Так, в одной из моделей американской фирмы «Кодак» выдержку отсекает простой механический затвор, но еще в начале нажатия на спуск, т. е. до срабатывания затвора, устанавливается диафрагма по следующей схеме (рис. 40, в): под действием пружины 15 поворачивается заслонка 16 с двумя вырезами каплеобразной формы, один из которых (17) открывает световое отверстие 18 объектива, а другой 19 — чувствительную площадку 20 фоторезистора. Во время поворота заслонки 16 при определенной силе фототока триод 21 включает электромагнит 22, якорь 23 сдвигается и останавливает заслонку с вырезами в нужном для правильной экспозиции положении.

Естественно, что такие надежные и точные устройства, как электронные фотозатворы, привлекли внимание в первую очередь конструкторов фотоаппаратов высокого класса, а именно однообъективных зеркальных. В некоторых из них электронный затвор первоначально применялся без системы автоматизации установки экспозиции и без фоторезистора. Вместо него под головкой установки выдержек помещался набор резисторов; при установке каждого значения выдержки в широком диапазоне (например, $1/1000$ — 30 с) соответствующий резистор включался в цепь заряда конденсатора (как на рис. 40, а) и таким образом регулировалось время заряда до момента освобождения электромагнита. Подобная электронная регулировка выдержек применена в отечественной полуавтоматической модели «Зенит-19».

Однако для применения электронных затворов в автоматизированных зеркальных фотоаппаратах серьезным препятствием оказалась обычная для этих аппаратов система ТТЛ. В самом деле, как же в момент съемки отмерять

выдержку, если поворотное зеркало выведено из хода лучей и свет на фотоэлектрический приемник не попадает? Пришлось с помощью специальных электронных устройств запоминать значения экспозиционных параметров в начальный момент нажатия на спусковую кнопку и затем использовать эти значения для автоматической установки экспозиции.

Принцип действия системы электронной установки выдержки с запоминающим устройством показан на рис. 41, а. Значение яркости объекта в момент перед съемкой, измеренное с помощью фотоприемника 1, а также заранее установленные значения диафрагмы и чувствительности пленки 2 опре-

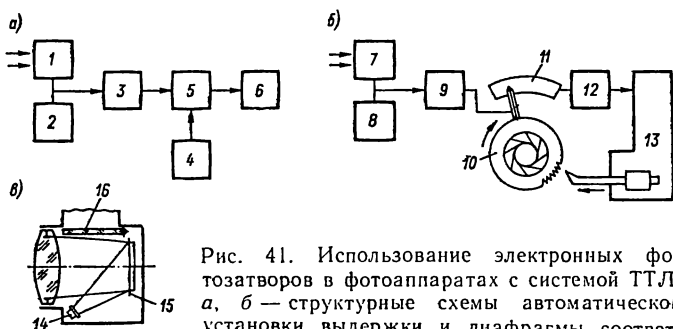


Рис. 41. Использование электронных фотозатворов в фотоаппаратах с системой ТТЛ: а, б — структурные схемы автоматической установки выдержки и диафрагмы соответственно; в — система прямого измерения экспозиции

деляют, до какого напряжения зарядится «конденсатор памяти» 3. После освобождения первой шторки начинает заряжаться конденсатор затвора 4, и когда он зарядится до такого же напряжения, срабатывает через триггерную схему 5 электромагнит 6, освобождающий вторую шторку затвора.

Возможна также система электронной установки диафрагмы с запоминающим устройством (рис. 41, б): значение яркости 7 объекта в момент перед съемкой, а также заранее установленные значения выдержки и чувствительности пленки 8 фиксируются в виде некоторого напряжения в электронном запоминающем блоке 9. Непосредственно перед спуском первой шторки затвора постепенно диафрагмируется объектив, при этом изменяется сила тока в цепи, так как с приводом диафрагмы 10 связано переменное сопротивление 11. При достижении определенного порогового значения силы тока срабатывает через триггерную схему 12 электромагнит 13, останавливающий привод диафрагмы. При дальнейшем нажатии на спуск обрабатывается заранее выбранная

выдержка при только что установленном значении диафрагмы.

Первые фотоаппараты с подобными устройствами, сочетающие электронную установку экспозиции (без гальванометра) с системой ТТЛ, появились на мировом рынке в 1972 г. В последние годы получили распространение *многорежимные* системы. Фотограф по своему желанию может переключить схему на один из нескольких режимов: автоматическая установка выдержки при предварительно выбранной диафрагме, либо автоматическая установка диафрагмы при выбранной выдержке ¹, либо программная одновременная установка обоих этих экспозиционных параметров, либо полуавтоматическая установка и др. Кроме того, в некоторых режимах можно выбирать интегральный или детальный способ измерения яркости объекта.

Наиболее совершенные новые зеркальные фотоаппараты характеризуются все более широким использованием электронных вычислительных и управляющих устройств. Для повышения точности установки экспозиции применяется аналого-цифровой преобразователь. Аналоговый сигнал, т. е. электрическое напряжение, определяемое измеренной яркостью объекта с учетом установок диафрагмы и светочувствительности пленки, переводится с помощью кодирования в дискретную, или цифровую, форму и запоминается как определенное количество электрических импульсов. Импульсы со строго поддерживаемой частотой генерирует кварцевый осциллятор. Например, в фотоаппарате «Практика Б200» (ГДР) генерируются импульсы частоты 16 384 Гц, автоматическая установка выдержки в диапазоне 40—1/1000 с выполняется с точностью 1/6 ступени: для этого каждому удвоению выдержки соответствует добавление 6 импульсов. Во время экспозиции электронный счетчик отсчитывает импульсы от кварцевого генератора, и как только их количество сравняется с подсчитанным и хранимым в электронной памяти значением, обесточивает электромагнит, освобождающий вторую шторку затвора.

В многорежимных автоматических фотоаппаратах *микропроцессор* с аналого-цифровым преобразователем выполняет еще больше операций. Так, в японском фотоаппарате «Канон А-1» запрограммированы последовательность операций при спуске и вычисление устанавливаемых значений экспозиционных параметров для каждого из шести режимов работы системы. Важной особенностью этой модели является то, что с самого начала значения выдержки (или диафрагмы) и

¹ В наиболее совершенных моделях в случае неудачного предварительного выбора значения экспозиционного параметра это значение исправляется автоматически (как в многопрограммной системе, см. таблицу в п. 4.2).

чувствительности пленки задаются (кодируются) в цифровой форме, удобной для ввода в микропроцессор.

В середине 70-х гг. был опробован принципиально иной способ электронной установки выдержки в фотоаппаратах, имеющих систему ТТЛ; его называют способом *прямого* (или динамического) *измерения*. Фотоприемник (безынерционный кремниевый фотодиод) внутри камеры направлен на кадровое окно (рис. 41, в). При нажатии на спуск поворачивается зеркало 16 камеры, затем трогается с места первая шторка 15, и в тот же момент конденсатор электронного затвора начинает заряжаться. Значение электрического сигнала определяется засветкой приемника 14 лучами, отраженными от первой шторки 15 затвора, покрытой специальным светорассеивающим узором, и от поверхности экспонируемого кадра, открываемого при движении первой шторки. Когда конденсатор заряжен, освобождается вторая шторка затвора, как в электронных затворах незеркальных фотоаппаратов (рис. 40, а). Система прямого измерения, рассчитанная на определенный коэффициент отражения фотопленки и шторки затвора и не требующая запоминания значения экспозиции, появилась сначала в японском фотоаппарате «Олимпус ОМ-2», а затем еще в нескольких моделях зарубежных зеркальных фотоаппаратов.

4.5. АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ЭКСПОЗИЦИИ ПРИ СЪЕМКЕ С ЛАМПАМИ-ВСПЫШКАМИ

В современных фотоаппаратах очень часто встречается автоматическая установка экспозиции не только при освещении объекта солнцем или лампами накаливания, но и при съемках с лампами-вспышками. В самых простых системах автоматизация состоит в механической связи двух установок на объективе, а именно диафрагмы и расстояния до объекта; никакого экспонометрического устройства на фотоаппарате нет. Продолжительность выдержки (для центральных затворов) не имеет существенного значения, чаще выбирают выдержку $1/30$ с, чтобы пользоваться как импульсными, так и одноразовыми лампами-вспышками (классов «MF» и «M», см. п. 3.3).

В системах такого типа перед началом съемки нужно установить на специальной шкале так называемое ведущее число лампы, характеризующее энергию вспышки и учитывающее, кроме того, светочувствительность используемой фотопленки. При фокусировке объектива одновременно поворачивается и кольцо установки диафрагмы. Автоматически устанавливается диафрагменное число, произведение которого на измеренное расстояние до объекта (в метрах) равно ведущему числу. Лампа излучает в пределах угла, примерно равного углу поля зрения нормального объектива.

Дальнейшей автоматизации установки экспозиции способствовало появление в 60-е гг. фотоаппаратов с встроенными лампами-вспышками, первоначально с одноразовыми лампами. Размеры малоформатного фотоаппарата практически не увеличиваются от добавления устройства с одноразовой вспышкой, так как используются самые миниатюрные лампы, а рефлектор 3 для лампы 4 утапливается в верхней крышке фотоаппарата 1 или служит крышкой контактного гнезда 2 (рис. 42, а). Для выбрасывания использованной лампы-вспышки служит специальная кнопка 5.

Затем в фотоаппараты все чаще стали встраивать *вспышки-кубики*. В каждом кубике ($25 \times 25 \times 29$ мм) четыре миниатюрные одноразовые лампы-вспышки с рефлекторами.

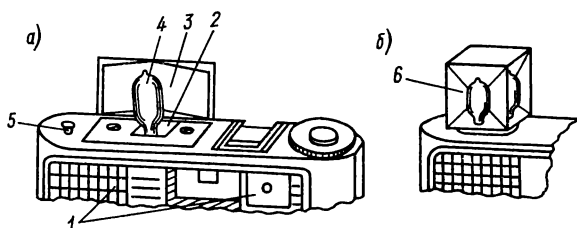


Рис. 42. Верхняя часть корпуса малоформатного фотоаппарата со встроенной одноразовой лампой-вспышкой (а) и фотоаппарата со вспышкой-кубиком (б)

Кубик 6 укрепляется в обойме на верхней крышке фотоаппарата (рис. 42, б). При спуске затвора обойма автоматически поворачивается на 90° , так что можно, не заменяя кубика, сделать серию из четырех снимков со вспышкой.

Усовершенствованная конструкция кубика (начала 70-х гг.) позволила обходиться без электрической батарейки. Такие кубики поджигаются за счет пьезоэлектрического эффекта: удар по чувствительному элементу в фотоаппарате в момент нажатия на спуск создает всплеск электрического напряжения, достаточный для поджига одноразовой лампы-вспышки.

Все же популярность одноразовых вспышек заметно пошла на убыль в последние годы, когда удалось разработать импульсные (электронные) лампы удивительно малых размеров при достаточной энергии вспышки (ведущее число примерно 15—20 для светочувствительности фотопленки 130 ед. ГОСТ). Импульсные лампы-вспышки встраивают в малоформатные и даже миниатюрные фотоаппараты. Такие лампы обеспечивают более удобную работу, чем одноразовые

(не требуется замена лампы после каждого или четырех кадров), и значительно меньшую стоимость каждой вспышки.

Системы автоматической установки экспозиции нередко имеют переключение (автоматическое или нажатием на специальную кнопку) на лампу-вспышку, если яркость объектов, измеряемая фотоприемником системы, ниже рабочего диапазона яркостей. В этом случае в видоискателе фотоаппарата зажигается световой сигнал.

В зеркальных аппаратах высокого класса при переходе в режим съемки с лампой-вспышкой автоматически

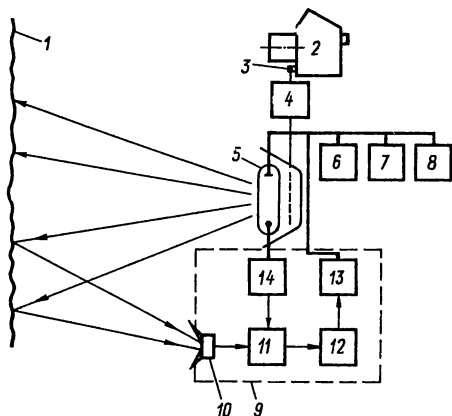


Рис. 43. Структурная схема импульсной лампы-вспышки с автоматическим прерыванием разряда:

1— объект съемки; 2— фотоаппарат; 3— синхроконттакт «Х», 4— цепь поджига вспышки; 5— газоразрядная трубка, 6— сигнал готовности (неоновая лампа); 7— конденсатор, 8— источник питания (батарея), 9— автоматическая экспонометрическая схема; 10— фотоприемник; 11— блок измерения экспозиции; 12— триггерная схема; 13— дополнительная вспышка; 14— блок включения в момент начала вспышки

устанавливается такая выдержка электронного шторного затвора, при которой шторки затвора успевают полностью открыть кадровое окно (в разных конструкциях она составляет от $1/60$ до $1/250$ с).

Такие фотоаппараты часто синхронизируются с приставными (не встроенными) мощными импульсными лампами-вспышками, в которых *длительность и энергия вспышки регулируются* автоматически в зависимости от расстояния до объекта и его коэффициента отражения.

В корпусе такой лампы-вспышки размещена схема, подобная электронному затвору (только без движущихся механических деталей); на рис. 43 границы этой схемы обведены пунктиром. Автоматическая схема имеет собственный фотоприемник (безынерционный кремниевый фото-

диод), направленный на тот же объект съемки, что и основная газоразрядная трубка. Во время ее разряда измеряется с помощью фотоприемника отраженная объектом световая энергия, и когда последняя достигает определенного значения, прерывается разряд через основную вспышку. В этот момент включается дополнительная вспышка, скрытая в светонепроницаемом корпусе. Разряд дополнительной вспышки поглощает неиспользованный остаток энергии конденсатора. При большом расстоянии до объекта (например, 6—8 м) разряд основной вспышки длительностью $1/1000$ с используется полностью, а при наименьшем расстоянии (менее 1 м), когда от объекта на фотоприемник отражается гораздо больше энергии, разряд прерывается через $1/50\ 000$ с.

В схеме предусмотрено устройство, фиксирующее момент начала вспышки и включающее блок измерения экспозиции. Поэтому свет от «чужой» вспышки и естественный свет не вызывают срабатывания автоматической схемы и разряда конденсатора. Значения диафрагмы объектива и светочувствительности пленки должны быть учтены и в описанной схеме (например, с помощью нейтральных светофильтров перед фотоприемником на лампе-вспышке).

