

Система экспомера



В ИДЕАЛЬНОМ СЛУЧАЕ ЭКСПОЗИЦИЯ ДОЛЖНА ОБЕСПЕЧИТЬ ТОЧНУЮ ПЕРЕДАЧУ ЯРКОСТИ, ЦВЕТА И ДЕТАЛИРОВКИ ОБЪЕКТОВ В ПОЛЕ ЗРЕНИЯ КАМЕРЫ.

ЭКСПОЗИЦИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КОЛИЧЕСТВОМ СВЕТА И ВРЕМЕНЕМ ВЫДЕРЖКИ

Режимы экспомера

Зонная система экспонетрии

Выдержка

Чувствительность

Энергетика фотографии в полной мере характеризуется *экспозицией* — произведением освещенности изображения (в люксах), полученного в фокальной плоскости, на время освещения (в секундах). В идеальном случае экспозиция должна обеспечить точную передачу яркости, цвета и детализовки объектов в поле зрения камеры.

Величиной экспозиции управляют, изменяя количество света, проходящего через объектив, и время выдержки. То есть, при известной чувствительности нужно подать на матрицу определенную световую энергию, которая обеспечит правильную фиксацию изображения.

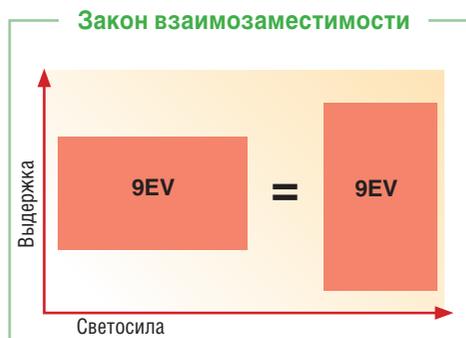
Правильное экспонирование предполагает знание закона взаимозаменяемости. Согласно этому закону, при заданном уровне чувствительности фотоприемника большая выдержка и малое относительное отверстие эквивалентны малой выдержке и большому относительному отверстию. Для получения той же экспозиции при уменьшении выдержки на одну ступень

нужно необходимо открыть диафрагму на одну ступень, и наоборот. Используя школьную формулировку переместительного закона, можно сказать, что от перемены мест множителей произведение не меняется.

Границами применения закона взаимозаменяемости выступают выдержки от 1/1000 секунды до одной секунды. За пределами верхней границы действуют правила:

- при выдержках около одной секунды надо увеличить экспозицию на одну ступень;
- при выдержках около 10 с надо увеличить экспозицию на одну или две ступени;
- при выдержках около 100 с надо увеличить экспозицию на две или три ступени.

Условия съемки могут быть оценены при помощи светочувствительного прибора — экспомера. Встроенный экспомер цифровой камеры измеряет отраженный от объектов свет. Во многих моделях предусмотрен замер света, прошедшего через объектив (*TTL, throw-the-lens*). На выходе экспомера появляется некая вычисленная величина экспозиции — *EV (Exposure Value)*. Это комбинация чувствительности матрицы, диафрагмы и выдержки. Математически зависимость описывается формулой:



$$EV = \log_2 \left[\text{диафрагма}^2 \times \left(\frac{1}{\text{выдержка}} \right) \times \left(\frac{\text{чувствительность ISO}}{100} \right) \right]$$

**ВЫДЕРЖКА ДОЗИРУЕТ КОЛИЧЕСТВО СВЕТА,
ДИАФРАГМА ДОЗИРУЕТ ЯРКОСТЬ**

К примеру, параметрами измеренной экспозиции 9 EV могут быть значения:

- чувствительность *ISO 100*;
- диафрагма *f/2.8*;
- выдержка *1/60 с*.

В полностью автоматическом режиме система экспомера камеры сама рассчитывает эти параметры. Некоторые современные камеры имеют творческие режимы съемки, в которых можно вручную задать диафрагму (приоритет диафрагмы) или выдержку (приоритет выдержки), изменить чувствительность матрицы. Остальные параметры вычисляются системой экспомера автоматически, опять-таки базирясь на измеренной величине EV.

