

А
ИБЛИОТЕКА



ОБРАЗОВАНИЕ
ФОТОГРАФИЧЕСКОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ

Проф. Е. ГОЛЬДБЕРГ

832
82

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРЕВОДА

Предлагаемая нами в русском переводе книжка проф. Гольдберга представляет собою результат более чем десятилетней работы его. Автор выясняет образование фотографического изображения и с этой целью изучает не только свойства светочувствительного слоя, но и другие важнейшие факторы, влияющие на образование изображения: объекта, объектива, природных условий и т. д. Для количественного изучения этих факторов он изобрел новые методы и сконструировал ряд остроумнейших приборов. Наконец, им создано новое понятие «деталь яркости», сконструирован и собственными руками выполнен прибор для ее измерения, названный нами в переводе «деталиметром».

Важность «детали яркости» и удобство ее измерения посредством деталиметра может вполне оценить лишь тот, кто сам имел случай поработать с этим прибором. Эта книжка послужит ознакомлению с деталиметром, конструкция которого глубоко обоснована теоретически и в то же время представляет большие удобства в практическом применении.

В то же время книжка проф. Гольдберга представляет вполне оригинальный и цельный труд, что позволяет простить ему недостаток внимания к работам других авторов. Часто его идеи идут параллельно и тесно переплетаются с идеями главным образом американских исследователей. Так, например, вместо понятия «широты» автор вводит три других понятия [Umfänge], которые по-русски мы назвали «интервалами». Однако, ни одно из них не совпадает полностью с определением «широты».

Поэтому, с целью сохранения оригинальности и цельности изложения, мы воздержались от «перевода» научного языка Гольдберга на общедоступный язык научной фотографии и от постоянного установления соответствия между его выводами и иногда очень близкими к ним выводами других авторов, например, Джонса.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Разработка теоретических основ фотографических процессов продвинулась вперед значительно менее, чем это имеет место во всякой другой области техники. Удовлетворяющие практическим требованиям достижения здесь удавалось получать без особого знакомства с теоретической стороной дела. Тот факт, что за первую четверть текущего столетия не было достигнуто значительных успехов в области фотографической техники, указывает на то, что чисто практический подход явился тормозом для дальнейшего развития фотографических знаний.

С другой стороны, большинство попыток ввести в исследования фотографических материалов и процессов научные основы терпело неудачу вследствие чего научная работа в области фотографии встречалась с некоторым недоверием в технических кругах. Так создалось положение, что даже простейшие количественные способы испытания не могли проникнуть в практический обиход, и почти до последнего времени сравнение отдельных фабрикатов [пластинок, бумаги, объективов и т. д.] выполнялось только посредством обычного фотографирования.

Единственной причиной этого ненормального положения, по мнению автора, является не безразличие технических кругов, а несостоятельность методов исследования.

В 1892 году Хертер и Дриффильд [Hurter & Driffield] положили начало изучению соотношений между экспозицией и образующимся почернением светочувствительного слоя. Они показали, что это соотношение графически может быть изображено в виде «характеристической кривой», если по оси абсцисс откладывать логарифмы освещений, а по оси ординат — соответствующие им значения почернений. Однако при проведении в практику эти в высшей степени важные теоретические основы вначале потерпели неудачу. В 1909 году Каллье [Callier] на основании точных исследований уже известных фактов доказал, что общепринятые методы измерения фотографических почернений были ошибочны и что правильные величины оказываются меньшими, иногда ра-

ходясь на 50% от принятых раньше. Если это обстоятельство вело к необходимости изменения расположения ординат на сетке кривой почернения, то ценность всего ранее собранного числового материала утратила свое значение.

Абсцисса характеристической кривой изображает в правильном порядке соотношения яркостей в объекте с'емки. Следовательно, полученная лабораторным путем зависимость между экспозицией и почернением только тогда может быть перенесена на практику, когда будут точно определены путем фотометрических измерений соотношения яркости в объекте. Только в этом случае — имеющиеся в объекте яркости могут быть нанесены на ось абсцисс характеристической кривой. Однако немногие литературные данные в этом направлении были до такой степени противоречивы, что, без сомнения, на них нельзя было основываться. В виду этого, нехватало связующего звена между практикой и теоретическими достижениями. Более 20 лет тому назад автор поставил себе задачей установить основные положения возникновения фотографического изображения. Вскоре после начала предварительных работ выяснилось, что исследование синтеза фотографического изображения невыполнимо до тех пор, пока не проделаны некоторые измерения над основными величинами из соседних областей, которые совсем неизвестны, или известны, но с недостаточной точностью. Это обстоятельство потребовало ряда исследований, которые, само собой понятно, находились лишь в слабой связи с окончательной целью работы.

Результаты этих работ, выполненных по общему основному плану, последовательно излагаются в настоящей книге.

Теоретические положения повели к выработке способов испытания, которые, вероятно, будут в большей степени, чем прежние, соответствовать практическим требованиям, потому что они построены на основании изучения свойств объекта, а не исходят из чисто лабораторных измерений.

За исключением введений к отдельным главам, где излагаются уже известные положения, все остальные нижеизложенные соображения возникли во время работы и должны рассматриваться как новые. В течение десяти лет, пока происходили исследования, вполне естественно, что были опубликованы работы других исследователей, частично придерживавшихся того же направления; в таких местах сделаны соответственные указания.

Некоторые из положений, заключающихся в 3 части настоящего труда, возникли или подвергались обсуждению в дискуссиях, происходивших между проф. Лютером и автором.

Изложенные здесь исследования были начаты в Академии графических искусств и книжного дела в Лейпциге, а с 1917 года продолжались в лаборатории Акционерного Общества «ИКА» в Дрездене.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора перевода	3
Предисловие автора	4
Введение	9
Часть 1	
ОБЪЕКТ СЪЕМКИ	
Глава 1. Деталь яркости	11
Мера различаемости отдельных яркостей (деталей)	11
Практический порог различаемости	13
Относительная значительность деталей	15
Минимальная деталь	15
Глава 2. Интервал яркостей объекта	16
Границы видимости деталей. Порог светового раздражения. Ослепление.	16
Субъективный интервал объекта	17
Истинный интервал объекта	18
а) Плоские непрозрачные предметы	19
б) Плоские прозрачные предметы	20
в) Предметы в трех измерениях	21
Воздушная дымка	25
Измерение воздушной дымки	28
Видимость	28
Зависимость видимости от расстояния	29
Предел видимости	30
Часть 2	
ИЗОБРАЖЕНИЕ НА МАТОВОМ СТЕКЛЕ	
Глава 3. Распределение света в оптическом изображении	32
Ограничения интервала объекта рефлексами в объективе	32
Происхождение отраженных изображений	33
Количество отраженных изображений	33
Действие отраженных изображений светящихся точек	35