В новых конструкциях таких автоматических ламп-вспышек используется полупроводниковый элемент — тиристор — в качестве переключателя тока в разрядной цепи вспышки, поэтому отпадает необходимость в дополнительной вспышке, а неиспользованная часть заряда конденсатора сохраняется, т. е. экономится энергия батареи. Использование тиристора позволяет, кроме того, при самых малых расстояниях до объекта увеличить продолжительность вспышки до значений, больших, чем $1/50\ 000$ с (конечно, с соответствующим уменьшением светового потока). Это позволяет избежать недодержки фотоматериала (и искажения цветопередачи — для цветных фотопленок), появляющейся при чрезвычайно коротких выдержках (таких как $1/50\ 000$ с).

В нескольких новых моделях зеркальных автоматических фотоаппаратов часть описанной электрической схемы (рис. 43) перенесена из лампы-вспышки непосредственно в фотоаппарат. Фотоприемник (и другие элементы этой схемы) размещен внутри камеры (как в системах прямого измерения экспозиции, см. рис. 41, в) и воспринимает свет лампы-вспышки, отраженный от фотопленки во время экспозиции¹. Такое расположение фотоприемника позволяет регулировать длительность вспышки, автоматически учитывая

¹ Кроме этого фотоприемника в фотоаппарате могут размещаться фотоприемники для измерения экспозиции при съемке без вспышки (например, в видискателе, п. 4.3).

значения диафрагмы объектива, кратности светофильтра и т. п., а также в тех случаях, когда (для достижения художественного эффекта) лампа-вспышка направлена не прямо на объект съемки. Электрическую связь лампы-вспышки с фотоаппаратом часто выполняют в таком устройстве более сложной, чем обычно: с фотоаппаратом связана не только цепь замыкания и прерывания разряда лампы-вспышки, но и цепь неоновой лампы — сигнала готовности вспышки, благодаря чему можно видеть этот сигнал в видоискателе аппарата.

Глава 5

ПОЛНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ФОТОСЪЕМКЕ

5.1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОКУСИРОВКИ ФОТОАППАРАТОВ

Прогресс в области автоматизации съемочного процесса в фотоаппаратах массового выпуска не ограничивается автоматизацией установки экспозиции. В последние годы успешно решается задача автоматизации наводки съемочного объектива на резкость, т. е. его автоматической фокусировки. Задача состоит в том, чтобы автоматически, без участия глаза фотографа, совместить плоскость резкого изображения с расчетной плоскостью фотопленки. В видоискателе фотоаппарата поле зрения дальномерной системы может быть ограничено, например, кружком. От фотографа требуется лишь совместить на время фокусировки с этим кружком изображение того предмета, на который надо сфокусировать, или границы между этим предметом и фоном (рис. 44, а). Затем при нажатии на спуск объектив начинает двигаться вдоль оптической оси и в положении резкого изображения автоматически останавливается по сигналу от специальных фотоприемников, усиленному и преобразованному электронными устройствами.

Различные способы автоматической фокусировки (начиная с 40-х гг.) защищены многочисленными патентами и реализованы в некоторых моделях профессиональных кино-съемочных и телевизионных камер и аэрофотоаппаратов. В зарубежных (главным образом японских) любительских фотоаппаратах массового выпуска автоматическая фокусировка применяется с 1977 г. Системы автофокусировки можно разделить на «активные» и «пассивные».

Активные системы работают по принципу локатора, с посылкой к объекту ультразвуковых волн, радиоволн, пучка

инфракрасных лучей или видимого модулированного света. Ультразвуковой локатор использован в фотоаппаратах одноступенного процесса фирмы «ПолярOID» (США, 1978 г.). К объекту направляются волны четырех различных частот (60, 57, 53, 50 кГц), и измеряется время до прихода эхо, т. е. время распространения ультразвука от фотоаппарата до объекта и обратно. Поскольку скорость ультразвуковых волн в воздухе известна, таким образом определяется расстояние до предмета, и объектив устанавливается в одну из

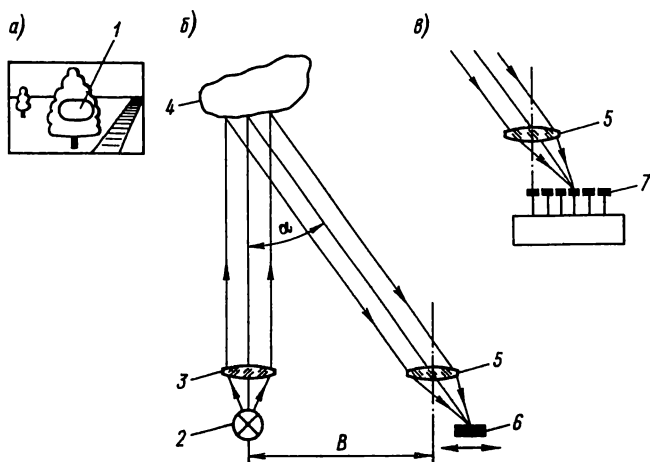


Рис. 44. Автофокусирующая система с инфракрасным локатором: а — поле зрения видоискателя; б — система с подвижным фотоприемником; в — система с линейкой фотоприемников;

1 — дальномерное поле автофокусирующей системы, 2 — источник света; 3, 5 — линзы дальномера; 4 — объект съемки, 6 — подвижный фотоприемник, 7 — неподвижная линейка фотоприемников

возможных позиций (в диапазоне фокусировки от 25 см до «бесконечности»). В этой системе (в отличие от других, рассматриваемых далее) угол рассеяния посылаемого пучка довольно широкий, но система настроена на самое «быстрое» эхо, т. е. выполняется фокусировка на ближайший к фотоаппарату объект, даже если он изображается не в самом центре поля зрения.

Инфракрасный локатор использован в японском малоформатном фотоаппарате «Канон АФ35М» (1979 г.) (рис. 44, б) и других. В верхней части корпуса упомянутой модели находятся два окна. Расстояние (55 мм) между их центрами составляет базу автоматического дальномера.

Позади одного окна находится источник инфракрасного излучения, позади другого — приемник (кремниевый фотодиод). При предварительном нажатии на спуск фокусируемый объект (в центре поля зрения видоискателя) освещается узким параллельным пучком инфракрасных лучей, а фотоприемник смещается в направлении базы дальномера, пока на нем не сфокусируется отраженный от объекта пучок. Это смещение определяется расстоянием до объекта, так как учитывает параллактический угол α (рис. 44, б), который зависит от удаленности объекта. Одновременно и объектив фотоаппарата 1 : 2,8/38 мм (на рисунке не показан) смещается в положение, обеспечивающее резкость изображения (в диапазоне от 0,9 м до «бесконечности»). Затем фотограф может скомпоновать кадр и сделать снимок окончательным нажатием на спуск.

В варианте такой системы, примененном в фотоаппарате фирмы «Минолта», вместо подвижного одиночного фотоприемника использован неподвижный фотоприемник, состоящий из ряда малых чувствительных фотоячеек (рис. 44, в). Объектив фотоаппарата устанавливается в положение, определяемое тем, на какую именно из фотоячеек попадает отраженный от объекта пучок инфракрасного света.

Пассивные системы используют для фокусировки свет, испускаемый или отраженный объектом съемки, без посылки света (или иного вида лучистой энергии) от фотоаппарата к объекту. Сравнительно широкое распространение получила система «Визитроник-Аутофокус» фирмы «Хониуэлл» (США), использованная в нескольких японских малоформатных фотоаппаратах незеркального типа, начиная с модели «Коника 35АФ» (1977 г.) с объективом 1 : 2,8/38 мм. Главный элемент этой системы — модуль 1 с двумя идентичными кремниевыми фотоприемниками 2 и 3, на которые проецируются два изображения фокусируемых предметов через окна 5 и 6, разнесенные на длину базы дальномера (рис. 45, а). При точной фокусировке оба изображения должны занимать одинаковое положение в дальномерном поле зрения, как и во всех неавтоматических дальномерах. Для поперечного смещения одного изображения относительно другого предусмотрен компенсатор в виде поворотного зеркала 4. Основная трудность в том, чтобы автоматически уловить момент, когда на обоих фотоприемниках изображения точно совпадают (в случаях несовпадения они показаны на рис. 45, б пунктиром). Поэтому каждый фотоприемник состоит из пяти отдельных чувствительных полосок ($0,18 \times 1,14$ мм каждая). Электрические сигналы от соответственных полосок обоих фотоприемников сравниваются попарно, и по ним автоматически рассчитывается корреляционный сигнал, максимум которого означает совпадение двух изображений в автоматическом дальномере.

В системе «Визитроник» при нажатии на спусковую кнопку аппарата сначала объектив неподвижен, а зеркало компенсатора поворачивается из установки на «бесконечность» к установке на кратчайшее расстояние до объекта s_{\min} , при этом рассчитывается корреляционный сигнал (рис. 45, в). Электронная система автоматически запоминает, при каком положении компенсатора, т. е. для какого расстояния до

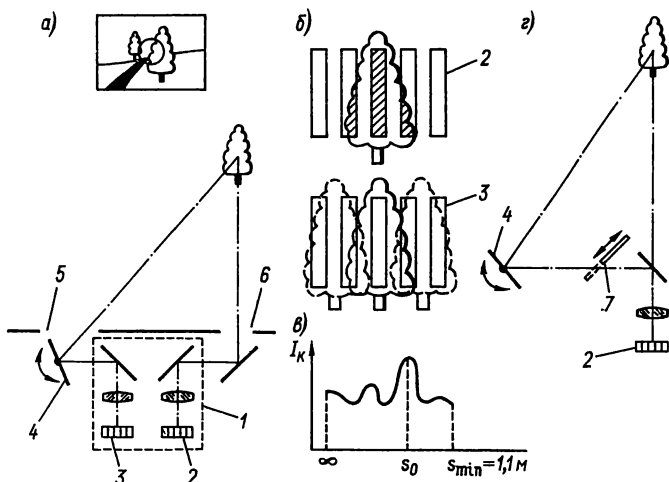


Рис. 45. Автофокусировочная система «Визитроник»: а — дальномерное поле в видоискателе и схема проецирования двух изображений на модуль; б — изображения на фотоприемниках при фокусировке; в — изменение корреляционного сигнала при автофокусировке; г — система с одним составным фотоприемником

объекта (на рис. 45, в — это расстояние s_0), пик корреляционного сигнала оказался наибольшим¹.

Затем компенсатор — теперь уже вместе с объективом — перемещается из установки на s_{\min} к установке на найденное расстояние s_0 и останавливается в этом положении точной фокусировки.

Вариант подобной системы, разработанный японскими фирмами «Олимпус» и «Сейко», отличается тем, что использует только один составной приемник (рис. 45, г). Сравне-

¹ График зависимости корреляционного сигнала от расстояния фокусировки может иметь несколько пиков — максимумов, так как в дальномерное поле могут попадать объекты и участки фона, находящиеся на разных расстояниях от фотоаппарата (рис. 45, а).

ние двух проецируемых на него изображений выполняется с помощью заслонки-модулятора 7.

Один из недостатков устройства типа «Визитроник» — сравнительно невысокая надежность определения положения точной фокусировки, когда изображения в двух ветвях автоматического дальномера точно совмещены друг с другом. Для повышения надежности надо было бы сравнивать сигналы не от пяти элементов каждого фотоприемника, как в системе «Визитроник», а от значительно большего количества элементов. Такую возможность обеспечивают современные электронные устройства с мозаичными многоэлементными приемниками, называемые в отечественной технической литературе ПЗС (*приборы зарядовой связи*) или ППЗ (*приборы переноса заряда*). Их твердотельные приемники, по принципу работы подобные телевизионным передающим трубкам, настолько компактны, что вполне могут устанавливаться в фото- и киноаппаратах. Японская фирма «Канон» в 1980 г. использовала в системе автофокусировки¹ ПЗС с фотоприемником из 240 элементов в одной из своих моделей узкоплечных кинокамер, затем в сменном объективе для зеркальных фотоаппаратов, а в 1981 г. в малоформатном фотоаппарате «Канон АФ35МЛ» со светосильным объективом 1 : 1,9/40 мм.

Рассмотренные выше системы автоматической фокусировки предназначены в основном для фотоаппаратов незеркального типа. Специально для однообъективных зеркальных фотоаппаратов была разработана система автоматической фокусировки «Хониуэлл TCL²», фирма «Хониуэлл» (США, 1980 г.) В системе использован с некоторыми изменениями *принцип нулевого контраста*, предложенный ранее для автофокусировки автором этой книги и запатентованный в нашей стране и за рубежом. По принципу нулевого контраста вблизи плоскости изображения, которое строит фокусируемый объектив, располагается не блок фотоприемников (как в других автофокусировочных системах), а второй, дополнительный объектив, значительно более короткофокусный, чем фокусируемый (рис. 46, а). Блок фотоприемников находится вблизи заднего фокуса второго объектива (точнее, в плоскости выходного зрачка этой оптической системы, состоящей из двух объективов).

Такая система обладает следующим свойством: в положении, когда фокусируемый объектив, перемещаясь вдоль опти-

¹ Фирма назвала свою систему solid state triangulation (SST), т. е. триангуляция (измерение параллактического угла) с помощью твердотельных приемников.

² Сокращение TCL означает through camera lens (измерение через объектив камеры), т. е. система предназначена для однообъективных зеркальных фотоаппаратов.