Для оперативного регулирования светосилы в объективах применяется диафрагма. Обычно конструкция диафрагмы состоит из нескольких лепестков-шторок, позволяющих уменьшать или увеличивать отверстие, через которое проходит свет.

Объектив с большим значением светосилы удобен, если съемка ведется при пониженной освещенности. Однако если объект съемки освещен достаточно ярко, то большая све-

тосила объектива становится помехой. Ведь яркость создаваемого им изображения будет настолько большой, что даже минимальная выдержка не обеспечит правильную экспозицию. Уменьшение диафрагменного отверстия (диафрагмирование) позволяет понизить яркость проецируемого изображения.

Диафрагмирование объектива на одну ступень приводит к такому же уменьшению экспозиции, как и уменьшение выдержки в два раза. В цифровых камерах, использующих электронное управление и индикацию, применяют более мелкие деления — 1/2 или даже 1/3 ступени. Пользователи цифровых камер часто не задумываются об установке диафрагмы, поскольку электроника в некоторых режимах автоматически отслеживает установленное значение относительного отверстия объектива.

Диапазон «экспозиционного маневра» камеры можно оценить, зная диапазон выдержки и пределы изменения диафрагмы. По таблице определяют, в каком диапазоне освещенности работоспособна камера, а также пределы маневра при заданном уровне освещенности. Например, замеренная экспозиция составляет 10 EV. Камера *Minolta F100* (диапазон выдержки от 1 до 1/1000 секунды, диапазон диафрагмы F2.8–F11) сможет предложить пять вариантов комбинации выдержка/диафрагма при данном уровне освещенности.

Соотношение экспозиции, диафрагмы и выдержки при ISO 100

	F1	F1.4	F2	F2.8	F4	F5.6	F8	F11	F16	F22
1 с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/2 с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/4 с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1/8 с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/15 с	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1/30 с	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1/60 с	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1/125 с	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/250 с	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1/500 с	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1/1000 с	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1/2000 с	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1/4000 с	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Режимы экспозамера

Сегодня практически все цифровые камеры оснащены системой автоматического замера экспозиции. Начиная с камер компактного класса, как правило, предлагается несколько методов замера, которые рекомендуется использовать в разных условиях съемки.

Экспонометрические устройства обычно калибруются из расчета отражения 18% падающего на объект света. Это означает, что если весь кадр занимает чисто белый или чисто черный объект, то система экспозамера предлагает такую экспозицию, чтобы в результате получился серый объект. Поэтому, если картина распределения света в сюжете сильно отличается от стандартной, возникает необходимость экспокоррекции либо замеров не в отраженном, а в падающем свете.

Применяемые в настоящее время методы замера экспозиции условно можно разделить на четыре группы:

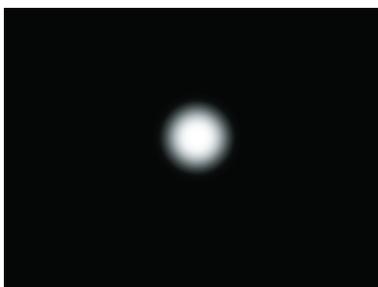
- интегральный;
- точечный;
- центрально-взвешенный;
- матричный или многозонный.

Интегральный метод

Простейший способ, когда освещенность измеряется в среднем по всему кадру одним датчиком, не имеющим каких-либо зон. В этом случае фотографу самому приходится принимать решение о необходимости и величине требуемых поправок.

Точечный метод

В точечном методе замера экспозиции для вычисления яркости используется один небольшой



участок («точка») кадра. Яркость в других частях кадра не измеряется вовсе. Обычно точечный замер применяют при контровом освещении в кадре, когда главный объект съемки освещен сзади. При других методах замера объект оказался бы недоэкспонированным, находясь в глубокой тени.