Ограничение интервала объекта, вследствие недостатков полировки (шлифовки), пыли, налетов и т. п.	39
Рефлексы (явления отражения) в случае светящихся точек вне оси	41
Рефлексы от больших освещенных плоскостей, лежащих на оптической оси	43
Рефлексы, вызванные большой светящейся поверхностью вне оси	47
Рефлексы неба при съемке на воздухе	47
Рефлексы от мехов камеры и оправы линз	50
Используемый интервал объекта	52

Глава 4. Фотометрические особенности различных объектов	52
Нормальный объект	52
Специальные виды фотографических съемок	53
Портретная съемка	53
Съемка внутри помещений, съемка машин и пр.	53
Репродукция рисунков и картин	53
Судебная съемка	53
Вертикальная (ортогональная) аэро-съемка	54
Перспективная аэро-съемка с воздушных шаров и самолетов	54
Ландшафты с передним планом и съемка на воздухе	54
Открытый ландшафт	55
Средний объект	57

Часть 3

ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ СНИМОК

Глава 5. Характеристическая кривая и кривая деталей	61
Получение шкалы яркостей	61
Передача деталей и характеристическая кривая	63
Форма характеристической кривой при правильном воспроизведении оригинала	64
Измерение почернения бумаги	65
Характеристическая кривая позитива	66
Требования при фотографической передаче деталей	67
Кривая передачи деталей	69
Деталиметр	70
Кривая деталей	71
Глава 6. Сенситометрия позитива	72
Требования для передачи в светах	72
Требования для передачи деталей в тенях	73
Мера градации. Интервал позитивного материала	73
Глубокие тени	74

Приспособляемость позитивного материала	75
Форма кривой и свойства бумаги	75

Глава 7. Сенситометрия негативного материала 77

Границы практически используемого отреза характеристической кривой у негатива	77
Интервал негатива	78
Нормальный негатив	78
Отклонение кривой почернения от прямолинейного хода	79
Преимущества кривых почернения выпуклой формы	80

Глава 8. Форма кривой почернения и распределение яркостей в объекте 81

Кривая почернения нормального объекта	83
Приспособление кривой почернения к объекту с ненормальным интервалом яркостей	84
Выбор кривой для объектов с малым интервалом яркостей	84
Выбор кривой для объектов с большим интервалом яркостей	85
Форма кривой почернения при передержке	86
Заключительное примечание	87

ДОПОЛНЕНИЕ 1

Сравнительный фотометр	88
----------------------------------	----

ДОПОЛНЕНИЕ 2

Изготовление нейтральных клиньев для фотометрических целей	91
Подслой	92
Желатина	92
Красящее вещество	93
Составление и дозировка красящих растворов	94
Техника полива	94
Кольцевой клин	95
Примечания	95

ДОПОЛНЕНИЕ 3

Денсограф, самопишущий измеритель почернения для пластинок и бумаг	97
--	----

ДОПОЛНЕНИЕ 4

Деталиметр	102
----------------------	-----

ВВЕДЕНИЕ

Передача деталей объекта съемки, как задача фотографии. Задача фотографии заключается в получении изображений предметов окружающей нас природы, одушевленных или неодушевленных, находящихся в пространстве или в плоскости, одноцветных или многоцветных. Соответственно этому мы различаем, кроме обычной фотографии, фотографию цветную, стереоскопическую и кинематографию, как средства для передачи цветов, ощущения перспективы и движения. В последующем изложении мы ограничимся только обыкновенной одноцветной фотографией.

При рассматривании какого-либо участка природы одним глазом мы видим предметы как бы находящимися на плоскости. Возможность восприятия различных предметов глазом в спокойном состоянии основывается на том, что отдельные предметы, как и их отдельные части, излучают или отражают свет различной интенсивности и вследствие этого обладают различной поверхностной яркостью или разнообразием окраски, так что эти различные части с различной силой действуют на соответствующие части сетчатки человеческого глаза. Каждый видимый предмет природы состоит из таких оптически различных элементов, при чем каждые два соседних участка предмета могут различаться друг от друга не только в отношении яркости, но и в отношении окраски. Так как одноцветная фотография передает различия в окраске только в виде различий в яркости, то в дальнейшем различные цвета будут оцениваться только соответственно их яркости [т.е. с точки зрения лица, страдающего дальтонизмом], не входя в оценку качества восприятий, которые производятся в глазу различными цветами. При этом надо отметить, что субъективное восприятие яркостей соответствует фотографическому только в таких снимках, которые выполняются на орто-

хроматических пластинках с употреблением желтого светофильтра. Построение такого изображения в принципе не отличается от построения изображения на обычной пластинке, и поэтому законы, установленные для одних, вполне пригодны и для других.

Две смежных отдельных части оптического изображения предмета в дальнейшем будут называться «деталью яркости» [сокращенно *Дт*]. Такая деталь является, следовательно, более или менее резким скачком яркости или ступенью яркости в оптическом изображении. Из подобных скачков яркости создается фотографическое изображение предмета, воспринимаемое человеческим глазом.

Детали яркости граничат друг с другом и создают таким образом сложную систему. Оптическое изображение, проектируемое хрусталиком на сетчатую оболочку глаза или проектируемое объективом на фотографическую эмульсию, дает нам возможность видеть или запечатлеть систему комплекса деталей. Такое изображение можно считать совершенным только в том случае, когда яркость различных его участков соответствует яркостям подобных участков модели и когда контуры отдельных световых пятен, разграничивающие детали яркости, также вполне соответствуют контурам объекта. Чем мельче детали яркости [т.е. чем больше их количество на определенном участке], тем больше требований должно быть предъявлено к оптической системе в смысле ее разрешающей способности [способность разделять мелкие детали]. В противоположность деталям яркости можно вместе с тем говорить здесь и о «деталях резкости».

ЧАСТЬ I

ОБЪЕКТ СЪЕМКИ

Глава 1. ДЕТАЛЬ ЯРКОСТИ

Все доступные глазу яркости от черного до белого можно распределить так, что образуется шкала с постепенным переходом от черного к белому. Такая шкала не дает резкого перехода от одной яркости к другой и вообще не обладает деталями [см. изображение серого клина в дополнении 2], но все же в отдельных местах шкалы [серого клина] яркости различны. Если из серого клина выбрать два далеко друг от друга лежащие участка, то человеческий глаз немедленно ощущает разницу яркостей. Таким образом, всю шкалу можно разделить на ряд ступеней различной яркости. Чем больше число этих ступеней, тем незначительнее разница в яркости смежных ступеней. С дальнейшим же увеличением количества ступеней впечатление разницы уменьшается и под конец исчезает.