ческой оси, создает изображение в плоскости второго объектива, плоскость блока фотоприемников освещена наиболее равномерно. В этом положении в плоскости блока фотоприемников не видна граница между объектом и фоном, на

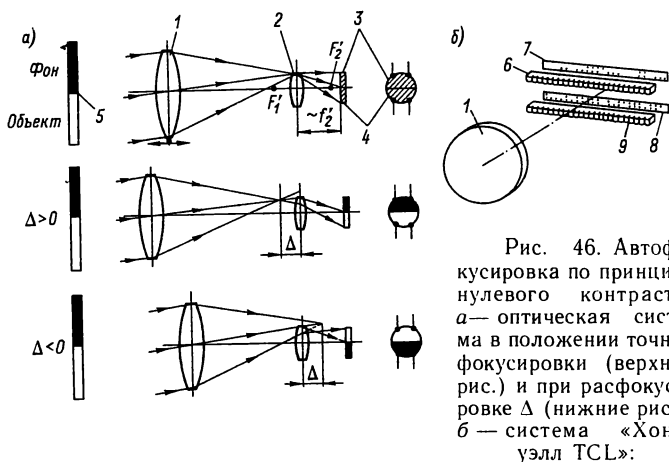


Рис. 46. Автофокусировка по принципу нулевого контраста: а — оптическая система в положении точной фокусировки (верхний рис.) и при расфокусировке Δ (нижние рис.), б — система «Хониуэлл TCL»:

1 — фокусируемый объектив, 2 — дополнительный короткофокусный объектив, 3, 4 — фотоприемники в плоскости выходного зрачка системы, 5 — участки фокусируемого объекта и фона, 6, 9 — линзовые растры, 7, 8 — составные фотоприемники, используемые для светосильного и несветосильного объективов соответственно

которую наведено все устройство (объект изображается с нулевым контрастом). Поэтому, если два одинаковых фотоприемника (3 и 4 на рис. 46, а) расположить по обе стороны от оптической оси устройства, то они дадут равные электрические сигналы, что и определит положение точной фокусировки на объект.

При расфокусировках такой системы, когда плоскость изображения, созданного первым объективом, не совпадает точно со вторым объективом, равномерность освещения в плоскости блока фотоприемников нарушается. При значительных расфокусировках можно даже видеть в плоскости блока фотоприемников изображение объекта и фона, причем видно прямое или обратное изображение в зависимости от того, располагается плоскость изображения, созданного первым объективом, между двумя объективами или дальше второго объектива.

Система автофокусировки «Хониуэлл TCL» содержит в плоскости изображения два линзовых растра, вытянутых в виде полосок вдоль границы между изображениями фокуси-

руемого объекта и фона (рис. 46, б). Каждая из 24 линз верхнего и нижнего ряда (диаметр линзы 0,2 мм) эквивалентна второму объективу 2 (рис. 46, а), за каждой линзой располагается по два фотоприемника, являющихся элементами кремниевого ПЗС-приемника. Верхний ряд пар элементов используется для точной фокусировки сменных объективов с относительным отверстием 1 : 2,8 или еще более светосильных. В нижнем ряду два элемента каждой пары

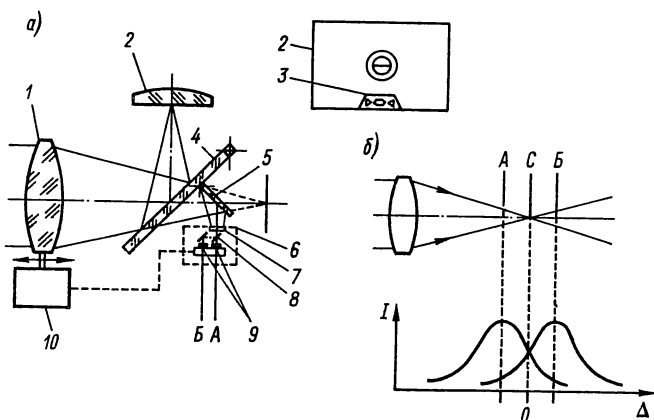


Рис 47. Схема автофокусировочной системы фотоаппарата «Пентакс МЭ-Ф» (а) и форма сигналов от двух линеек фотоприемников А и Б (б):

1 — фокусируемый объектив; 2 — коллективная линза видоискателя; 3 — сигналы фокусировки (стрелки и марка) в поле зрения видоискателя; 4 — поворотное зеркало, 5 — дополнительное поворотное зеркало; 6 — автофокусировочный модуль; 7 — светофильтр, поглощающий инфракрасный свет; 8 — светоделитель; 9 — линейки (А и Б) кремниевых фотодиодов (расположены перпендикулярно плоскости рисунка); 10 — электродвигатель

расположены ближе друг к другу, чем в верхнем, поэтому нижний ряд используется для фокусировки менее светосильных объективов (с относительным отверстием от 1 : 3,5 до 1 : 5,6). Объясняется это тем, что при уменьшении относительного отверстия фокусируемого объектива уменьшается и диаметр освещенного кружка в плоскости блока фотоприемников (как это показано на рис. 46, а).

Первый однообъективный зеркальный фотоаппарат с системой автофокусировки, находящейся в корпусе аппарата, появился в 1981 г. Это фотоаппарат «Пентакс МЭ-Ф» японской фирмы «Асахи», схема устройства которого представлена на рис. 47, а. Часть светового потока (35 %), прошедшего через фокусируемый объектив зеркального фотоаппарата,

направляется системой из двух плоских зеркал — полупрозрачного и отражающего — на фотоэлектрический блок. В этом блоке два изображения границы фокусируемого объекта с фоном проецируются на две линейки фотодиодов, т. е. на два составных фотоприемника, разнесенные на некоторое расстояние вдоль оптической оси объектива. Каждое изображение границы попадает на несколько фотодиодов линейки и чем она резче, т. е. чем круче переход от освещенности объекта к освещенности фона, тем больше получается окончательный сигнал, формируемый блоком. (Форма сигнала показана на рис. 47, б.) Наибольший сигнал каждая линейка фотодиодов дает в том положении, когда изображение сфокусировано точно в ее плоскости. Сигналы от соответственных фотодиодов обеих линеек постоянно сравниваются, и объектив по команде фотоэлектрического блока подводится электродвигателем к положению, когда эти сигналы равны (плоскость изображения С, рис. 47, б).

У фотоаппарата «Пентакс МЭ-Ф» с помощью электродвигателя перемещается штатный объектив, имеющий относительное отверстие $1 : 2,8$ и переменное фокусное расстояние от 35 до 70 мм.

Для сменных объективов фокусировка выполняется полуавтоматически: фокусировочную оправу объектива надо поворачивать вручную в направлении, указываемом светящейся красной стрелкой, которая видна в поле зрения видоискателя. В положении точной фокусировки стрелки в видоискателе гаснут, а загорается зеленая марка, расположенная между ними.

Хотя автоматическая фокусировка применяется в современных аппаратах массового выпуска, используемые системы имеют существенные недостатки. Так, ультразвуковой локатор не годится для фокусировки на предметы через витрину из стекла или прозрачной пластмассы: ультразвуковые волны отражаются от поверхности витрины. Инфракрасный локатор может давать ошибочные показания при наводке на нагретые предметы (печи и т. п.) или на предметы, сильно поглощающие излучение (черное платье, мебель и др.). Система «Визитроник» не обеспечивает нужной точности наводки при небольших яркости и контрасте объекта. Точность фокусировки по принципу нулевого контраста снижается, если расстояние до объекта близко к расстоянию до прилегающего участка фона.

Однако применение мозаичных ПЗС-приемников со все большим количеством элементов и современных анализирующих и усилительных электронных систем должно привести в ближайшем будущем к разработке автоматических систем столь же точных и надежных, как обычные дальномерные устройства.

5.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ЗАРЯДКИ ФОТОПЛЕНКИ

Автоматизация взвода затвора и транспортирования пленки в современных фотоаппаратах выполняется с помощью электродвигателя или пружинного двигателя, встроенного в фотоаппарат. Первый способ реализован в старой модели «Зенит-5», второй — в модели 50-х гг. «Ленинград» и современных — ЛОМО-135BC и ЛОМО-135M. Такие устройства облегчают быструю съемку серий: при нажатии на спусковую кнопку экспонируется кадр и сразу после этого протягивается пленка для съемки следующего кадра.

В современных моделях массового выпуска *пружинный привод* (со спиральной пружиной, завода которой хватает для транспортирования примерно восьми кадров 24×36 мм) встречается реже, чем *электрический*¹. Все чаще применяют в современных фотоаппаратах компактные электродвигатели, размещенные, например, внутри приемной катушки и питаемые от миниатюрных батарей или аккумуляторов. В фотоаппаратах высокого класса электромоторный привод обычно выполняют в виде отдельного блока, приставляемого снизу к корпусу аппарата. Более мощный электродвигатель и более емкие батареи такого блока позволяют снимать серию кадров в автоматическом режиме с заранее заданной частотой (например, 2 или 4 кадра в с).

Что касается автоматизации зарядки фотопленки, то некоторое распространение получили системы быстрой зарядки, избавляющие фотографа от необходимости закреплять зарядный конец пленки на приемной катушке аппарата. Кассета с зарядным концом пленки стандартной длины вкладывается в предназначенное для нее гнездо фотоаппарата, после чего задняя крышка аппарата закрывается и при вращении заводной головки (или заводного рычага-курка) пленка, направляемая специальными роликами, входит в полость приемной катушки и наматывается на нее.

Наряду с системами быстрой зарядки появились и устройства *облегченной зарядки*. Например, в ряде отечественных моделей на приемной катушке сделано несколько продольных (параллельных ее оси) прорезей; зарядный конец пленки надо вставить в одну из прорезей, затем он подхватывается зубьями или другими деталями приемной катушки и наматывается на нее.

Широко применяются в современных фотоаппаратах системы упрощенной зарядки специальными кассетами или магазинами с фотопленкой, исключаящие операции

¹ В некоторых новых фотоаппаратах привод от электродвигателя используют не только для транспортирования, но и для обратной перемотки пленки в кассету.

закрепления конца пленки на приемной катушке, обратной перемотки и, кроме того, позволяющие автоматически устанавливать значение светочувствительности заряжаемой фото-пленки.

В системе упрощенной зарядки «Рapid», введенной в 1964 г. фирмой «Агфа» (ФРГ), используется кассета 1 специальной конструкции с обычной 35-мм перфорированной пленкой 2 (рис. 48, а). В фотоаппарат, приспособленный для системы «Рapid», заряжают две такие кассеты: подающую

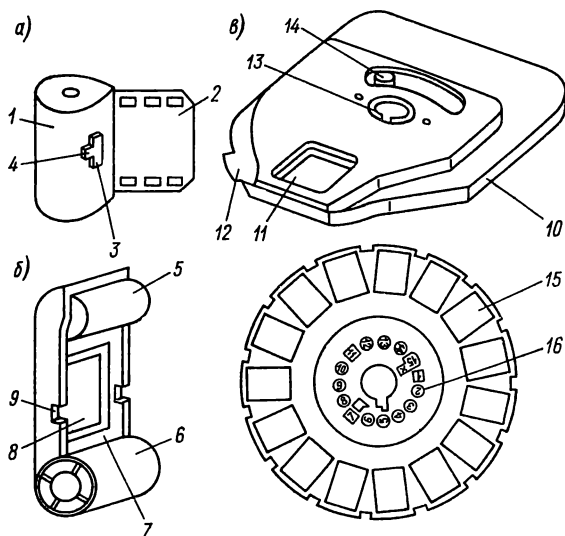


Рис. 48. Кассеты для систем упрощенной зарядки пленки в фотоаппарат: а — кассета «Рapid»; б — магазин «Кодапак»; в — кассета для диск-фотоаппарата (сверху) и диск с фотопленкой (внизу)

(заряженную пленкой) и приемную (пустую). После зарядки транспортирующий барабан аппарата подхватывает своими зубьями конец фотопленки, выступающий из подающей кассеты, и направляет его в губки приемной кассеты. Длина пленки рассчитана на 12 кадров 24×36 мм (или на 24 кадра 18×24 мм). Пленку еще большей длины было бы трудно втолкнуть внутрь приемной кассеты. Кассеты «Рapid» имеют выступ 3 Т-образной формы, который взаимодействует (в момент вкладывания в фотоаппарат) с системой автоматизированной установки экспозиции, вводя в эту систему значение светочувствительности используемой фотопленки: длина прилива 4 различна для кассет, заряженных

на фирме фотопленкой разной светочувствительности. Система «Рapid» (без автоматической установки светочувствительности) была применена в отечественных моделях «Смена-Рapid» и «Зоркий-12».

За рубежом массовое распространение получили системы упрощенной зарядки неразъемными пластмассовыми магазинами с пленкой, разработанные американской фирмой «Кодак». В 1963 г. эта фирма ввела систему «Кодапак» для фотоаппаратов «Инстаматик» (одновременно в США, ФРГ и Англии). Специальная кассета — магазин «Кодапак» (рис. 48, б) — состоит из подающей 5 и приемной 6 частей и перемычки между ними 7 с кадровым окном 8. Магазины продаются заряженными пленкой на 12 или 20 кадров 28×28 мм, причем конфигурация выреза 9 зависит от значения светочувствительности заряженной пленки. Вдоль пленки идет бумажная лента-ракорд с напечатанными номерами кадров. После съемки последнего кадра магазин «Кодапак» вынимается из камеры. Он разрушается для извлечения пленки перед проявлением в лаборатории фирмы.

В 1972 г. фирма «Кодак» ввела новую систему «Покит-Инстаматик». Как и система «Кодапак», она предназначена главным образом для фотоаппаратов простого класса и рассчитана на использование исключительно фотоматериалов фирмы «Кодак».

Аппараты с этой новой системой, получившие обозначение «тип 110», заряжаются миниатюрными ($80 \times 27 \times 20$ мм) магазинами, похожими по конструкции на «Кодапак» и вмещающими 16-мм пленку на 12, 20 или 24 кадра размером 13×17 мм¹.

С 1982 г. «Кодак» внедряет на мировом рынке диск-фотоаппараты, заряжаемые магазинами 10 (рис. 48, в), в которых фотопленка 15 имеет вид плоского диска ($15 \times 8 \times 10,5$ мм). В центральной зоне диска 16 указаны номера кадров (они видны в специальном окне фотоаппарата) и другие обозначения. Кадровое окно 11 закрыто светозащитной заслонкой, которая убирается, когда перемещается поводок 14 при зарядке магазина в фотоаппарат. После съемки каждого кадра диск поворачивается на оси 13 на 24° . Выступ 12 служит для установки в фотоаппарате значения светочувствительности заряженной пленки. Из-за малого размера кадра диск-фотоаппараты не могут обеспечить высокого качества изображения, но получаются компактными и плоскими, поскольку имеют короткофокусные объективы.

¹ Подобная система, рассчитанная на 20 кадров 13×17 мм, несколько иной конструкции (без ракорда) была разработана в ГДР (фотоаппарат «Пентакон К-16»).

5.3. АППАРАТЫ ДЛЯ ОДНОСТУПЕННОГО ФОТОПРОЦЕССА

Фотоаппараты для одноступенного фотопроцесса позволяют в результате внутрикамерной обработки получить готовый снимок-позитив (примерно 6×9 см) через 10—15 с (черно-белый) и 1—2 мин (цветной) после экспонирования. Основные преимущества таких систем для фотографа в том, что исключаются трудоемкие операции проявления пленки и фотопечати и появляется возможность контролировать качество только что отснятого кадра, так что в случае неудачи можно сделать повторный снимок.