В режиме точечного замера область измерения ограничена небольшой частью площади кадра, как правило от 1% до 3%. Иногда используется частичный замер — до 10% площади кадра.

Центрально-взвешенный метод

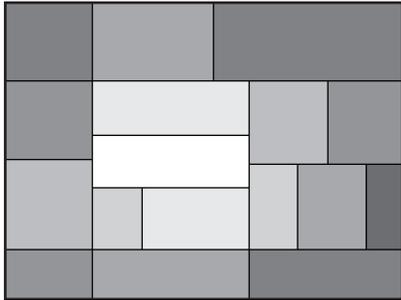
Метод основан на том, что замеры, сделанные в центральной части кадра, имеют более высокую значимость (вес). Яркость в остальной части кадра также измеряется, но имеет меньший весовой коэффициент при расчете экспозиции. Обычно соотношение «весов» замеров в центре и на периферии составляет 5:1. Однако каждая фирма сама определяет конкретные алгоритмы комбинирования значений в своих камерах. Например, встречаются системы, в которых центральной части придается значимость 75%, а остальным частям 25%.



Метод центрально-взвешенного замера хорошо работает в типовых условиях освещения и в том случае, если объект по центру кадра имеет ключевое значение, а периферийные объекты не столь важны. Если контраст освещения в кадре слишком велик, есть риск получить недоэкспонированные или переэкспонированные области снимка.

Матричный (многозонный) метод

Матричный метод (его также называют многозонным, или мультисегментным, или оценочным) основан на разбиении кадра по зонам. Данные по яркости освещения в каждой зоне замеряются отдельно, а затем комбинируются по специальному алгоритму, обеспечивающему вычисление оптимальной экспозиции по всей площади кадра. Для замера освещенности используется многоэлементный фотоприемник, получающий информацию непосредственно с объектива.



Число зон, способ разбиения, метод замера, алгоритмы расчета — все это является предметом фирменных технологий, зачастую запатентованных или засекреченных. Известно, что некоторые системы замера сравнивают полученные результаты со значениями из заложенной в память базы данных. В базе содержатся параметры для самых разных условий съемки. Обнаружив совпадение, система окончательно оптимизирует экспозицию.

Например, развитая система матричного замера используется в зеркальных цифровых фотокамерах *Nikon*. Датчик имеет 1005 полей замера, система способна рассчитать экспозицию в диапазоне от 0 до 20 EV.

Такой метод хорошо работает в камерах с обширным диапазоном выдержек и значений диафрагмы, позволяя получать оптимальные комбинации даже для параметров, близких к предельным. Мультizonный метод рекомендуется использовать при съемке нестандартных сюжетов, в сложных условиях освещения. В большинстве цифровых фотокамер, поддерживающих мультizonный метод экспозамера, он установлен по умолчанию.

Экспокоррекция

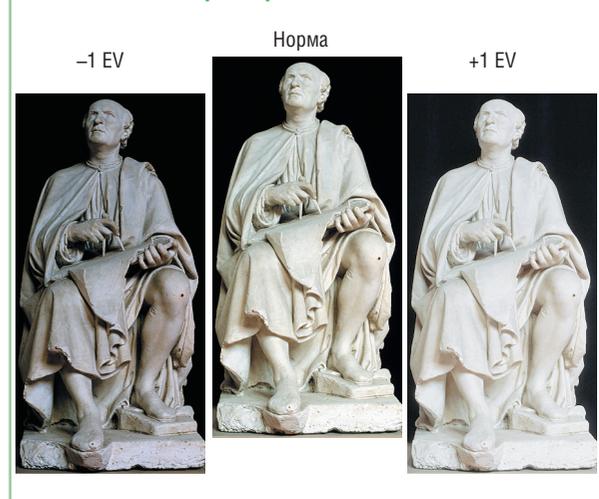
Для изменения вычисленной экспозиции в цифровых камерах применяют ручные и автоматические системы. Обычно шаг коррекции составляет $1/2$ или $1/3$ EV. Диапазон коррекции достигает ± 5 EV в лучших образцах.