Мера различаемости отдельных яркостей [деталей]. Порог различаемости. Чем больше различие яркостей смежных участков какого-либо объекта, тем это различие отчетливее воспринимается глазом. Но здесь дело касается не абсолютной разницы яркостей, а относительной, так как для индивидуальных восприятий имеет силу закон Вебер-Фехнера¹⁾, по которому разница между двумя восприятиями ощущается одинаковой, если одинаково соотношение раздражений. Соотношение между двумя яркостями можно поэтому принять за меру скачков яркости и одновременно различаемости деталей. Так как в научной фотографии фотометрические величины в целях практического удобства выражаются всегда в форме десятичных логарифмов, то в дальнейшем изложении мерою для деталей яркости [*Дт*] принимается логарифм отношения обеих яркостей, из ко-

¹⁾ Более подробно в специальных трудах по физиологии, напр., Wundt, *Physiol. Psychol.* 6 Aufl. I, 615.

торых образуется данная деталь ¹⁾. Итак, если в объекте светло-серый участок с яркостью h_1 граничит с более темным участком с яркостью h_2 , то объектив воспринимает на этом участке деталь величиной $D\tau = \lg \frac{h_1}{h_2}$.

Если это отношение ниже известного предела, то глаз уже не может воспринять разницы между обоими смежными участками. Этот низший предел обычно называется «порогом различаемости» [Unterschiedsschwelle]. Многочисленные исследования, которые производились в лабораториях, показали, что при средних яркостях и при прочих благоприятных условиях это предельное отношение достигает приблизительно 1,01 и что, таким образом, человек может только тогда различить одно от другого два поля и установить наличие нескольких полей, когда одно поле светлее другого, по крайней мере на 1% [$D\tau = 0,004$]. Это число относится к полям достаточной яркости и величины [минимальным углом зрения может быть угол около 1° , что соответствует полю около



Рис. 1.

5 мм в поперечнике, рассматриваемому на расстоянии 25 см] при условии, что глаз не будет отвлекаться другими предметами и сможет достаточно долгое время наблюдать один и тот же предмет. Эта высокая чувствительность к различиям яркости [Unterschiedsempfindlichkeit], может быть достигнута только при средних яркостях; при сильном и при слабом освещении чувствительность значительно падает.

Для выражения зависимости порога различаемости от яркости А. Кёниг ²⁾ произвел измерения, которые изображены на приводимой кривой [см. рис. 1]. Величины, принятые для построения этой кривой, применимы только в случае фотометрических измерений, когда видимое поле содержит два смежных участка, т.е. в условиях, осуществимых лишь при лабораторных опытах. Как только дело касается более, чем двух полей, или как только поля уменьшаются в своих размерах ниже известного предела, то чувствительность глаза немедленно падает, и порог различаемости возрастает. Самая незначительная неясность границы между обоими полями действует также очень неблагоприятно на способность различения

¹⁾ Так как часто в литературе принято разницу двух яркостей изображать не логарифмически, а в форме относительной разницы [т.е. в процентах], то иногда будет избрано обозначение меры в процентах, но в этих случаях логарифмическое число всегда будет добавляться в скобках.

²⁾ А. Кёниг, *Physiol. Optik*, Leipzig, 1903. Стр. 128.

деталей яркости. Эта способность падает еще сильнее, когда обе плоскости не граничат между собой непосредственно, но имеется видимая линия раздела. Исследований, насколько высок порог различаемости при рассмотрении предметов в природе [«практический» порог различаемости] до автора не производилось. Этот порог может быть определен только статистическим путем, так как условия здесь бывают чрезвычайно многообразны.

Практический порог различаемости. Так как для последующих исследований фотографических изображений объектов природы важно знать практическую величину порога различаемости, то для того, чтобы хотя прибли-

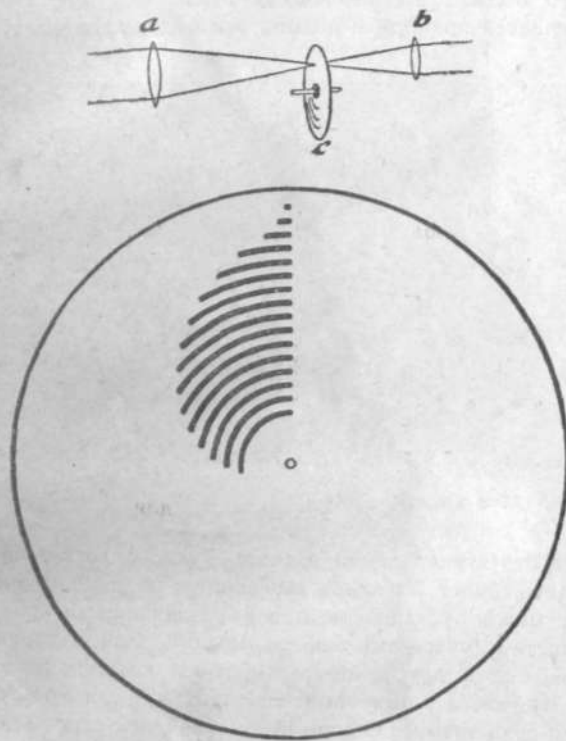


Рис. 2.

зительно отдать себе в этом отчет, был применен следующий способ. На рис. 2 схематически изображена постановка опыта. Объективом *a* проектируется действительное оптическое изображение какого-либо сюжета. Это изображение рассматривается через лупу *b* [окуляр]. В плоскости оптического изображения вращается прозрачный диск с непрозрачными сектор-

ными полосами с [т. н. диск Массона], изображенный на рис. 2 в натуральную величину. При достаточно быстром вращении диска [не менее 40 оборотов в секунду] глаз видит всю поверхность покрытой концентрическими окружностями различной яркости. Длина секторных полос на диске была рассчитана следующим образом: при вращении первая серая окружность на 1% темнее вполне прозрачного соседнего поля, следующая—на 2%, третья—на 4%, четвертая — на 6% и т. д. до 30%—в пятнадцатой, ближайшей к центру окружности. Эти серые окружности перекрывают спроектированное об'ективом изображение. Посредством соответствующего передвижения всей установки можно каждую на выбор серую окружность наложить на любое место об'екта. Данный об'ект разделится при этом на полосы большей или меньшей яркости, и полосы эти будут соприкасаться с изобра-

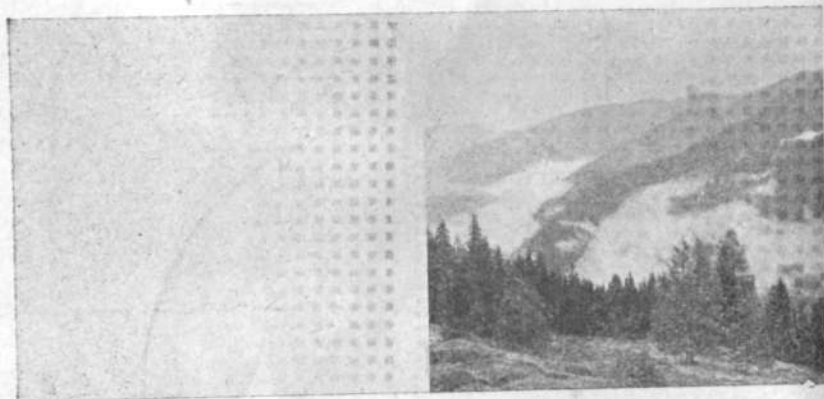


Рис. 3 а.