Одноступенный процесс называют также диффузионным, так как в нем используется явление диффузии комплексных солей серебра в щелочной среде для получения черно-белых позитивов и специальных красителей — для цветных. В состав одноступенного черно-белого фотокомплекта входят негативный и позитивный фотослои, которые после экспонирования негативного слоя смазываются пастообразным проявителем и приводятся в тесный контакт друг с другом. Экспонированные зерна галогенида серебра негатива за несколько секунд восстанавливаются до металлического серебра, а неэкспонированные зерна растворяются тиосульфатом натрия, входящим в состав проявителя. Получается растворенная комплексная соль серебра, которая движется (диффундирует) в позитивный слой, поглощается равномерно распределенными в нем зародышами серебра и восстанавливается проявителем в этом слое. По окончании проявления позитив и негатив разделяются. В некоторых вариантах процесса остатки продуктов проявления нейтрализуются при смачивании поверхности готового позитива специальной жидкостью, которая одновременно образует слой лака, защищающего изображение от повреждений.

Исследования диффузионного процесса начались примерно 50 лет тому назад, а в 40-х гг. Э. Ленд, создатель фирмы «Поляроид» (США), разработал варианты этого процесса для использования в фотоаппаратах массового выпуска. В первых моделях аппаратов «Поляроид» (как и в отечественных аппаратах 50—60-х гг. выпуска с форматом кадра $8,5 \times 10,5$ см¹ «Момент» и «Фотон») используется *рольфильм*, т. е. в фотокомплект входят катушки негативного 1 и позитивного 7 фотоматериалов, рассчитанные на 8 или 6 кадров (рис. 49). После экспонирования (через объектив 8) каждого негатива выступающие из фотоаппарата концы 2 негативной и позитивной лент вытягивают из него пальцами на определенную длину. При этом в узком зазоре между

¹ Это размер кадра вместе с окантовкой, т. е. больше изображения.

двумя стальными роликами 5 раздавливается очередная капсула 6 с проявителем. Проявитель таким образом смазывает контактирующие поверхности 3 негатива и позитива, остающихся внутри фотоаппарата на время проявления (до нескольких минут), после чего открывают дверцу 4 в задней крышке фотоаппарата и отделяют готовый снимок-позитив от негатива.

В современном ассортименте рольфильмов «Поляроид» — материалы средней светочувствительности черно-белые (около 200 ед. ГОСТ) и цветные (около 75 ед. ГОСТ),

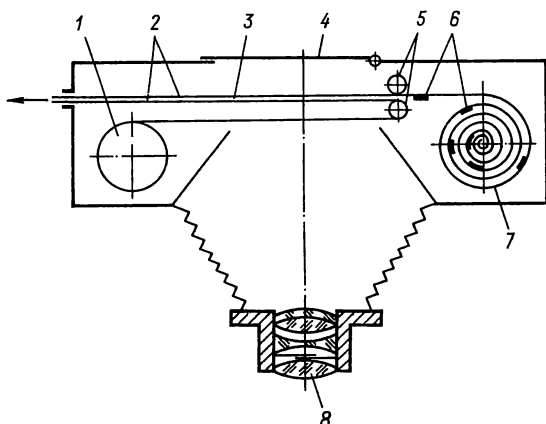


Рис. 49. Фотоаппарат для одноступенного фото-процесса с системой рольфильма

рассчитанные на формат кадра $8,5 \times 10,5$ см, а также черно-белые диапозитивы 6×8 см (около 100 и 800 ед. ГОСТ). Кроме того, для черно-белых отпечатков $8,5 \times 10,5$ см выпускаются высокочувствительные — 3000 и даже 10 000 ед. ГОСТ — фотоматериалы (последний для применения в научных целях, например воспроизведения графиков).

Очевидный недостаток системы одноступенного рольфильма — несколько замедленный темп съемки (третий кадр комплекта можно экспонировать лишь, когда начнется проявление второго кадра и т. д.). В отличие от рольфильма система *фильмака*, введенная фирмой «Поляроид» в 1963 г., позволяет сразу после экспонирования кадра вытягивать из фотоаппарата соответствующие негатив и позитив и вести проявление на свету в течение определенного времени. К тому же фильмкак обеспечивает более плоскую по сравнению с рольфильмом поверхность кадра, более равномерное распределе-

ние реактивов по кадру. Фотокомплекты фильмпак рассчитаны на 8 снимков $8,5 \times 10,5$ см или других размеров — черно-белых (светочувствительность около 3000 ед. ГОСТ) и цветных (около 75 ед. ГОСТ).

Схема устройства одноступенного фильмпак и последовательность операций представлены на рис. 50. Во время экспонирования первого негатива комплекта из корпуса выступает конец белой бумажной полоски (рис 50, а). При вытягивании ее после экспонирования кадра в выходной щели аппарата появляются концы желтой бумажной полоски,

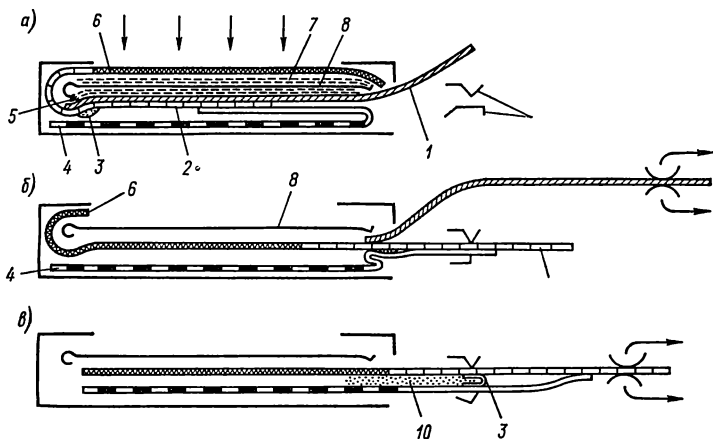


Рис. 50. Схема одноступенного фотопроцесса в фильмпаке:

1 — белая полоска; 2 — желтая полоска; 3 — капсула с проявителем; 4, 5 — первый и все остальные позитивы соответственно; 6, 7 — первый и все остальные негативы соответственно; 8 — прижимная планка; 9 — выходная щель фотоаппарата; 10 — проявляющая паста

склеенной с негативом, и соответствующей полоски, склеенной с позитивом (рис. 50, б) ¹. Когда листы негатива и позитива вытягиваются из фотоаппарата, в рабочей щели раздавливается капсула с проявителем (рис. 50, в). Фотослой не засвечивается во время проявления, так как задние стороны негатива и позитива непрозрачны, а от попадания света сбоку защищают непрозрачные компоненты проявителя.

Кроме рольфильма и фильмпак для одноступенной фотографии применяется еще *планфильм*, т. е. плоские листы фотоматериала, заряжаемые поштучно в специальные кассеты. Такие кассеты часто используются в виде приставок к фотоаппаратам или другим приборам для быстрой регистрации изображений: микрофотографии, съемки с экрана осцил-

¹ На рис. 50, б, в показаны один негатив и один позитив.

логафа, рентгеновской и инфракрасной фотографии и т. д. Схема кассеты «Поляроид» для плоского отпечатка (черно-белого или цветного) 9×12 см изображена на рис. 51. В заряженной кассете (рис. 51, а) ролики раздвинуты, а лист позитива удерживается упором. Поэтому для экспонирования вытягивается только лист негатива (рис. 51, б). После его возвращения в кассету (рис. 51, в) ролики сближаются приводом от рычага, упор отводится, комплект вытягивается (рис. 51, г) и происходит проявление на свету, как в фильм-

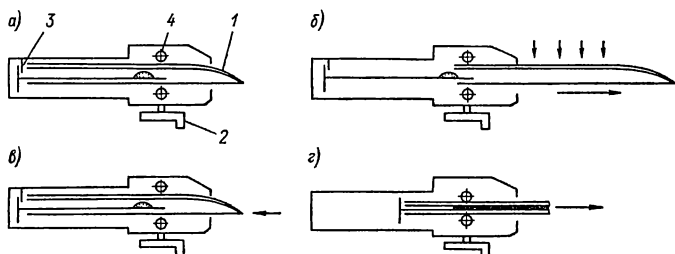


Рис. 51. Схема одноступенного фото процесса в кассете с план-фильмом:

1 — негатив; 2 — рычаг для изменения зазора между роликами; 3 — упор; 4 — ролики

паке. Среди комплектов с плоскими пленками следует отметить «Поляроид тип 55N/P», позволяющий не только получить черно-белый позитив 9×12 см, но и сохранить негатив, пригодный для фотопечати с увеличением, так как его разрешающая способность достигает 150 лин/мм (под данным изготовителя).

Все рассмотренные выше системы одноступенного фото процесса требуют выдерживать определенное время проявления, по истечении которого надо отделить позитивное изображение от негативного. Это не очень удобно, особенно если учесть, что время проявления в значительной степени зависит от температуры окружающего воздуха. Поэтому особый интерес представляет цветной фотоматериал, состоящий из 17 тонких слоев, для специального фотоаппарата «Поляроид SX70» (1972 г.). Этот фотоматериал проявляется на свету полностью автоматически, т. е. за временем проявления следить не нужно. Он выпускается в виде фильмпакета, рассчитанного на 10 снимков формата 78×78 мм (с окантовкой 88×108 мм), причем в каждом фильмпакете есть электрическая батарея для питания узлов фотоаппарата.

Проявление начинается с момента раздавливания капсулы с активирующими веществами при равномерной — с помощью электродвигателя — протяжке материала и продолжается (у

нового фотокомплекта «Тайм-Зиро Суперколор») 1—2 мин, причем уже через 10 с появляются первые следы цветного позитивного изображения, которое создают диффундирующие красители. Во время проявления светочувствительные слои материала защищены от засвечивания с одной стороны непрозрачной подложкой, с другой — непрозрачными компонентами активирующих веществ.

Так как в этом фотокомплекте изображение не переносится с негатива на позитив (отделяемых листов негатива

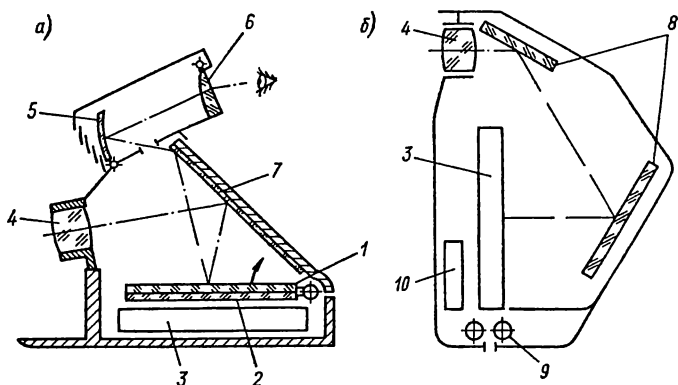


Рис. 52. Схемы фотоаппаратов для одноступенного процесса:
а — «ПолярOID SX70»; б — «Кодак»:

1 — отражатель Френеля; 2 — поворотное плоское зеркало, 3 — фотокомплект; 4 — объектив; 5 — асферическое зеркало видоискателя; 6 — окуляр; 7 — плоское зеркало видоискателя, 8 — два плоских зеркала; 9 — ролики у выходной щели; 10 — источник питания

вообще нет), то в фотоаппарате «ПолярOID SX70» пришлось поместить между объективом и фотокомплексом плоское зеркало 2, чтобы изображение, наблюдаемое с той же стороны, которая экспонировалась в момент съемки, не получилось зеркально-обращенным (рис. 52, а). Во время визирования и фокусировки верхняя сторона этого плоского зеркала играет роль отражающей линзы Френеля 1 для системы видоискателя, а перед экспонированием зеркало 2 откидывается, и его нижняя сторона отражает на фотокомплект 3 свет, прошедший через объектив 4. Благодаря складной конструкции достигается компактность фотоаппарата, несмотря на большой формат кадра.

С 1976 г. начала выпускать фотоаппараты и материалы для одноступенного процесса другая крупная американская фирма — «Кодак». Фотоматериал PR10 обеспечивает полностью автоматическое проявление на свету, он выпускается в виде фильма на 10 снимков формата 68×91 мм

(с окантовкой 97×102 мм). Возможно, из-за патентных ограничений (фирма «Поляроид» защитила свои разработки более чем 1500 патентами) фотокомплект фирмы «Кодак» имеет другую конструкцию: готовый цветной позитив рассматривается не с той стороны, с которой экспонировался, а с противоположной. Ввиду этого зеркальные фотоаппараты фирмы «Кодак» для одноступенного процесса содержат не одно (как на рис. 52, а), а два плоских зеркала 8 между объективом 4 и фотокомплектom 3 (рис. 52, б).

В наиболее совершенных моделях фотоаппаратов «Поляроид» и «Кодак» для одноступенного процесса широко использованы достижения современной фототехники: электронные затворы с кремниевыми фотодиодами, автоматическая установка экспозиции при съемках с импульсными лампами, встроенные электродвигатели для выполнения различных установочных операций, а в фотоаппарате «Поляроид SX70 Альфа» — система автоматической фокусировки (ультразвуковой локатор).

В последние годы интерес к системам одноступенного фото процесса проявляют также японские фирмы. В 1981 г. фирма «Фудзи Фото Филм Компани» выпустила несколько моделей фотоаппаратов (довольно громоздких, так как в ходе лучей между объективом и фотоматериалом нет плоских зеркал), а также фотокомплекты, совпадающие по основным параметрам с комплектами фирмы «Кодак».

5.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ФОТОАППАРАТОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

На рубеже 70—80-х гг. во всем мире производилось ежегодно около 50 млн. фотоаппаратов¹. Некоторое представление о структуре выпуска дает характеристика продукции Японии и США.

Почти половину фотоаппаратов, выпускаемых в Японии, составляют однообъективные зеркальные со сменными объективами (главным образом, малоформатные), более одной четверти — шкально-дальномерные без сменной оптики (также малоформатные), в остальной части выпуска преобладают аппараты с упрощенной магазинной зарядкой «тип 110» (на 16-мм пленке), производимые по лицензии американской фирмы «Кодак». Производство фотоаппаратов в США по существу монополизировано двумя фирмами — «Поляроид» (около 7 млн. фотоаппаратов одноступенного процесса в год) и «Кодак» (примерно 4 млн. аппаратов одноступенного процесса и 4 млн. — с упрощенной магазинной зарядкой). Общее количество аппаратов с упрощенной

¹ Brit. Journ. of Phot., v. 128, 1981, № 45, p. 1138—1139.