Ручная экспокоррекция необходима, когда фотограф использует зонную систему определения экспозиции, не полагаясь на автоматику камеры. Цифровая технология фиксации изображения по сравнению с пленочной обладает тем преимуществом, что появляется возможность раздельной экспозиции областей кадра, попадающих в разные зоны. Для этого достаточно сделать серию снимков, в каждом из которых сделать экспокоррекцию в пользу сюжетно важных зон. Дальнейшее совмещение кадров на компьютере обеспечит расширение оптимального визуального контраста снимка в целом.

Эксповилка (брекетинг)

Процесс экспокоррекции в камерах компактного класса в настоящее время частично автоматизирован. В режиме эксповилки (транслитерированный вариант английского названия — «брекетинг») фотоаппарат делает несколько снимков: один с «нормальной» экспозицией, остальные с заданным шагом экспокоррекции в «минус» и в «плюс». Величину шага задает пользователь при выборе режима эксповилки.

Пример эксповилки



Зонная система экспонометрии

Свойства зрения человека таковы, что глаза способны быстро приспосабливаться к изменению освещения. Для человека не представляет сложности рассмотреть в подробностях обстановку в темной комнате и вид из окна солнечным днем. В целом диапазон распознавания яркости объектов человеком достигает фантастической величины — один к ста миллиардам, за счет адаптации зрения. Диапазон яркостей, различаемых без адаптации, уже — примерно один к миллиону. Матрица цифрового фотоаппарата способна запечатлеть соотношение яркостей примерно один к десяти тысячам, а фотобумага — один к двумстам.

Отсюда возникает проблема адаптации изображения применительно к возможностям техники и особенностям зрения человека. Эти задачи призвана решать экспонометрия. С технической точки зрения точность приборов вполне обеспечивает адекватное измерение света. Но экспонометрия наполовину, если не больше, задача творческая. Требуется добиваться сходства психофизиологических реакций зрителя

и фотографа, не «заикливаясь» на цифрах, выданных приборами.

Вернемся к сюжету с темной комнатой и видом из окна. На фотографии можно воспроизвести в нормальном тоновом диапазоне либо комнату, либо вид из окна, но не то и другое одновременно. С учетом возможностей техники и материалов были разработаны зонные системы экспонометрии, самой известной из которых является система Адамса.

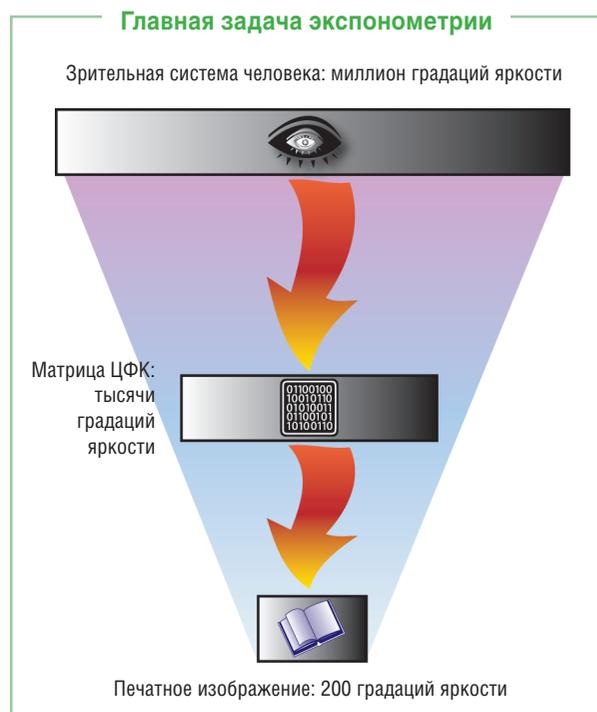
Зонная система Адамса

Американский фотограф Ансел Адамс по результатам многочисленных экспериментов разработал зонную систему экспонометрии, ныне повсеместно принятую фотографами как имеющую наибольшую практическую ценность.