жением сюжета без всякой линии раздела. Тогда с достаточной точностью можно установить, будет ли виден серый круг на данном участке или нет. Этим методом можно установить порог различаемости, соответствующий различным яркостям [участкам] любого сюжета. Для измерений вне лаборатории употреблялось другое приспособление, которое дает возможность получать искомые числа с точностью, достаточной для практических целей, более простыми средствами. Секторный диск заменен стеклянной пластинкой, на которой нанесен ряд серых квадратиков различной плотности. Эти серые квадраты могут в различной степени ослаблять свет доступным измерению образом и подобно секторному колесу могут быть приведены в оптическое соприкосновение с изображением в поле зрения окуляра. Пластика эта изображена [насколько позволяют средства репродукции] на рис. 3а. Образцом видимого в окуляр зрительной трубы изображения, после наложения пластинки, может служить рис. 3б.

При измерениях выявилось, что на порог различаемости в высшей степени сильное влияние имеет характер сюжета. Порог различаемости бывает меньше всего при больших, равномерно освещенных поверхностях, освещение которых достигает, приблизительно, 5.000 люксов¹⁾ [что соответствует приблизительно среднему освещению белой бумаги днем в тени]. В этих случаях порог различаемости соответствует величинам, полученным в лабораторных условиях, и достигает, приблизительно, 1% яркости. К таким сюжетам принадлежат, например, легкие облака. Малейшее разнообразие в рассматриваемой поверхности влечет за собой уменьшение чувствительности к разнице и вследствие того увеличение порога различаемости. Например, при гладко окрашенной стене, на которой проступают неровности штукатурки, или при гладко натянутой светлой ткани, которая выявляет свою структуру, порог различаемости повышается от 2 до 6%, в зависимости от резкости структур. На темных гладких или мелкозернистых поверхностях порог различаемости достигает 25 или 30%. При об'ектах со множеством деталей [напр., листва, кирпичная стена и т. д.] порог различаемости даже в благоприятных случаях [средняя яркость] достигает только 25%, при меньшей же яркости доходит до 50%. Таким образом, ясно, что практический порог различаемости никак не соответствует полученному лабораторным путем. Так как об'екты, встречающиеся в природе, обычно имеют поверхность с более или менее выраженной структурой [кроме случаев ясного неба], то можно принять за практический порог различаемости для ярко освещенных сюжетов от 2—5% и для сюжетов в тени от 20—30%.

Относительная значительность деталей. Описанный способ исследования может быть полезен при отыскании другой величины. Дело идет о том, чтобы установить, какие детали кажутся наблюдателю значительными, и где граница, за которой можно пренебречь некоторыми из деталей без вреда для видимого впечатления от сюжета. Иначе говоря, надо выяснить относительную значительность деталей яркости, которая, как мы после убедимся, будет иметь решающее значение для всех дальнейших выводов. Длинный ряд скучных опытов над различными сюжетами доказал, что недостаток деталей на светлых местах ландшафта всегда ухудшает достоинство изображения; при средней яркости некоторое уменьшение количества деталей может быть менее ощутительным, на темных же местах чувствительность к разнице сама по себе настолько незначительна, что дальнейший недостаток деталей снова невыгоден и почти равноценен полному отсутствию деталей.

Минимальная деталь. Минимальной деталью может считаться:

В ярко освещенных участках об'екта [в светах]

5% [$D\tau = 0,02$]

В участках средней яркости [в полутонах]

10% [$D\tau = 0,04$]

В темных участках об'екта [в тенях]

25% [$D\tau = 0,1$]

¹⁾ Метр - свечей. — Прим. пер.

Фотографический отпечаток [на бумаге] должен иметь этот минимум деталей для того, чтобы данное изображение производило впечатление естественности и в некоторой степени соответствовало тому впечатлению, которое получалось при рассматривании глазом избранного для фотографирования сюжета.

Эти числа выражают, таким образом, минимальное требование, которое фотография должна выполнить с точки зрения передачи деталей.

Хотя выражения «света», «полутона», «тени» привычны каждому фотографу-практику, но до сих пор еще не было сделано попытки переложить эти понятия на язык цифр. Это будет сделано в следующей главе.

Глава 2. ИНТЕРВАЛ ЯРКОСТЕЙ ОБЪЕКТА

Из сделанных до сего времени наблюдений вытекает, что на общей шкале имеющихся в объекте яркостей наибольшее значение имеют крайние яркости. Так как для зрительных ощущений, равно как и для фотографической передачи, важна не абсолютная величина яркостей [в широких пределах], а только соотношение их, то и здесь принимаются во внимание только отношения яркостей самого светлого и самого темного участка сюжета. В следующих рассуждениях логарифм этого отношения будет обозначаться, как «интервал яркостей объекта» или кратко: «интервал объекта».

Границы видимости деталей. Порог светового раздражения. Ослепление. Интенсивность света, излучаемого или отражаемого предметами в природе, чрезвычайно различна. Высший предел интенсивности света соответствует температуре солнца, что является высшей достигнутой до сих пор температурой. Низшей физической границы не существует. При каждой самой незначительной яркости мы можем вообразить себе другую, в 10 раз меньшую. Определение такой яркости, конечно, тем труднее, чем она незначительнее. Следовательно, шкала яркостей в природе бесконечна велика. Согласно же только что сделанным выводам шкала яркостей, воспринимаемых глазом, ограничена. Если освещение какой-либо поверхности достигает, приблизительно, 10 миллионов свечей на расстоянии одного метра [равно $10 \cdot 10^6$ люксов], то глаз настолько ослепляется, что в дальнейшем он находится в состоянии воспринять только чрезвычайно сильное увеличение яркости. Если же освещение менее одной свечи на расстоянии 250 метров, то предмет воспринимается при всяких обстоятельствах черным, и дальнейшее уменьшение яркости уже не ощущается¹⁾. Между этими крайними яркостями с соотношением, приблизительно, $1 : 10^{12}$, равным $1 : 1000$ миллиардов, находятся и все 660 ступеней яркости²⁾, которые может различить человеческий глаз.