зарядкой «тип 110», производимых в разных странах, приближается к одной трети мирового выпуска.

Если исключить фотоаппараты одноступенного процесса ввиду их специфичности, крупноформатные и некоторые типы аппаратов, заметно потерявшие популярность в последние десятилетия (см. п. 2.3), то современные фотоаппараты массового выпуска, производимые в разных странах, можно разделить на три класса: простой, средний и высокий.

Фотоаппарат простого класса — шкальный, рассчитанный на формат 13×17 мм, с упрощенной зарядкой пленки («тип 110»). Для таких фотоаппаратов (кроме самых простых моделей с относительным отверстием объектива порядка $1:8$ и одной-двумя выдержками механического затвора) характерно при несветосильном объективе (например, $1:4$ при фокусном расстоянии 25 мм) довольно широкое использование электроники: автоматическая установка выдержки (или пары выдержка — диафрагма по программе) с помощью электронного затвора в примерном диапазоне от 10 до $1/500$ с, встроенная импульсная лампа-вспышка. Так, 90 % выпущенных в Японии в 1980 г. фотоаппаратов «тип 110» снабжены встроенной компактной импульсной лампой, аппараты имеют вид плоской коробки карманного размера (примерно $150 \times 50 \times 30$ мм). В некоторых моделях в поле зрения видоискателя рядом с подсвеченной ограничивающей рамкой видны индикаторы — разноцветные *световые диоды*. Если светится зеленый диод, то установлена выдержка, подходящая для съемки с рук (например, короче $1/60$ с), если желтый — выдержка более длинная и потребует снимать со штатива, если красный — объект освещен недостаточно и надо включить лампу-вспышку. Индикаторы-светодиоды имеют ряд преимуществ по сравнению с миниатюрными лампами накаливания: больший срок службы, меньшие размеры, малую потребляемую мощность, удобное подключение к электронным схемам.

Фотоаппарат среднего класса — дальномерный малоформатный с центральным затвором без сменной оптики. При формате кадра 24×36 мм обеспечивается качество изображения, отвечающее современным требованиям, а дальномерные камеры с короткофокусным несменным объективом (фокусное расстояние 35—40 мм при относительном отверстии от $1:2$ до $1:2,8$) удается выполнить достаточно компактными и легкими (размеры японской модели «Олимпус ХА Компакт» — $102 \times 64 \times 40$ мм, масса 250 г). Широко применяются в фотоаппаратах среднего класса электронные устройства: электронные затворы в системах автоматической установки экспозиции, встроенные импульсные лампы-вспышки, системы автоматической фокусировки. Из выпущенных в 1980 г. в Японии малоформатных фотоаппаратов с центральным затвором 60 % имели встроенную импульсную

лампу, а 25 % — автоматическую фокусировку. Правда, добавление всех этих устройств несколько увеличивает размеры и массу аппарата. Конструктивно лампу-вспышку часто выполняют «утопленной» в корпус фотоаппарата. Если по условиям освещения необходимо ее включить (об этом сигнализируют, например, световые диоды в поле зрения видоискателя-дальномера), то при нажатии на специальную кнопку лампа-вспышка выдвигается из корпуса в рабочее положение и при этом автоматически связываются друг с другом кольца установки расстояния до объекта и диафрагмы

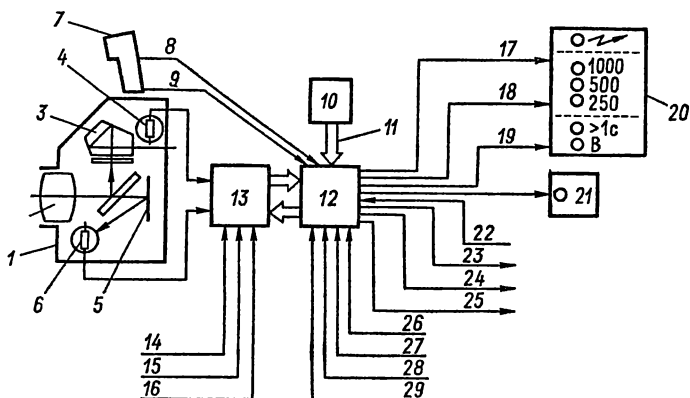


Рис. 53. Основные электронные узлы современного однообъективного зеркального фотоаппарата и функциональные связи между ними

(для автоматического регулирования экспозиции при съемке с лампой-вспышкой).

Фотоаппарат высокого класса — однообъективный зеркальный малоформатный с фокальным затвором и сменной оптикой¹. В моделях этого класса воплощены высшие достижения фототехники. В них электронные элементы и устройства использованы не только в отдельных узлах фотоаппаратов, но и для связи между ними, для управления всей последовательностью операций при съемке, как это показано на рис. 53. Это схема фотоаппарата «Контакс 139» с автоматической установкой выдержки (совместное производство японской фирмы «Ясика» и западногерманской «Цейс»)

¹ Важную (хотя и небольшую в количественном отношении) группу высоkokлассных аппаратов составляют среднеформатные зеркальные.

«Мозгом» фотоаппарата 1 является электронный микропроцессор 12. Тактовые импульсы 11 для отмеривания автоматически устанавливаемой выдержки (п. 4.4), времени работы автоспуска и для других операций по управлению съемкой выдает кварцевый генератор 10 (частота импульсов $32\,768 = 2^{15}$ Гц). Сигналы от микропроцессора 12 поступают в вычислительный блок — большую интегральную схему 13, куда вводятся значения силы фототока от кремниевых фотодиодов 4 системы ТТЛ (они размещены рядом с пентапризмой 3 аппарата, см. п. 4.3) и выбранные фотографом значения диафрагмы 14, светочувствительности пленки 15 и ручной коррекции экспозиции 16 (т. е. возможной поправки к работе автоматики). Рассчитанное значение выдержки передается через тот же микропроцессор «для исполнения» приводом затвора 23; таким же образом передаются команды на запуск приставного электродвигателя 24 для транспортирования пленки (п. 5.2), на впечатывание в кадр данных о съемке 25 (п. 3.4).

В момент съемки в микропроцессор поступает сигнал от электромагнитного спуска 22. Исполнительные цепи включаются при легком нажатии на спусковую кнопку (ее ход составляет менее 1 мм), исключающем возможность сотрясения фотоаппарата¹. Еще до спуска непосредственно в микропроцессор вводятся в случае надобности команды включения автоспуска 26, автоматической установки экспозиции 27, ручной установки конкретного значения выдержки 28, включения лампы-вспышки 29.

С фотоаппаратом сопрягается мощная импульсная лампа-вспышка 7. При установке лампы-вспышки в направляющие ползки обоймы на фотоаппарате замыкаются контакты цепи синхронизации 8 (обеспечивающие вспышку в момент полного открытия кадра) и дополнительной цепи 9 (для передачи в фотоаппарат сигнала готовности вспышки при полном заряде ее конденсатора). Одновременно автоматически устанавливается выдержка «Х» (1/100 с), соответствующая полному открытию кадра при работе фокального (шторного) затвора. Часто используется лампа-вспышка с цепью автоматического прерывания разряда (см. п. 4.5), причем кремниевый фотодиод 6 этой цепи расположен внутри камеры 1 и воспринимает свет, отраженный от фотопленки 5. Благодаря этому при дозировании длительности вспышки учитываются значения диафрагмы объектива 2, кратности светофильтра и т. п., т. е. используются преимущества систем ТТЛ.

¹ Некоторые модели фотоаппаратов высокого класса оснащены дистанционным спуском: исполнительная цепь замыкается под действием инфракрасных импульсов, посылаемых от излучателя (в руках фотографа) к специальному приемнику на фотоаппарате.

Информация об условиях съемки выведена в видоискатель, где рядом с основным полем располагается цепочка световых диодов 20. Свечение диода рядом с соответствующим обозначением предупреждает о достаточном для съемки уровне освещения объекта, о значении выдержки, которое будет отработано при спуске, о готовности лампы-вспышки (17—19). Яркость свечения диодов регулируется микропроцессором в зависимости от яркости фотографируемых предметов, с тем чтобы они были хорошо видны рядом с полем видоискателя, но чтобы их свечение не влияло на работу экспонометрической системы ТТЛ. Дополнительный световой диод 21 выведен на переднюю стенку камеры, так что он виден

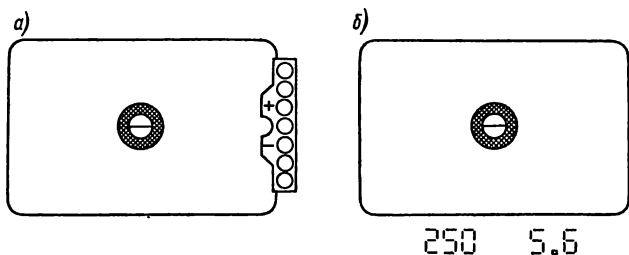


Рис. 54. Электронные индикаторы экспозиции со светодиодами в поле зрения видоискателя зеркальных фотоаппаратов

со стороны объекта. Он светится (или мигает, что еще удобнее) во время работы электронного автоспуска.

В современных фотоаппаратах высокого класса применяются и другие *системы индикации со световыми диодами*. Так, в одной из полуавтоматических моделей в видоискателе расположена цепочка из семи световых диодов, средний из которых соответствует правильной экспозиции, а свечение других означает передержку (верхние диоды) или недодержку (нижние диоды) на 1, 2 или 3 ступени (рис. 54, а). Поскольку могут одновременно светиться два соседних диода, то по сравнительному изменению светимости можно оценивать экспозицию с точностью до 1/4 ступени. Наиболее удобны индикаторы, у которых световые диоды в видоискателе расположены в виде групп (по 7 элементов в каждой) для представления, например, значений выдержки и диафрагмы в цифровой форме (рис. 54, б). В одной из японских моделей из светодиодов формируется даже имитатор стрелки гальванометра, передвигающийся вдоль шкалы выдержек в видоискателе,— специально для тех фотографов, которые привыкли к старым экспонометрическим системам с гальванометром.

Конкурентами светодиодов являются ячейки жидких кристаллов (см. п. 6.2), более экономичные, дешевые, позволяющие выбрать любую форму или размеры индексов, а также электрохромные индикаторы (с красителем, который при подаче невысокого напряжения осаждается на электродах, имеющих нужную форму.).

В некоторых новых моделях фотоаппаратов есть еще и звуковая индикация: звуковые сигналы пьезоэлектрического керамического вибратора предупреждают об установке выдержки, требующей съемки со штатива, о работе автопуска, о достижении резкого изображения при работе системы автофокусировки и др.

Обилие электронных элементов в фотоаппаратах делает актуальным вопрос экономии электроэнергии, получающий различные решения: например, часть электрических цепей (в частности, индикация в видоискателе) могут отключаться через 15—30 с после включения (при съемке каждого кадра). В одной из моделей японских зеркальных фотоаппаратов на пентапризме размещен дополнительный источник энергии — две кремниевые солнечные батареи, что продлевает срок службы гальванических батареек фотоаппарата до 5 лет.

При высоких темпах научно-технического процесса заслуживающие внимания новинки фотоаппаратуры появляются на мировом рынке практически каждый год. Вот некоторые из моделей 1982 и 1983 гг.

Вслед за японской фирмой «Асахи», выпустившей в 1981 г. первый зеркальный фотоаппарат с автофокусировкой («Пентакс МЭ-Ф», см. рис. 47), еще три японские фирмы в 1982 г. начали производство подобных моделей («Канон АЛ-1», «Никон ФЗАФ», «Олимпус ОМ30»), причем «Олимпус ОМ30» и подготовленные к выпуску в 1983 г. модели фирм «Минолта», «Мамия», «Рико» используют систему «Хониуэлл TCL» (см. рис. 46). Появились новые автофокусируемые системы активного типа (см. рис. 44, в) для незеркальных фотоаппаратов, рассчитанные на работу при низкой освещенности объекта. Для автофокусировки объект освещается маломощной лампой-вспышкой (например, через инфракрасный светофильтр) перед срабатыванием затвора.

Для малоформатной модели 1982 г. «Никон ФМ2» разработан усовершенствованный фокальный затвор с титановыми шторками, обеспечивающий наименьшую выдержку 1/4000 с и полное открытие кадрового окна уже при выдержке 1/200 с, а в моделях 1983 г. «Никон ФЭ2» и «Никон ФА» — даже при 1/250 с. Другая новинка 1983 г. — компактный «говорящий» японский фотоаппарат «Минолта 35 АФ-СВ»; в нем встроенный электронный синтезатор речи произносит женским голосом указания: «Зарядите пленку», «Слишком темно, используйте вспышку» и т. п.

ФОТОАППАРАТ ЗАВТРА

6.1. БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ ФОТОАППАРАТОВ

Предсказать, каким будет фотоаппарат массового выпуска на рубеже XX—XXI веков, конечно, нелегко. Однако общее направление развития массовой фотоаппаратуры — достаточно определенное: дальнейшая автоматизация съемочного процесса с еще более широким использованием новых электронных и оптико-электронных устройств.

Автоматизация установки экспозиции при съемке без лампы-вспышки в настоящее время глубоко разработана, но решены не все задачи. Можно ожидать, что в однообъективных зеркальных фотоаппаратах будут широко применяться системы прямого измерения (п. 4.4), так как они не требуют запоминающих устройств и могут обеспечить более точное измерение экспозиции, однако они плохо согласуются со способом детального измерения яркости. При прямом измерении экспозиция определяется в самый момент съемки, а значит, для уже скомпонованного кадра. Чтобы способом прямого измерения определить экспозицию по сюжетно-важной детали объекта, не находящейся в самом центре кадра, нужно расположить внутри камеры 1 подвижный (например, поворотный) фотоприемник 2, воспринимающий свет от сюжетно-важной части объекта (рис. 55, а), а в поле зрения видоискателя 3 обеспечить соответствующее перемещение ограничивающего кружка 4 (рис. 55, б). Таким образом, фотограф, скомпоновав кадр, должен до спуска затвора совместить ограничивающий кружок (в видоискателе) с изображением сюжетно-важной детали. Такое устройство пригодно и в том случае, если фотоприемник системы прямого измерения экспозиции используется также для автоматической фокусировки на сюжетно-важный предмет, выполняемой при нажатии на спуск.