Сущность любой зонной системы в том, что калибровка экспозиционной системы осуществляется по центральной зоне. В системе Адамса за центральную принята зона, в отраженном свете дающая 18% серого. Если центральная зона по условиям освещения воспроизводится нормально, значит и остальные зоны будут адекватно зафиксированы фотоаппаратом.

Тоновый диапазон снимка, по Адамсу, должен содержать 9 зон экспозиции, яркость каждой отличается от соседних зон в два раза. Степень между зонами в цифровой фотографии обычно обозначается как 1 EV. Восемь ступеней дают различие яркостей в 256 раз, что соответствует динамическому диапазону негативной черно-белой пленки и большинства матриц цифровых фотоаппаратов.

Не все сюжеты можно качественно отобразить при стандартной методике использования зонной системы. В некоторых случаях ключевыми в кадре могут быть объекты, попадающие в третью, четвертую, шестую или седьмую зоны. В такой ситуации фотограф калибрует аппарат по пятой зоне, но снимает с экспокоррекцией в одну-две ступени. В результате повышается оптимальный визуальный контраст печатного изображения.



1

2

3

4

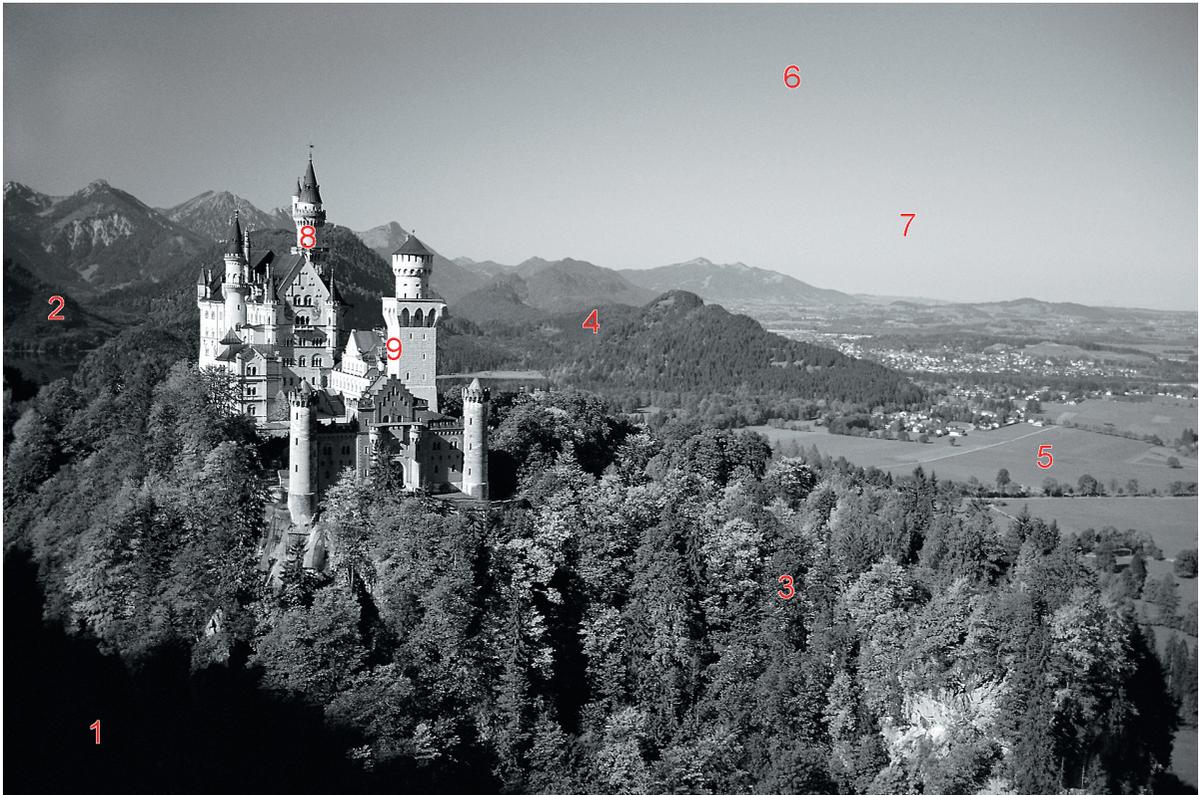
5

6

7

8

9



1 зона. Сплошной черный цвет. Самые глубокие тени. Цвета и фактура объектов не различаются.

2 зона. Появление первых признаков тоновых различий. Глубокие тени. Цвет по-прежнему неразличим, первые признаки фактуры.

3 зона. Заметны расширенные тоновые различия. Нормальные тени. Можно различить фактуру материалов, но цвет распознается плохо.

4 зона. Средние тени. Листва в тени, камни, тени в летний облачный день. Различаются фактура и детали объектов. Можно определить контрастные цветовые границы.

5 зона. Центральная зона служит образцом при экспозамере. В отраженном свете соответствует 18% серого. Хорошо видны детали объектов, их фактура, нормально различается цвет.