Прежде в фотографической литературе существовало два взгляда на величину интервала яркостей объекта. В 1892 г. Хертер и Дриффилд в своих классических исследованиях, на основании фотометрических измерений над ландшафтами, вывели среднее число для интервала яркостей объекта — $1 : 30$ и воспользовались этим числом, как критерием во всех своих последующих соображениях.

В 1914 г. Миз¹⁾ измерял непосредственно фотометром абсолютные яркости различных частей ландшафтов с передним планом. Он нашел интервал объекта равным $1 : 20$ и принял это соотношение за основание в своих последующих рассуждениях об определении времени экспозиции. При открытых ландшафтах Миз принимает соотношение $1 : 5$, как интервал объекта. Шеффер²⁾ в своих рассуждениях считает, что интервал объекта в ландшафте достигает $1 : 100.000$ и пользуется этим соотношением, как основанием для дальнейших сенситометрических вычислений. Кроме этих кратких данных, в фотографической литературе не встречалось других объяснений понятия об интервале объекта. В справочнике Эдера, в котором добросовестно зарегистрированы все результаты достижений в области фотографии, помещено так же мало данных по этому вопросу, как и в серьезных исчерпывающих изложениях по сенситометрии Миза и Шеффера. Но и вышеприведенные числовые значения Миза, а также Шеффера сообщались без дальнейших указаний о методике этих исследований. Итак, как уже было доказано, нельзя слепо доверять числам, приведенным в литературе, так как нужно делать строгое различие между истинной и кажущейся яркостями поверхности предметов, а также между истинным и применяемым на практике интервалами объекта.

Субъективный интервал объекта. В каждом объекте, который желательно сфотографировать, за самое светлое место мы должны принять то, где глаз еще хорошо различает минимальную деталь в 5%, а за самое темное место, где глаз может сравнительно с соседним «черным телом» установить явную разницу. При этом предполагается, что глаз не остается неподвижным, а рассматривает постепенно отдельные места объекта и составляет все в одно целое впечатление, так как только такой способ рассматривания соответствует естественному зрению. Все яркости, находящиеся выше или ниже указанных границ, не имеют практического значения, и глаз воспринимает их, как чисто белое или глубоко черное. Отношение поверхностных яркостей этих крайних участков объекта представляет собой воспринимаемую глазом шкалу яркостей предмета, и в дальнейшем изложении будет называться «субъективным интервалом объекта». Так как в сенситометрии по практическим соображениям интенсивность света выражается в логарифмических значениях, то в дальнейшем числа, обозначающие субъективный интервал объекта, будут представлять собой логарифмы этих отношений.

¹⁾ Mees, British Journal of Photography 61, 23, 1914.

²⁾ Scheffer. Die Grundlagen der Photographie 1917, стр. 69.

¹⁾ См. Borchardt, Zeitschr. f. Sinnesphysiologie 48, 176, 1913.

²⁾ См. König, Z. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane 8, 379, 1895.

Величина субъективного интервала объекта весьма различна в отдельных встречающихся в природе объектах. В открытых ландшафтах, в которых небо занимает около половины всего изображения и где нет сильно затененных углублений [пещер, арок, ворот и т. д.], при облачном небе можно принять за среднюю величину для субъективного интервала объекта около 1,6—1,8. Если же не принимать во внимание небо, то для субъективного интервала объекта ландшафта можно принять величину 0,8—1,0. При полном солнечном освещении он повышается приблизительно до 1,4—1,6. Голова человека со светлыми волосами имеет субъективный интервал объекта около 1,0, с темными волосами — около 2,0. В портретных снимках с людей, одетых в черное и белое, субъективный интервал объекта имеет значение около 2,0—2,5. При сюжетах, в которых самые светлые участки резко очерчены и поэтому не вызывают ослепления, субъективный интервал объекта повышается до значения 3,5—4,0. Наивысшие значения для субъективного интервала объекта получаются при рассматривании внутренности помещений, входных ворот, арок и т. д., где при естественно двигающемся глазе разница яркостей доходит до 6,0—7,0. Данные числа являются средними, выведенными из большого количества фотометрических измерений различных сюжетов посредством описанного ниже [в дополнении 1] фотометра.

Независимо от величины субъективного интервала объекта, глаз распределяет шкалу яркостей на определенные ступени восприятия [Empfindungsstufen], которые обозначаются обычно словами «света», «полутона» и «тени» изображения. Таким образом, шкала восприятий, в зависимости от величины субъективного интервала объекта, получает различное абсолютное значение. На отпечатанном изображении разница между воспринимаемыми «яркими светами» [Spitzlichter] и «полутонами» доходит только до 0,3, и весь субъективный интервал объекта достигает значения 0,8; при рассматривании внутренности помещений шкала чувствительности достигает пятикратной величины и притом так, что это прямо не доходит до сознания человека.

Истинный интервал объекта. В противоположность «субъективному» истинным интервалом объекта должен обозначаться логарифм отношения яркостей наиболее светлых и наиболее темных участков, фактически полученных от измерений объекта.

а) Плоские непрозрачные предметы.

К плоским предметам прежде всего принадлежат все рисунки, картины, написанные маслом, печатные произведения и т. д. В них отношение интенсивности света самых светлых и самых темных участков сильно ограничено. В самом деле, даже самая темная поверхность, которую технически можно выполнить, отражает еще около 1%, тогда как самый яркий белый цвет отражает самое большее 90% падающего света. Таким образом максимальный интервал объекта достигает $1,9 = \lg \frac{90}{1}$. Практически и это отношение почти никогда не наблюдается. С достаточной для практики точностью можно определить интервал объекта, измеряя при постоянных условиях ос-

вещения интенсивность света, отраженного различными участками объекта, т.-е. альbedo различных его участков.

Альbedo. Словом альbedo обычно обозначается отношение между интенсивностью света, отраженного поверхностью, и интенсивностью света падающего. Нужно только обращать внимание на то, что свет, падающий на всякий предмет, частью непосредственно отражается от поверхности, частью же поглощается поверхностным слоем [напр., слоем краски] и затем уже отражается частицами этого слоя. Эта разница имеет значение для наших рассуждений постольку, поскольку необходимо различать два рода определений альbedo.