Автоматизация установки экспозиции при съемке с лампами-вспышками к настоящему времени уже достигла такого уровня, когда один и тот же фотоприемник воспринимает в момент съемки суммарную энергию естественного освещения и света от лампы-вспышки, прерывая в нужный момент разряд вспышки (как в японском фотоаппарате «Пентакс LX» с системой прямого измерения экспозиции). Следует ожидать, что микропроцессоры будущих фотоаппаратов позволят решить и более сложную задачу: обеспечить нормальную экспозицию как для сюжетно-важных объектов переднего плана, освещенных и лампой-вспышкой и естественным светом, так и для предметов, составляющих задний фон,

на которые свет лампы-вспышки практически не попадает. Подобная система может потребовать синтеза детального и интегрального измерения экспозиции при съемке одного и того же кадра.

Существующие системы автоматической фокусировки и установки экспозиции не исчерпывают возможности автоматизации процесса съемки для получения более качественных фотоизображений. Ведь получаемое на фотопленке изображение не только должно быть резким и правильно экспонированным, но и должно иметь оптимальную глубину резко изображаемого пространства; кроме того, резкость

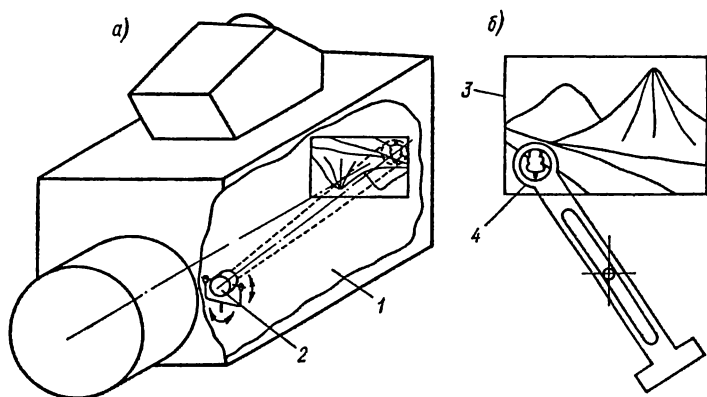


Рис. 55. Прямое измерение экспозиции по сюжетно-важной детали, расположенной на любом участке кадра

изображения зависит не только от фокусировки, но и от отсутствия сдвига при съемке быстродвижущихся предметов или при дрожании фотоаппарата в руках. Каждая из трех основных характеристик изображения — размытость (нерезкость) Δ , экспозиция H , глубина изображаемого пространства T — определяется двумя из трех параметров (расстояние фокусировки s , выдержка t и диафрагма n), которые устанавливаются фотографом или автоматически при съемке каждого кадра¹ (рис. 56, а). А каждый из параметров влияет на две из трех названных характеристик.

Поскольку для одной группы сюжетов (условный тип «Пейзаж») наиболее важно обеспечить оптимальную глубину

¹ На схеме не указаны параметры, которые невозможно варьировать при съемке каждого кадра: светочувствительность фотопленки, фокусное расстояние объектива, диаметр допустимого кружка нерезкости.

резко изображаемого пространства, а для другой группы (условный тип «Спорт») — получить несмазанное изображение движущегося объекта, то «ключом» к полной автоматизации получения качественного изображения являются сведения о типе сюжета, которые фотограф может сообщить автомату, например, с помощью двух спусковых кнопок «Пейзаж» и «Спорт» (см. рис. 38) или даже одного спускового рычага. (Скажем, рычаг надо повернуть вверх при съемке пейзажа или вниз при съемке спортивного сюжета.)

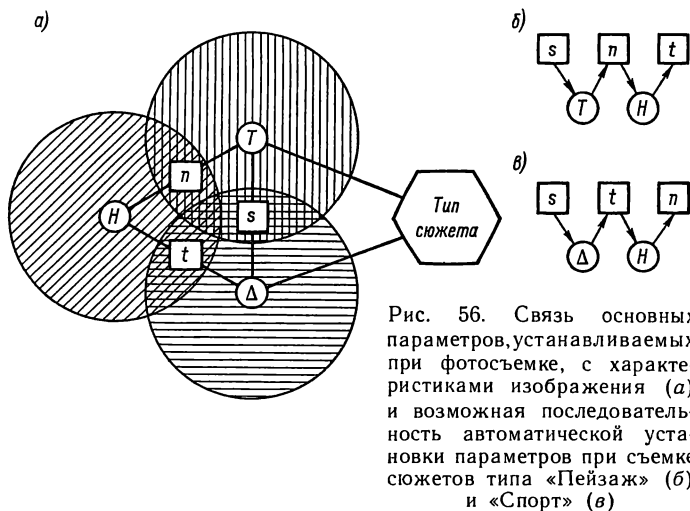


Рис. 56. Связь основных параметров, устанавливаемых при фотосъемке, с характеристиками изображения (а) и возможная последовательность автоматической установки параметров при съемке сюжетов типа «Пейзаж» (б) и «Спорт» (в)

По-видимому будущие автоматические системы с мозаичным ПЗС-приемником (см. п. 5.1) и микропроцессором смогут автоматически определять, есть ли быстродвижущиеся предметы в снимаемом сюжете, и даже оценивать их угловую скорость. Если по указанию фотографа или автоматически установлено, что фотографируемый сюжет относится к типу «Пейзаж», то микропроцессор фотоаппарата должен установить в момент съемки такую диафрагму, чтобы при измеренном расстоянии до объекта обеспечить оптимальную глубину резко изображаемого пространства (скажем, довести его заднюю границу до «бесконечности»), а затем для этого значения диафрагмы установить выдержку, дающую правильную экспозицию (рис. 56, б). Напротив, при съемке сюжета типа «Спорт» автомат должен подобрать сначала выдержку, достаточно короткую для предотвращения сдвига изображения сфокусированного предмета, а затем по этой выдержке — диафрагму, обеспечивающую правильную экспозицию (рис. 56, в)

Все более полная автоматизация подготовки к съемке в существующих или будущих системах фотоаппаратов должна помочь фотографу сосредоточить внимание на сюжете и композиции снимка, в то же время не ограничивая его творческих возможностей. Должна быть предусмотрена возможность отключения автоматики (например, систем, изображенных на рис. 56, б, в) по желанию фотографа. Это может быть необходимо в тех случаях, когда фотожурналист или фотолюбитель хочет сделать портрет с нерезким задним планом или подчеркнуть движение, специально «размазав» быстро перемещающийся объект. Как писал несколько лет тому назад американский журнал «Электроника», «особое удовлетворение изготовители высококачественных камер находят в том, что многие профессиональные фотографы, однажды поклявшись никогда не прикасаться к «автоматическим» камерам, теперь уже считают их полезными инструментами, поскольку они дают возможность сконцентрировать внимание на творческих аспектах фотографирования, более того, фотографы иногда признают, что даже качество фотоснимков повышается».

6.2. ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ ФОТОАППАРАТОВ

Основные механические узлы современных фотоаппаратов — это привод ирисовой диафрагмы объектива и привод лепестков или шторок фотозатвора. Предлагаемая в ряде патентов замена этих приводов оптико-электронными устройствами — перспектива отдаленного будущего. Например, предлагалось применить *ячейки жидких кристаллов* (ЖК) для выполнения функции ирисовой диафрагмы. В таких устройствах используется эффект динамического рассеяния ЖК (рис. 57, а). В объектив помещается тонкая плоскопараллельная пластинка 1, являющаяся ЖК-кюветой. На одну плоскую поверхность кюветы нанесен прозрачный сплошной электрод 2, на другую — несколько прозрачных кольцевых электродов 3, 4, 5 и т. д. Если приложить напряжение (не менее 6—8 В) между электродами 2 и 3, возникает турбулентное движение молекул ЖК в наружной кольцевой зоне зрачка объектива, свет в этой зоне рассеивается и прямо не проходит дальше в объектив. То же произойдет в средней зоне зрачка, если приложить напряжение еще между электродами 2 и 4 и т. д. В итоге световые пучки ограничиваются примерно так же, как ирисовой диафрагмой, но применению ЖК диафрагм мешает их недостаток: свет, рассеянный ЖК-ячейкой, снижает контраст изображения.

ЖК-ячейку предлагалось использовать также в качестве замены механического привода фотозатвора. Для этого можно

использовать полевой эффект (твист-эффект) ЖК (рис. 57, б). Между объективом 6 и фотографическим материалом 12 расположена ЖК-кювета 9 с прозрачными электродами 8 и 10. По обе стороны кюветы находятся две пленки (поляризатор 7 и анализатор 11), пропускающие линейно поляризованный свет. Внутренние поверхности кюветы выполнены так, что молекулы ЖК в кювете (на ее толщине, т. е. от одной ее стенки до другой) поворачиваются винтообразно на 90° . У линейно поляризованного света (после поляризатора) также поворачивается на 90° плоскость колебаний. Если поляризатор и анализатор ориентированы (по направлению пропускаемых колебаний) параллельно, то в этом случае все устройство не пропускает света. Но если приложить

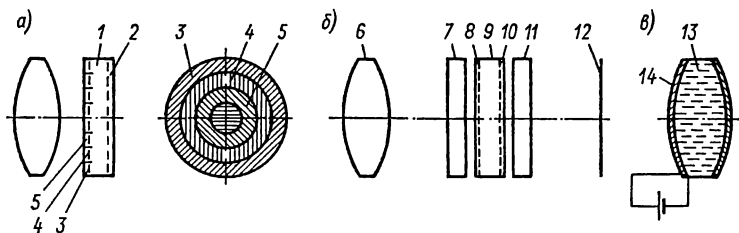


Рис. 57. Использование жидкокристаллических ячеек в качестве диафрагмы объектива (а) и затвора (б) и пьезоэлектрического элемента в качестве линзы (в)

к электродам ЖК-кюветы электрическое поле (2—5 В), то продольные оси молекулы ЖК перестраиваются по направлению силовых линий, поворот плоскости поляризации света в кювете исчезает, и свет проходит к фотоматериалу.

Подобное устройство имеет ряд недостатков: из-за наличия поляризатора пропускается не более 50 % светового потока; кроме того, затемнение (до приложения электрического поля) несовершенно, т. е. за длительное время фотоматериал может засветиться; надо еще улучшать временную инерционность ЖК-ячеек. Подобные недостатки характерны и для других электрических затворов без движущихся деталей, например использующего известный физический эффект Керра или с мгновенно испаряющейся металлической проволокой, делающей непрозрачным зазор между двумя стеклянными пластинками и т. п. Полноценной заменой механического привода фотозатвора, по-видимому, сможет стать (вероятно, не в ближайшем будущем) лишь электронно-оптический преобразователь, на выходе которого спроецированное изображение возникает практически безынерционно (за 10^{-8} с).

Еще более проблематична замена электронными устройствами основного оптического узла фотоаппарата, а именно объектива. Предлагался, например, объектив в виде простой линзы из материала, имеющего переменный показатель преломления в направлении от оптической оси к краям линзы. Если удастся управлять изменением показателя преломления с помощью электрического или электромагнитного поля, то микропроцессор фотоаппарата сможет автоматически совмещать плоскость изображения с фотоматериалом. Возможно, подобное устройство позволит также эффективно исправлять аберрации объектива, хотя, по-видимому, более реально решению этой проблемы поможет в будущем использование голографических оптических элементов, добавляемых к обычному объективу.

В одном из новых иностранных патентов предложена пьезоэлектрическая линза с переменным фокусным расстоянием (рис. 57, в). Она имеет вид резервуара 13 с прозрачной жидкостью, одна из стенок которого слегка растягивается при приложении к ней достаточно высокого электрического напряжения. Растяжение стенки 14 резервуара вызывает изменение ее кривизны, а следовательно, фокусного расстояния линзы.

Другое подобное предложение — гибкая линза, наполненная жидкостью. С помощью поршня давление жидкости внутри линзы изменяется по определенному закону, так что одна из стенок линзы, выполненная в виде гибкой мембраны, прогибается до расчетной величины. Меняя давление, можно последовательно сфокусировать лучи разных цветов в одной плоскости. Проводя «гидравлическую перефокусировку» с высокой частотой, возможно, удастся выделить резкое изображение (на несколько размытом фоне) в широкой спектральной области.

6.3. ПЕРСПЕКТИВЫ

НЕТРАДИЦИОННЫХ СПОСОБОВ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ФОТОАППАРАТАХ

Фотография, традиционно использующая соли серебра в качестве светочувствительных слоев, стала в наше время одним из его основных потребителей. Между тем запасы серебра в мире ограничены и экономия его становится важной задачей, решению которой в определенной степени способствует массовое распространение цветной фотографии в последние десятилетия: ведь цветное изображение формируется частицами красителей, а большую часть серебра из цветных фотоматериалов удастся вернуть в ходе их централизованной фотохимической обработки.

Однако еще большие надежды связываются с развитием бессеребряных фотопроцессов. Так, *электрофотография*

широко применяется в настоящее время главным образом для получения черно-белых или цветных копий с различных оригиналов. Для этого используются нанесенные на основу слои фотополупроводников, заряженные до высокого электрического потенциала; при освещении такого слоя сопротивление каждого его участка изменяется в зависимости от экспозиции полученной этим участком, и эти изменения удается пре-

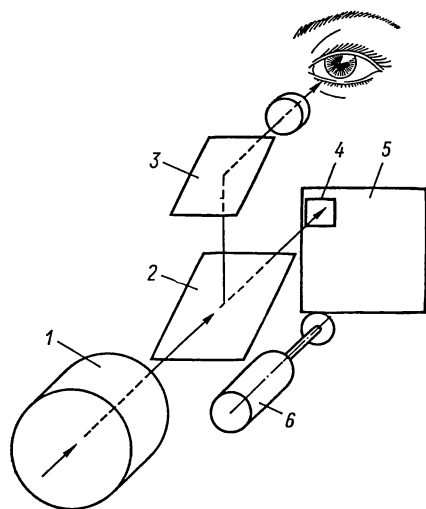


Рис. 58. Схема фотоаппарата с магнитной записью изображения

вратить в видимое изображение, покрывая слой электрически заряженным порошком. По мнению специалистов, некоторые электрофотографические методы можно использовать не только в копировальной технике, но и для получения качественных изображений при съемке фотоаппаратом, который должен быть сконструирован соответствующим образом. Электрофотографические изображения по разрешающей способности не уступают классическим галоидосеребряным, но светочувствительность электрофотографических слоев заметно ниже.