6 зона. Снег зимой в тени. Небо в солнечный день. Очень хорошо различаются оттенки одного цвета, фактура и детализация среднего плана, но начинают пропадать самые мелкие детали объектов.

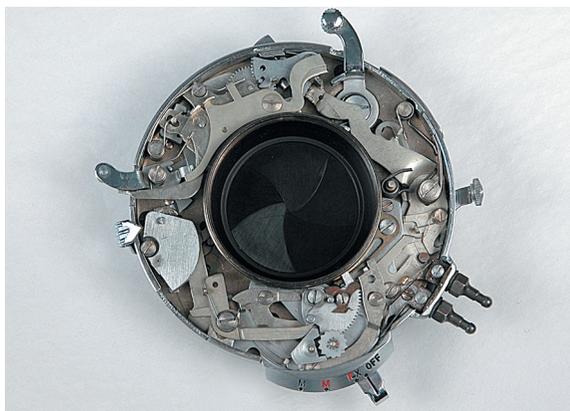
7 зона. Высокий ключевой тон. Снег при боковом освещении, светлые камни. Небо в горах. Падает насыщенность цвета, плохо различаются мелкие детали.

8 зона. Белые объекты с текстурой. Складки ткани белого и слабонасыщенного цвета, кружева. Цвет плохо различим, фактура различима только на крупных деталях.

9 зона. Сплошной белый цвет. Самые яркие области в кадре. Снег в прямом свете, световые блики. Цвет, фактура, детали неразличимы.

Выдержка

Время, в течение которого площадь кадра подвергается воздействию света, называется *выдержкой* (в цифровых камерах обозначается как *Shutter speed*). В пленочных аппаратах длительность выдержки обеспечивается затвором — механическим устройством, постоянно перекрывающим световой поток из объектива. При нажатии на кнопку спуска затвор открывается на заданное время и пропускает световой поток к пленке. Механическая конструкция затвора центрального типа обеспечивает выдержки до 1/500 секунды, а в профессиональных камерах затворы ламельного или шторного типа могут работать с выдержкой до 1/8000 секунды.



Механический центральный затвор

В цифровой фотокамере затвор обычно электронно-механический. Механическая часть отвечает за пропуск света к матрице, а электронная часть заведует параметрами собственно выдержки. Электроника отсчитывает время от момента попадания на матрицу первых фотонов света и по окончании заданного периода просто прекращает прием информации. Тем самым обеспечивается сколь угодно малая выдержка.