Таблица 1

Альbedo, выраженные в логарифмах (почернения)¹⁾

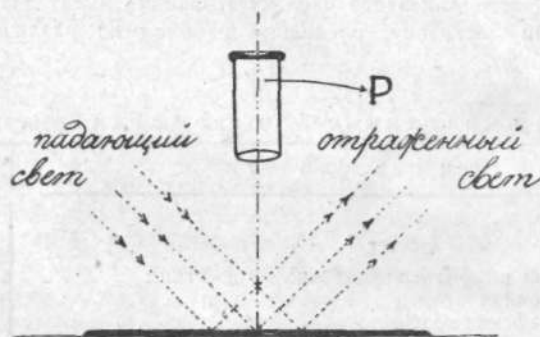
Род поверхности	Почернение
Матовая меловая бумага	0,0
Белое полотно	0,1
Серые полутона на фотографических отпечатках	0,5
Черная упаковочная бумага	0,9—1,1
Черная типографская краска	1,0
Глубоко-черная краска для иллюстраций	1,2
Сильнейшие тени на матовой бромосеребряной бумаге	1,6
» » » черной пигментной бумаге	1,7
» » » блестящей целлоидиновой бумаге	1,7
Черная тушь	1,6—1,8
Черное сукно	1,8—2,3
Черный бархат	2,5
Черный мех	2,5

В первом случае предмет освещается со стороны под таким углом, что свет, полностью отражаемый поверхностью предмета, не может достигнуть фотометра. [Предельный случай: освещение блестящего предмета точкойобразным источником света, рис. 4]. В этом случае измеряется только свет, исходящий из глубины цветного слоя. Наоборот, во втором случае свет равномерно падает со всех сторон на измеряемую поверхность. [Предельный случай: освещение горизонтально лежащего предмета равномерно затянутым облаками небом, рис. 5]. В этом случае используется, наравне со светом, идущим из глубины, и свет поверхностный. Последний составляет по большей части около 5% падающего света и может, таким образом, значительно повысить альbedo темных поверхностей. При идеально матовых поверхностях, которые наиболее полно рассеивают свет, оба рода альbedo дают

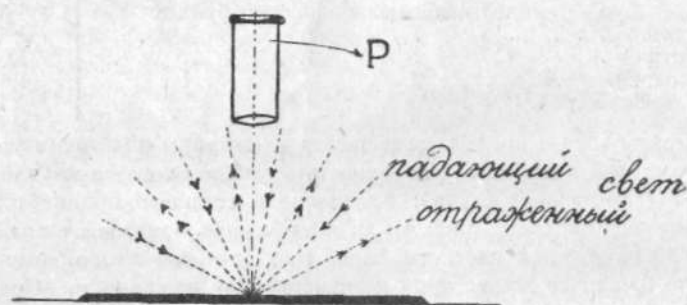
¹⁾ Под обозначением «почернение» или «плотность» пластинок в фотографической фотометрии подразумевается всегда логарифм отношения интенсивности падающего и проходящего света. Следовательно, это же выражение употреблено здесь для плотностей, рассматриваемых на отсвечивание, принимая во внимание не проходящий, а отраженный свет. Более подробно об этом сказано в дополнении 3-м.

одинаковые результаты. Здесь поверхностный свет рассеивается впо-
диффузно и при обоих видах освещения фотометром воспринимается час-
этого света, соответствующая действующему отверстию фотометра. Са-
собой понятно, что существуют всевозможные промежуточные ступени
жду идеально блестящими и идеально матовыми поверхностями.

В предшествующей таблице 1 приведены некоторые измерения аль-
bedo¹⁾ [меловая бумага принята за = 0].



Р и с. 4.



Р и с. 5.

б) Плоские прозрачные предметы.

При предметах прозрачных, к которым принадлежат транспаран-
церковные окна, и, в особенности, диапозитивы, истинный интервал об'ек-
может быть непосредственно вычислен фотометрическим измерением про-

¹⁾ Числа относятся к альбедо первого рода. Они выведены из логари-
мов отношений яркостей между меловой бумагой и рассматриваемой поверх-
стью, измеренных помощью фотометра, описанного в дополнении 1. Поверх-
сти освещались лампочками накаливания, установленными с двух сторон по
углом в 45° при вертикально направленном на измеряемую поверхность спра-
вительном фотометре.

рачности самых светлых и самых темных участков. При одноцветных
проекционных диапозитивах истинный интервал об'екта может достигнуть
превыжающих величин.

В качестве средних величин установлены следующие интервалы об-
екта, извлеченные из 250 наблюдений:

Монотонные (вялые) диапозитивы	0,4 - 0,6	} Логарифмы непрозрач- ностей (почернения)
Мягкие диапозитивы	0,8 - 1,0	
Нормальные диапозитивы (годные для проекции)	1,0 - 1,4	
Жесткие	1,4 - 1,9	

В отдельных диапозитивах величины колеблются очень сильно, по-
тому что не всегда можно назвать диапозитив жестким, если он имеет на
ограниченном участке плотность выше 1,4.

в) Предметы в трех измерениях.

Все трехмерные предметы, наиболее распространенные в природе,
имеют выпуклые части, тень от которых проектируется на других частях
предмета, что обуславливает заметное увеличение интервала об'екта.
Интервал этот также в высокой степени зависит от рода освещения. Если бы
источник света находился на том же месте, как глаз наблюдателя или об'ек-
тив камеры, то не могли бы образоваться тени, улавливаемые глазом или
об'ективом. Это, приблизительно, случается при с'емке на полном солнечном
свету, когда солнце находится как раз позади камеры и стоит довольно
низко над горизонтом. В подобном случае интервал об'екта почти равняется
интервалу плоских предметов соответственной окраски. Если же, наоборот,
направление освещающих лучей образует с оптической осью об'ектива доста-
точно большой угол, то появляются более или менее резкие тени, которые
заметно могут изменить распределение яркостей в об'екте. Если, например,
фотографируют внутренность комнаты, освещенной окном, то яркость бе-
лого листа бумаги, лежащего у окна, будет гораздо большей, чем яркость
такого же белого листа, висящего на стене. Первый лист бумаги освещается
непосредственно, а второй лист получает свет, последовательно отраженный
двумя, тремя... и т. д. поверхностями [стены, потолок и т. д.]. Почти всегда
случается, что яркость даже черного листа бумаги, расположенного близко
к окну, больше яркости белой поверхности, находящейся внутри комнаты.
[См. по этому поводу интересные соображения Е. Херинга¹⁾]. Если же
солнце светит прямо в комнату, то яркость всех освещенных солнечными
лучами предметов одинакового альбедо почти одинакова и притом незави-
сима от их положения в комнате. В противоположность этому остальные,
не освещенные солнцем предметы в комнате имеют нормальную, большей
частью очень низкую поверхностную яркость. Особенно незначительна
яркость предметов, находящихся под столами и в углах комнаты. В таких
условиях чрезвычайно сильно повышается истинный интервал об'екта. На

¹⁾ E. Hering. Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn, Leipzig, 1905, стр. 13.