В 1981 г. японская радиоэлектронная фирма «Сони» произвела сенсацию, сообщив о намечаемом выпуске фотоаппарата с *магнитной записью изображения* «Мавика» (магнитная видеокамера). По данным печати, подобные разработки ведут также американские фирмы «ПолярOID» и «Кодак». Опытный образец камеры «Мавика» по схеме напоминает однообъективные зеркальные фотоаппараты, имеет сменные объективы (с фокусными расстояниями 25, 50 мм и др.), затвор с диапазоном выдержек $1/60$ — $1/2000$ с, зеркальный видеоскальщик с двумя зеркалами 2 и 3, одно из которых полупрозрачное (рис. 58). Объектив 1 проецирует изображение на ПЗС-приемник 4, состоящий почти из 280 000 элементов (490 строк по 570 элементов в каждой строке). Это изображение записывается на участке магнитного диска 5 — прямоугольной пластинки размерами $60 \times 54 \times 3$ мм, перемещаемой электродвигателем 6. Когда после съемки 50 кадров вся поверхность магнитного диска использована для записи,

его можно заменить новым. Камера работает от трех никель кадмиевых батарей, энергии которых хватает на 200 кадров. Изображения, записанные на диске, можно рассматривать на экране обычного телевизора (в частности, цветного) с помощью специальной приставки к телевизору.

Пластинка с магнитной записью не засвечивается и не требует проявления или другой обработки. Светочувствительность устройства, как сообщалось, эквивалентна 180 ед. ГОСТ. Существенным недостатком описанной конструкции является ее низкая разрешающая способность, не превосходящая (в пересчете на формат кадра 24×36 мм) 15—20 лин/мм, тогда как в традиционных съемочных системах она в 3—4 раза выше. Впрочем, электроника прогрессирует очень быстро, и можно ожидать появления ПЗС-приемников с более мелкими элементами и меньшим шагом структуры, обеспечивающих более высокую разрешающую способность записанного изображения.

Таким образом, не исключено, что в будущем электронная фотография, например в виде систем магнитной записи изображения, станет серьезным соперником классической использующей галогеносеребряные фотоматериалы, а возможно, и заменит ее. Но если даже это произойдет, то, оглядываясь на полуторавековой путь «серебряной» фотографии, мы испытаем только чувство благодарности к авторам и многочисленным разработчикам этого удивительного изобретения, вклад которого в культуру, науку, искусство невозможно переоценить.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Т а б л и ц а П-1

Отечественные фотоаппараты, выпущенные в 1966—1980 гг.

Модель	Формат кадра, мм	Модель	Формат кадра, мм
1966—1970 гг.		1971—1975 гг.	
«Фотон»	73×96	«Зенит-ЕМ»*	24×36
«Этюд»	45×60	«Зенит-ВМ»*	24×36
«Горизонт»	24×58	«Зенит-16»*	24×36
«Смена-8М»	24×36	«Киев-15»*	24×36
«Смена-Рapid (SL)»	24×36	«Чайка-2М»	18×24
«Сокол»	24×36	«Чайка-3»	18×24
«ФЭД-Атлас»	24×36	«Киев-30»	13×17
«Киев-5»*	24×36	1976—1980 гг.	
«Зенит-В»*	24×36	«Любитель-166»	60×60
«Зенит-7»*	24×36	«Киев-4М»*	24×36
«ФЭД-Микрон»	18×24	«Киев-4АМ»*	24×36
«Чайка-2»	18×24	ФЭД-5С*	24×36
«Зоркий-12»	18×24	ФЭД-5*	24×36
1971—1975 гг.		ФЭД-5В*	24×36
«Киев-6С»*	60×60	«Символ-136»	24×36
«Салют-С»*	60×60	«Орион-ЕЕ»	24×36
«Смена-Символ»	24×36	«Сокол-2»	24×36
«Вилия»	24×36	«Микрон-2»	24×36
«Вилия-Авто»	24×36	«Силуэт-Электрон»	24×36
ЛОМО-130А	24×36	«Силуэт-Автомат»	24×36
ЛОМО-135ВС	24×36	«Зенит-ТТЛ»*	24×36
«Зоркий-4К»*	24×36	«Киев-17»*	24×36

П р и м е ч а н и я: 1. Все модели фотоаппарата «Зенит», а также фотоаппараты «Киев-6С, -15, -17», «Салют-С» — однообъективные зеркальные; модель «Любитель-166» — двухобъективная зеркальная; остальные аппараты — шкальные или дальномерные. 2. «Фотон» — для одноступенного фотопроцесса. 3. «Этюд» — бокс-камера. 4. «Горизонт» — панорамный, затвор специальный. 5. В аппаратах «Смена-Рapid (SL)», «Зоркий-12» применена система зарядки «Рapid». 6. В моделях «Сокол», ЛОМО-130А, «Сокол-2» установка экспозиции — автоматическая многопрограммная. 7. Перечень фотоаппаратов, выпущенных до 1966 г., приведен в работе [8, с. 103—105].

* Модели с фокальным затвором, все остальные — с апертурным

Системы автоматизированной установки экспозиции,
используемые в отечественных фотоаппаратах

Тип системы	В каких моделях используется
Встроенный фотоэлектрический экспонометр	«Искра-2», «Киев-III», «Киев-IIIa», «Киев-4», «Киев-5», «Киев-4М», ФЭД-4, ФЭД-5С, ФЭД-5, «Зенит-Е», «Зенит-ЕМ», «Зенит-ЕТ», «Зенит-10», «Зенит-11»
Полуавтоматическая установка экспозиции	«Восход», ФЭД-10, «ФЭД-Атлас», «Чайка-3», «Киев-6С», «Киев-88ТТЛ», «Зенит-4», «Зенит-5», «Зенит-6», «Зенит-16», «Зенит-ТТЛ», «Зенит-19», «Алмаз-102»
Автоматическая установка экспозиции: установка диафрагмы (при предварительно выбранной выдержке); установка выдержки (при предварительно выбранной диафрагме); программная установка выдержки и диафрагмы; многопрограммная установка	«Орион-ЕЕ», «Киев-10», «Киев-15» «Силуэт-Электро» «Силуэт-Автомат», «Электра-112» «Зоркий-10», «Зоркий-11», «ФЭД-Микрон», «Зоркий-12», «Вилия-Авто», «Микрон-2» «Сокол», ЛОМО-130А, «Сокол-2»

Характеристики отечественных шкальных и дальномерных фотоап

Характеристики	Шкальные		
	«Киев-30»	ЛОМО-135BC	«Вилля-Авто»
Формат кадра, мм	13×17 (миниатюрный фотоаппарат)	24×36 (ма	
Несменный штатный объектив: наименование относительное отверстие и фокусное расстояние, мм ближайшее расстояние фокусировки, м способ фокусировки	«Индустар-М» 1:3,5/23 0,5 По шкале расстояний	«Индустар-73» 1:2,8/40 1,0 По шкале расстояний и	«Три
Фотозатвор: тип	Апертурный перед объективом	Центральный за объективом	
диапазон выдержек, с синхронизация с лампами-вспышками	1/30—1/200 «Х»	1/15—1/250, «В» «Х»	1/30—1/250, «В» «Х»
Установка экспозиции	Не автоматизирована		Автоматическая программная
Фотоприемник системы измерения экспозиции	—	—	Селеновый фотоэлемент
Визирно-дальномерная система: тип:	Рамочный видоискатель	Видоискатель с подсвеченной	
увеличение, крат база дальномера, мм учет параллакса	1,0 — —	0,6 — Компенсация параллакса	0,6 —
информация в поле зрения видоискателя	—	Символы для фокусировки	Стрелка гальванометра, шкалы диафрагм и выдержек, сигналы избыточной или недостаточной яркости объекта
Система транспортирования и зарядки пленки	Протягивание пленки смещением крышки аппарата	Заводная головка (завод пружины на 8 кадров), ручка обратной перемотки	Заводной рычаг, перемотки

паратов (1970—1983 гг. выпуска)

фотоаппараты		Дальномерные фотоаппараты		
«Орион-ЕЕ»	«Силуэт-Электро»	«Микрон-2»	«Сокол-2»	«Электра-112» (ЛОМО-122)
лоформатные фотоаппараты)				
плет-69-3» 1:4/40 0,8 символам		«Индустар-81» 1 2,8/38 1,0	«Индустар-70» 1:2,8/50 0,8	«Индустар-73» 1.2,8/40 0,8
По шкале расстояний		По дальномеру и шкале расстояний		
1/30—1/250, «В» «Х»	Центральный электронный за объективом 8—1/250, «В» «Х»	Центральный затвор-диа- фрагма за обь- ективом 1/30—1/650, «В» «Х»	Центральный междулинзо- вый 1/30—1/500, «В» «Х», «М»	Центральный междулинзовый электронный 2—1/500 «Х»*
Автоматическая установка диафрагмы	Автоматическая установка выдержки	Автоматическая программная пятипрограммная		Автоматическая установка выдержки
Сернистокадмиевый фоторезистор				
рамкой 0,6 — Отметки параллакса		Объединенный видоискатель-дальномер с подсвеченной рамкой 0,4 23 0,7 70 0,6 33 Компенсация параллакса		
Стрелка гальванометра, шкала диафрагм	Цветовые сигналы возможной передержки, необходимости съемки со штатива, годности источника питания	Стрелка гальванометра, шкалы выдержек и диафрагм, сигнал недостаточной яркости объекта	Шкалы выдержек и диафрагм	Цветовые сигналы возможной передержки, необходимости съемки со штатива, годности источника питания
ручка обратной	Заводной рычаг, ручка обратной перемотки, облегченная зарядка пленки			

Характеристики	Шкальные фото		
	«Киев-30»	ЛОМО-135BC	«Вилия-Авто»
Счетчик кадров	На 25 кадров, с ручной установкой на нуль		
Габаритные размеры, мм	86×47×28	108×81×87	128×85×72
Масса, г	190	525	450
<p>Примечания: 1. В моделях «Микрон-2» и «Сокол-2» предусмотрена дели «Сокол-2» предусмотрен контроль годности источника питания, установки выдержек по символам погоды и установки диафрагм по значе которые по конструкции незначительно отличаются от описанных выше. зиционного калькулятора. «Вилия» отличается от модели «Вилия-Авто» по символам экспозиционного калькулятора, видимым в поле зрения видо более светосильным объективом «Индустар-92» 1 : 2,8/38 мм и бóльшим</p> <p>* При установке лампы-вспышки в обойму с синхроконтактом автоматически</p>			

Характеристики отечественных зеркальных фотоаппаратов (1970—

Характеристики	Однообъективные фотоаппараты				
	«Зенит-ЕМ»	«Зенит-ТТЛ»	«Зенит-16»	«Зенит-19»	«Алмаз-102»
Формат кадра, мм	24×36 (малоформатные фото)				
Штатный объектив: наименование	«Гелиос-44-М»			«Зенитар-М»	«Волна-4 МС»
относительное отверстие и фокусное расстояние, мм	1:2/58			1:1,7/50	1:1,4/50
ближайшее расстояние фокусировки, м	0,55			0,45	0,45
диафрагма					Нажимная
Фотозатвор:					
тип	Шторный			Ламель	
диапазон выдержек, с	1/30—1/500, «В», автоспуск			1—1/1000, «В», авто-спуск*	1—1/1000, «В», авто-спуск
синхронизация с лампами-вспышками	«Х» (на 1/30 с), «М»			«Х» (до 1/125 с)	«Х» (до 1/60 с), «FP»

аппараты		Дальномерные фотоаппараты		
«Орион-ЕЕ»	«Силуэт-Электро»	«Микрон-2»	«Сокол-2»	«Электра-112» (ЛОМО-122)
Самосбрасывающийся				
128 × 85 × 72	128 × 85 × 72	112 × 77 × 59	137 × 87 × 85	122 × 74 × 62
450	410	460	850	550

блокировка спусковой кнопки при недостаточной яркости объекта. 2. В мо-
3. Модель ЛОМО-135ВС имеет экспозиционный калькулятор для
ниям светочувствительности пленки. 4. В таблицу не включены фотоаппараты,
ЛОМО-135М отличается от аппарата ЛОМО-135ВС конструкцией экспо-
отсутствием фотоэлемента и системой установки экспозиции (установка
искателя). «Силуэт-Автомат» * отличается от модели «Силуэт-Электро»
диапазоном выдержек электронного междулинзового затвора (8—1/500 с)

устанавливается выдержка 1/30 с.