В моделях цифровых фотоаппаратов профессионального класса встречаются выдержки до 1/16 000 секунды. Компактные камеры, как правило, обеспечивают выдержку до 1/2000 секунды. Очевидно, что столь короткие

выдержки будут полезны только при специальной съемке.

Другой границей диапазона выдержки, доступного через меню камеры, обычно служат значения до 30 секунд (в ручном режиме). Опять-таки, сверхдлинные выдержки применяются только в специальных режимах съемки. Для этой же цели предназначена функция *BULB* — регистрации светового потока на матрице до тех пор, пока фотограф удерживает кнопку спуска. Например, в камере *Nikon Coolpix 8700* выдержка в режиме *BULB* достигает 10 минут. Очевидно, что в нормальных условиях выдержка «вручную» гарантированно обеспечит засветку кадра.

Особые условия съемки



Очень короткая выдержка — 1/2000 секунды



Очень длинная выдержка — 15 секунд

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Матрица цифрового фотоаппарата обладает неким базовым значением чувствительности. В цифровой фотографии параметр чувствительности принято обозначать как *ISO Speed Rating*. Он зависит, в основном, от физического размера матрицы, размера ее ячеек и, в меньшей степени, от применяемых при изготовлении технологий. Все прочие значения чувствительности, доступные через меню камеры или устанавливаемые автоматически, есть результат работы электронного усилителя (или делителя, если чувствительность требуется уменьшить). Очевидно, что усилитель одновременно увеличивает как полезный сигнал, так и шумы.

С позиций экспонометрии управление чувствительностью многократно расширяет диапазон приемлемых условий освещения в сцене. Если в пленочной камере фотограф вынужден самостоятельно рассчитывать чувствительность пленки в данных условиях и менять пленку при смене освещения, то в ЦФК все происходит в автоматическом режиме. В крайнем случае, владелец цифровой камеры может установить значение чувствительности вручную.

В пленочной фотографии ряд значений чувствительности стандартизирован. В цифровой фотографии некоторые фирмы придерживаются стандартного ряда *ISO*, а другие добавляют собственные значения. Сравните значения чувствительности, доступные из меню, в некоторых цифровых камерах верхнего сегмента компактного класса.

Параметры чувствительности цифровых камер

Модель камеры	Значения ISO Speed Rating
Nikon Coolpix P500	160, 200, 400, 800, 1600
Samsung EX1	80, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200
Olympus E510	100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 640, 800, 1000, 1250, 1600
Sony Alpha DSLR-A500	200, 400, 800, 1600
Nikon D5000	100, 200, 400, 800, 1600, 3200
Canon EOS 1Ds Mark II	50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200

Автоматика системы экспомера хорошей цифровой камеры крайне неохотно идет на изменение параметров чувствительности. Но если условия съемки не соответствуют диапазону маневра диафрагмой и выдержкой, приходится подключать к управлению экспозицией изменение чувствительности. В так называемых творческих режимах съемки (приоритет выдержки, приоритет диафрагмы) автоматике системы экспомера деваться некуда, так как фотограф отдает ей в управление только два параметра, один из которых — чувствительность.

Фотограф может задать чувствительность вручную через меню камеры. Но пользоваться этой функцией следует с большой осторожностью. По меньшей мере, надо изучить, как влияет повышение чувствительности на уровень шумов. Предсказать что-либо заранее на основании технических характеристик камеры трудно, поскольку методика измерения шумов не нормирована, и что считать приемлемым качеством, каждый производитель решает сам. Точно так же и каждый владелец камеры самостоятельно решает, при каком *ISO Speed Rating* качество снимков остается удовлетворительным.

Принципиально надо понимать, что если в характеристиках камеры записано *ISO 3200*, это «круто» только на бумаге. На практике сверхвысокая чувствительность никак не расширит диапазон применения камеры, и, скорее всего, останется невостребованной технической «фичей».

Сравнение шумов



Minolta F100, ISO 100



Minolta F100, ISO 800