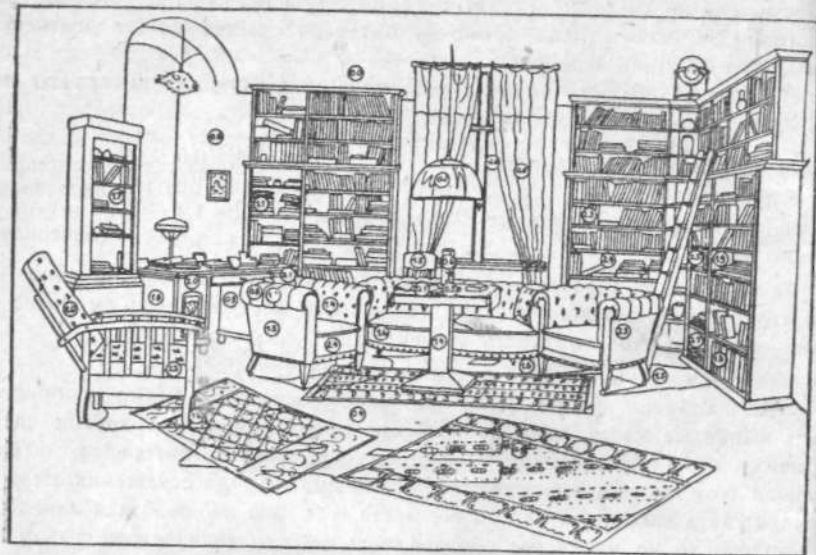


Рис. 6



Рис. 7.

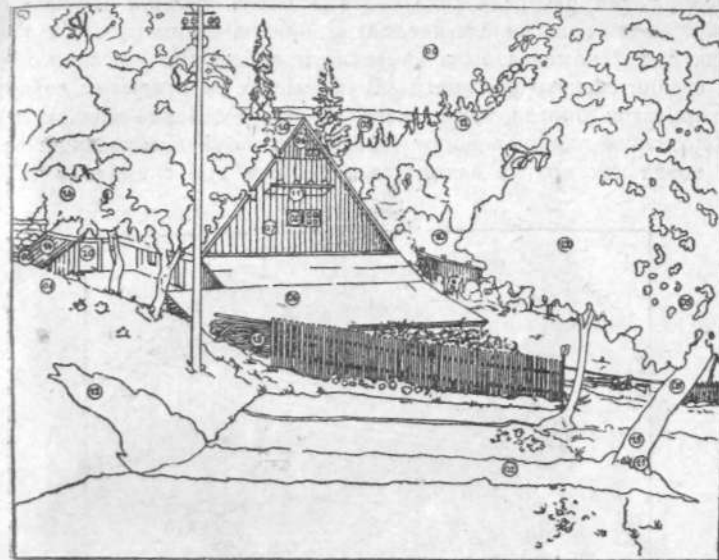


Рис. 8

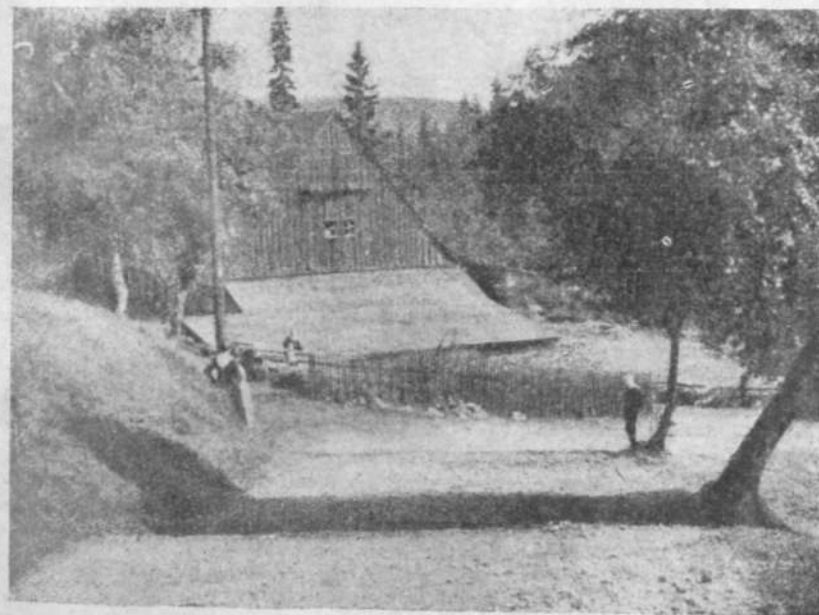


Рис. 9.

рис. 6 изображено распределение света в очень светлой комнате. Числа, которыми помечены отдельные предметы, добыты таким путем, что изображенная на рис. 7 комната была измерена при помощи описанного в добавлении 1 сравнительного фотометра. В предметах на открытом воздухе различия в яркостях иногда тоже очень велики. Особенно сильны они при фотографировании входных ворот [арок], где часть изображения освещена солнцем, тогда как другая находится в тени, и при снимках в садах и в

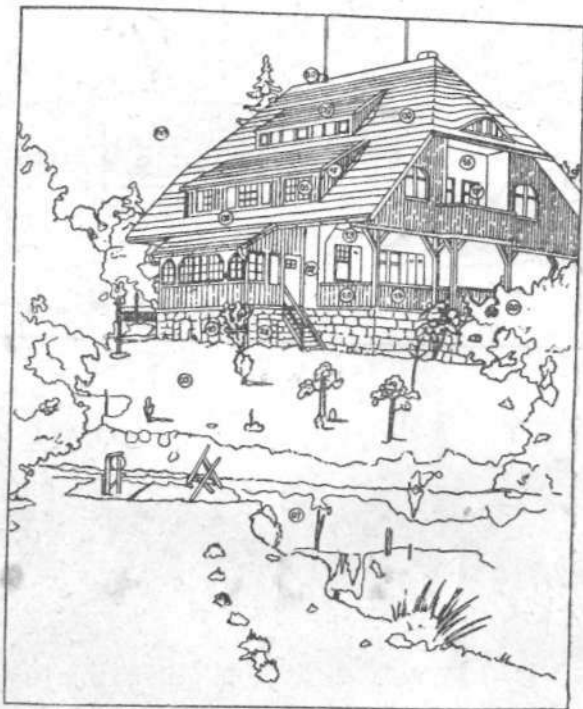


Рис. 10.

глубине леса, в особенности когда солнце просвечивает сквозь листву и, таким образом, делает в высшей степени яркими отдельные участки темного в общем ландшафта. В таких случаях интервал объекта, если даже не обращать внимания на наиболее густые тени, достигает, приблизительно, 5. В открытых ландшафтах разница яркостей далеко не так сильна. Солнечное освещение в зависимости от времени года и солнцестояния повышает истинный интервал объекта на 0,3—0,8. Рис. 8 и 9 показывают распределение яркостей в ландшафте, освещенном солнцем, а рис. 10 и 11 представляют соотношение света в ландшафте с большими контрастами.