Т а б л и ц а П-4

1983 гг. выпуска)

с поворотным зеркалом					Двухобъектив- ный фото- аппарат «Лю- битель-166»
«Киев-15ТЕЕ»	«Киев-17»	«Киев-6С»	«Киев-88ТТЛ»	«Салют-С»	
аппараты)		60 × 60 (среднеформатные фотоаппараты)			
«Гелиос-81- Автомат» 1:2/50	«Гелиос- 81-М» 1:2/50	«Вега- 12-Б» 1:2,8/90	«Волна- 3-В» 1:2,8/80	«Вега- 12-В» 1:2,8/90	Т-22 1:4,5/75
0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	1,4
		Прыгающая			—
ный		Шторный			Централь- ный между- линзовый 1/15—1/250, «В»
1/2—1/1000, «В»**	1—1/1000, «В», авто- спуск «Х» (до 1/60 с) «F»	1/2—1/1000, «В»	1/2—1/1000, «В»	1/2—1/1000, «В»	«Х»
«Х» (до 1/60 с)		«Х» (до 1/30 с)	«Х» (до 1/30 с)	«М»	

Характеристики	Однообъективные фотоаппараты					
	«Зенит-ЕМ»	«Зенит-ТТЛ»	«Зенит-16»	«Зенит-19»	«Алмаз-102»	
Установка экспозиции	С помощью встроенного фотозапомера	Полуавтоматическая через съемочный объектив				
Фотоприемник системы измерения экспозиции	Селеновый фотоэлемент	Сернистокадмиевый фоторезистор			Кремниевый фотодиод	
Зеркальный видоскоп: размеры, мм пентапризма зеркало фокусирующие элементы	20×28	20×28 Несъемная	22×33	22×32	23×35 Съемная	Сменные***
информация в поле зрения видоскопа	—	Стрелка гальванометра	Сигналы правильной установки экспозиции (электролампочки)	Стрелка гальванометра	Сигналы правильной установки экспозиции (светодиоды), шкалы выдержек и диафрагм	
Транспортирование и зарядка пленки	Заводной рычаг, головка обратной перемотки	Заводной рычаг, головка обратной перемотки, облегченная зарядка пленки	Заводной рычаг, ручка обратной перемотки, облегченная зарядка пленки		Заводной	
Счетчик кадров	С ручной установкой на ноль		Самосбрасывающийся			
Габаритные размеры, мм	141×93×100	138×93×100	142×101×100	138×106×100	155×97×105	
Масса, г	1100	1010	870	920	1280	

Примечания: Модель «Любитель-166» имеет жестковстроенный штатный «Киев-6С» предусмотрен контроль годности источников питания. 3. Фотоаппарат по символам погоды и установки диафрагм по значениям светочувствительности отличаются от описанных выше. В отличие от модели «Зенит-ЕМ» модель Модель «Зенит-11» отличается от модели «Зенит-ЕМ», а «Зенит-10» от модели и конструкцией головки установки выдержек. «Алмаз-103» отличается от аппарата светосильным объективом «Волна МС» 1:1,8/50 мм. У модели «Люби не заблокирована со взводом затвора, отсчет кадров — по окну на задней крышке

* Регулятор выдержек затвора — электронный, при отсутствии источников

** Предусмотрена блокировка спусковой кнопки при недостаточной

*** Сменные пластинки: а) с фокусируемыми клиньями, микроастром, матовым

с поворотным зеркалом						Двухобъективный фотоаппарат «Любитель-166»
«Киев-15ТЕЕ»	«Киев-17»	«Киев-6С»	«Киев-88ТТЛ»	«Салют-С»		
Автоматическая установка диафрагмы через съемочный объектив	Не автоматизирована	Полуавтоматическая через съемочный объектив		Не автоматизирована		
Сернистокадмиевый фоторезистор		Сернистокадмиевый фоторезистор в съемной пентапризме		—	—	
22×34 Несъемная	23×35	53×53	53×53	53×53	— — —	
Линза Френеля, матовое стекло, микрорастр	Линза Френеля, матовое стекло, микрорастр, фокусирующие клинья	Линза Френеля, матовое стекло, микрорастр	Линза Френеля, матовое стекло, микрорастр, фокусирующие клинья		Матовое стекло	
Стрелка гальванометра, шкала диафрагм	—	Сигналы правильной установки экспозиции (светодиоды)		—	—	
рычаг, ручка обратной перемотки	Заводной рычаг, ручка обратной перемотки, облегченная зарядка пленки	Заводной рычаг (зарядка на 12 или 24 кадров)	Заводная головка, магазины на 12 кадров 6×6 см или 16 кадров 4,5×6 см	Заводная головка, приставные магазины на 12 или 24 кадра	Заводная головка	
		Механический				
160×105×100	142×92×93	172×164×150	180×155×106	190×115×106	126×102×97	
1250	950	2000	1950	1600	700	

объектив, все остальные — съемный. 2. В аппаратах «Зенит-19», «Киев-15ТЕЕ», «Любитель-166» снабжен экспозиционным калькулятором для установки выдержек пленки. 4. В таблицу не включены фотоаппараты, которые по конструкции незначительны. «Зенит-М» не имеет встроенного экспонометра, «Зенит-ЕТ» — нажимной диафрагмы. «Зенит-ЕТ» устройством транспортирования пленки (ручка обратной перемотки) «Алмаз-102» отсутствием системы автоматизированной установки экспозиции и менее аппарата.

питания обрабатывается только выдержка 1/1000 с яркости объекта.

стеклом; б) с микрорастром и матовым стеклом; в) с микрорастром.

Т а б л и ц а П-5

Сменные объективы для отечественных зеркальных фотоаппаратов

Объектив	Относительное отверстие и фокусное рас- стояние, мм	Поле зрения, ...°	Ближайшее расстояние фокусировки, м
«Зенит-Е, -В, -ЕТ, -10»			
«Мир-10-А»	1:3,5/28	75	0,22
«Мир-1-А»	1:2,8/37	60	0,24
«Индустар-50-2»	1:3,5/50	45	0,65
«Гелиос-44-2»	1:2/58	40	0,5
«Гелиос-40-2»	1:1,5/85	28	1,15
«Вега-13-А»	1:2,8/100	24	0,8
«Таир-11-А»	1:2,8/135	18	1,5
«Юпитер-6-2»	1:2,8/180	14	2,0
«Юпитер-21-А»	1:4/200	12	1,7
«Таир-3-А»	1:4,5/300	8	2,2
ЗМ-5-А	1:8/500	5	4,0
МТО-1000-А	1:10/1000	2° 30'	10,0
«Зенит-ЕМ, -ВМ, -11, ТТЛ»			
«Мир-20-М»	1:3,5/20	94	0,18
«Гелиос-44-М»	1:2/58	40	0,55
«Вега-13-М»	1:2,8/100	24	1,0
«Юпитер-21-М»	1:4/200	12	1,8
«Телезенитар-М»	1:4,5/300	8	3,0
«Киев-10, -15ТЕЕ»			
«Мир-20-Автомат»	1:3,5/20	94	0,3
«Мир-1-Автомат»	1:2,8/37	60	0,5
«Гелиос-81-Автомат»	1:2/50	45	0,5
«Юпитер-9-Автомат»	1:2/85	28	1,2
«Юпитер-11-Автомат»	1:4/135	18	1,2
«Киев-6С»			
«Мир-26-Б»	1:3,5/45	83	0,5
«Мир-38-Б»	1:3,5/65	66	0,5
«Вега-12-Б»	1:2,8/90	47	0,6
«Калейнар-3-Б»	1:2,8/150	30	1,8
«Юпитер-36-Б»	1:3,5/250	18	3,5
ЗМ-3-Б	1:8/600	8	6,0
«Салют-С»			
«Мир-26-В»	1:3,5/45	83	0,5
«Мир-38-В»	1:3,5/65	66	0,5
«Вега-12-В»	1:2,8/90	47	0,6
«Юпитер-36-В»	1:3,5/250	18	3,5

Список литературы

1. **Волосов Д. С.** Фотографическая оптика. 2-е изд. М.: Искусство, 1978, 543 с.
2. **Голодницкий А. Б.** Фотокиновары. М.: Экономика, 1981. 160 с.
3. **Краткий справочник фотолюбителя/Под. ред. Н. Д. Панфилова и А. А. Фомина.** М.: Искусство, 1981. 368 с.
4. **Кулагин С. В.** Проектирование фото- и киноприборов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1976. 304 с.
5. **Лапаури А. А.** Просветленный объектив. М.: Искусство, 1971. 183 с.
6. **Оптико-механические приборы/ С. Г. Бабушкин, М. Г. Беркова, К. Р. Гольдин и др.** М.: Машиностроение, 1965. 366 с.
7. **Фотокинотехника: Энциклопедия/Под ред. Е. А. Иофиса.** М.: Сов. энциклопедия, 1981. 447 с.
8. **Шульман М. Я.** Современные фотографические аппараты. М.: Искусство, 1968. 111 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоспуск 61

В

Взвод курковый 67
Видоискатель-дальномер объединенный 52
Видоискатель зеркальный 53
с подсвеченной рамкой 49
— рамочный 49
телескопический 49

Г

Гальванометр 76

Д

Дальномер 10, 52
Делитель напряжения 81
Диафрагма ирисовая 42
— нажимная 70
— прыгающая 69
Диод световой 120

З

Запись изображения магнитная 128
Зарядка пленки облегченная 108
— — магазинная 110
Затвор фотографический 5
— — апертурный 58
— — веерный 63
— — ламельный 62
— — фокальный 61
— — центральный 7
— — шторный 13
— — электронный 91
Затвор-диафрагма 60
— электронный 93
Зеркало самовозвращающееся 70
— поворотное 70

И

Имитатор диафрагмы 70
Индикация в видоискателе 120

К

Кассета 18, 109
Клинья фокусирующие 55
Компенсация смещения плоскости изображения 48
Конвертер 46

Л

Лампа-вспышка импульсная 64
— — с регулируемой длительностью разряда 98
— кубик 97
— одноразовая 66
Линза асферическая 40
— коллективная 54
— сменная 57
пластмассовая 41
Френеля 54
Локаатор инфракрасный 101
ультразвуковой 101

М

Микросъемка 21, 48
Микропроцессор в фотоаппарате 95, 119
Микрорастр 56

Н

Насадка переменного увеличения 47

О

Объектив фотографический 4, 38
— — длиннофокусный 45
— — зеркально-линзовый 45
— —, крепление к камере 48
— — нормальный 11, 43
— —, относительное отверстие 5
— — с переменным фокусным расстоянием 46
— — с поперечным смещением оптической оси 42
— — ретрофокусный 18
— — «рыбий глаз» 44
— — светосильный 43
— — симметричный 17

- —, фокусное расстояние 5, 12
- — широкоугольный 44

П

- Параллакс видоискателя 50
- —, компенсация 51
- Пентапризма 16, 54
- Перемотка обратная 67
- Планфильм одноступенный 113
- Прибор зарядовой связи 104, 128
- Привод лепестков затвора 58
- транспортирования пленки пружинный 108
- — — электрический 108
- Просветление линз 39

Р

- Регулятор анкерный 9, 59
- Рольфильм 19
- одноступенный 111

С

- Светочувствительность фотоматериалов 20
- Синхроконттакт центральный 67
- Синхронизация фотозатворов 64
- Спуск сенсорный 68
- Стекло матовое 55
- оптическое 39
- Стереofотосъемка 37
- Счетчик кадров 68

Т

- Телеконвертер 46
- Телеобъектив 12
- обращенный 18

У

- Установка диафрагмы предварительная 17
- светочувствительности пленки автоматическая 109
- экспозиции автоматическая 82
- при съемке с лампой-вспышкой 96
- — многопрограммная 85
- — многорежимная 95
- — «с памятью» 94
- — полуавтоматическая 80

- — программная 83
- — цифровыми методами 95
- Устройства в печатывания данных на пленку 72

Ф

- Фильмпак одноступенный 112
- Фокусировка автоматическая 100
- внутренняя 41
- плавающая 41
- Фотоаппарат герметизированный 38
- дальномерный 10
- зеркальный однообъективный 15
- — двухобъективный 35
- крупноформатный 23
- малоформатный 27
- миниатюрный 29
- панорамный 36
- полуформатный 29
- с неподвижным зеркалом 32
- среднеформатный 25
- широкоугольный 36
- шкальный 6
- ящичного типа 26
- Фотодиод 75
- Фотокамера 4
- Фотопленка 4, 18
- роликовая 19
- Фоторезистор 75
- Фотоэлемент селеновый 74

Ш

- Шкала экспозиционных чисел 78

Э

- Экспозиция 4
- , измерение детальное 90
- , — интегральное 89
- , — прямое 96
- , — через съемочный объект 87
- Экспонометр 73
- встроенный 77

Я

- Ячейка жидкокристаллическая 125

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Первые модели фотоаппаратов «Смена», «Зоркий», «Зенит»	4
1.1. Назначение основных узлов фотоаппарата	—
1.2. Фотоаппарат «Смена»	6
1.3. Фотоаппараты «Зоркий» и «Киев»	10
1.4. Фотоаппарат «Зенит»	14
1.5. Виды фотоматериалов	18
Глава 2. Что такое современный фотоаппарат?	20
2.1. Основные направления развития фотоаппаратуры	—
2.2. Форматы кадра современных фотоаппаратов	22
2.3. Типы конструкций современных фотоаппаратов	31
Глава 3. Основные узлы современных фотоаппаратов	38
3.1. Фотообъективы	—
3.2. Визирно-дальномерные системы фотоаппаратов	49
3.3. Фотозатворы	57
3.4. Другие механизмы фотоаппаратов	67
Глава 4. Измерение экспозиции и его автоматизация в фотоаппаратах	73
4.1. Экспонетрические устройства фотоаппаратов	—
4.2. Системы автоматизированной установки экспозиции	77
4.3. Системы измерения экспозиции через съемочный объектив	87
4.4. Электронные фотозатворы	91
4.5. Автоматическая установка экспозиции при съемке с лампами-вспышками	96
Глава 5. Полная автоматизация операций при фотосъемке	100
5.1. Системы автоматической фокусировки фотоаппаратов	—
5.2. Автоматизация транспортирования и зарядки фото- пленки	108
5.3. Аппараты для одноступенного фотопроцесса	111
5.4. Характеристики автоматических фотоаппаратов различных классов	116
Глава 6. Фотоаппарат завтра	122
6.1. Ближайшие перспективы развития фотоаппаратов	—
6.2. Принципиально новые решения оптико-механических узлов фотоаппаратов	125
6.3. Перспективы нетрадиционных способов регистрации изображения в фотоаппаратах	127
Приложение	130
Список литературы	139
Предметный указатель	140

Уважаемый читатель!

С целью получения информации о качестве наших изданий просим Вас в прилагаемой анкете подчеркнуть позиции, соответствующие Вашей оценке этой книги.

1. В книге существует:

- а) острая необходимость
- б) значительная потребность
- в) незначительная потребность

2. Эффективность книги с точки зрения практического вклада в отрасль:

- а) весьма высокая
- б) высокая
- в) сомнительная
- г) незначительная

3. Эффективность книги с точки зрения теоретического вклада в отрасль:

- а) весьма высокая
- б) высокая
- в) сомнительная
- г) незначительная

4. Материал книги соответствует достижениям мировой науки и техники в данной отрасли:

- а) в полной мере
- б) частично
- в) слабо

5. Книга сохранит свою актуальность:

- а) 1—2 года
- б) в течение 5 лет
- в) длительное время

6. Название книги отвечает содержанию:

- а) в полной мере
- б) частично
- в) слабо

Дополнительные замечания предлагаем Вам приложить отдельно.

Фамилия, имя, отчество . . .

.

Ученое звание

.

Специальность

.

Место работы, должность

.

Стаж работы

Просим отрезать страницу по линии отреза и в почтовом
конверте выслать по адресу.

*191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10,
ЛО изд-ва «Машиностроение»*

Шульман М. Я. Фотоаппараты

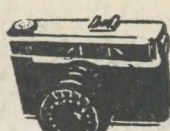
50 коп.



«Орион-ЕЕ»



«Микрон-2»



«Сокол-2»



«Электра-112»



«Зенит-ЕМ»



«Зенит-19»



«Киев-6С»



«Киев-88»



«Любитель-166»

ФОТО-
аппараты

МАШИНОСТРОЕНИЕ