Воздушная дымка. Как только дело касается сюжетов на открытом воздухе, выявляется физическое ограничение интервала объекта. Ранее предполагалось, что поверхностная яркость отдельных участков предметов, самих по себе темных и притом глубоко лежащих [напр., внутренность погреба, рассматриваемая снаружи, вход в тоннель, устье пещеры, глубина леса и т. д.], может понижаться безгранично. Но в действительности пони-



Рис. 11.

жение интервала объекта даже в этих предметах ограничено тем, что между глазом наблюдателя и предметом всегда находится слой воздуха, рассеивающий свет. Этот слой воздуха не бывает никогда «оптически пустым», он всегда заключает в себе известное количество пылинок, водяных паров, насекомых, бактерий и т. д., которые вызывают отражение и дифракцию

света и, вследствие этого, кажущееся увеличение яркости темных участков сюжета¹⁾. Интенсивность воздушной дымки в высшей степени различна и главным образом зависит от толщины слоя воздуха между наблюдателем и объектом, а также и от условий погоды. В туманные дни воздушная дымка может быть настолько сильной, что даже при незначительном удалении на несколько метров вообще нельзя различить никаких отдельных деталей объекта. Эта дымка влияет не только на темные, но и на светлые участки

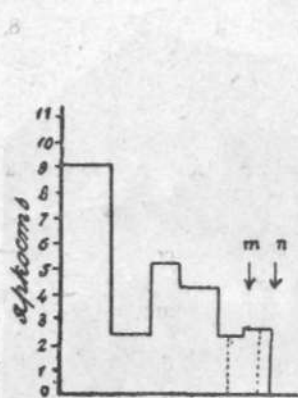


Рис. 12а.

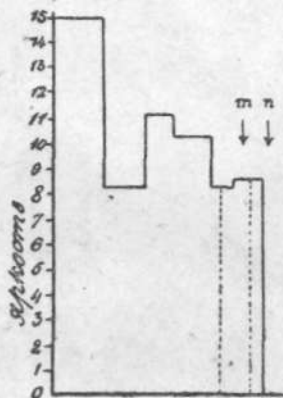


Рис. 12б.

объекта. Даже в наиболее ясные дни на далеком расстоянии воздушная дымка становится заметной и осветляет темные участки. Это явление природы даже и на близком расстоянии не так безобидно, как обычно считает большинство фотографов. Действие этого явления выражается общим посветлением изображения, т. к. все поверхностные интенсивности одинаково увеличиваются. Абсолютная разница между двумя смежными участками объекта остается той же, но соотношение этих яркостей уменьшается по мере того, как увеличивается интенсивность дымки. На рис. 12а распределение света в объекте представлено перпендикулярно оптической оси²⁾. Присоединение добавочного света дымки влечет за собой изменение распределения света, что изображено на рис. 12б. Участок *m* на рис. 12а имеет яркость 2,5, соседний участок *n* — яркость 2,7; отношение этих яркостей равняется таким образом $\frac{2,7}{2,5} = \text{прибл. } 1,15$; участок *n*, следовательно, на

¹⁾ Сравни. появившуюся по достижении этих выводов работу Вебера Leonh. Weber. Ann. d. Physik (1916), дающую метод измерения «пространственного альбедо», происходящего от наличия в атмосфере «воздушного планктона». Прим. ред. пер.

²⁾ На рис. 12 нанесены действительные величины яркости, а не логарифмы (как это вообще практикуется в этом труде).

15% светлее участка *m*. Так как границей улавливаемых глазом контрастов является разница в 10%, яркости обоих участков будут хорошо различаться между собой. Если участок *n* соответствует небу, а *m* горному хребту, то горный хребет будет хорошо выделяться на фоне неба. Если же сюда присоединяется свет воздушной дымки, то происходит другое распределение света в том же объекте, как это изображено на рис. 12б. Воздушная дымка имеет собственную яркость, которая равномерно прибавляется ко всем яркостям отдельных участков объекта. Соответственно этому участок *m* имеет теперь яркость $2,5 + 6 = 8,5$ [$6 = \text{яркость дымки}$], а участок *n* — 8,7. Отношение обеих яркостей получается приблизительно 1,04, и нужная величина чувствительности к разнице, равная 10%, не достигается. Это обозначает, что теперь оба участка *m* и *n* обладают одинаковой для человеческого глаза яркостью. Горный хребет уже более не выделяется на фоне неба. Детали в темных местах исчезли и потонули в тумане. Когда воздушная дымка усиливается, то детали все больше исчезают, даже и на светлых участках, пока, наконец, туман не захватит всего, и пока весь ландшафт им не поглотится. Следовательно, абсолютная разница между яркостями соседних участков сюжета, т. е. разность двух чисел, остается неизменной [$2,7 - 2,5 = 0,2$; $8,7 - 8,5 = 0,2$], тогда как относительная разница, т. е. отношение яркостей этих соседних участков, уменьшается при увеличивающейся яркости дымки ($\frac{2,7}{2,5} = 1,15$; $\frac{8,7}{8,5} = 1,04$). Глаз улавливает только соотношение яркостей, и поэтому от такого соотношения между яркостями, которое возможно различить, зависит предел улавливаемых наблюдателем контрастов. Равномерное освещение



Рис. 12с.

воздушной дымкой имеет следствием исчезновение всех деталей яркости, которые лежат ниже порога различаемости. Так как чувствительность к разнице с уменьшением яркости сильно понижается, то эта потеря деталей прежде всего скажется на глубоких тенях; понижение это менее значительно в полутонах и еще менее — на светлейших участках изображения. Самые

темные участки всегда кажутся для человеческого глаза лишенными деталей. Предел различения контрастов всегда, благодаря дымке, продвигается к полутонам. Результатом этого является более или менее заметное уменьшение субъективного интервала объекта, так как мы считаем субъективным интервалом объекта тот, где человеческий глаз только что начинает воспринимать детали.

Измерение воздушной дымки. Воздушная дымка понижает интервал объекта. Само собой понятно, что воздушная дымка ежедневно и ежечасно изменяется в самых широких пределах. Таким образом, теперь является необходимость выразить в числах, хотя бы приблизительно, понятия «хорошая, плохая видимость», «ясная погода», «слабый и сильный туман»; при чем надо удовлетворяться статистическими выводами, чтобы иметь руководящую нить для дальнейших исследований. С этой целью мы остановились на следующих определениях.

Видимость. Один из объективов описанного в дополнении 1 фотометра был направлен на небо у горизонта, другой в том же направлении на находящееся на определенном расстоянии черное тело, а именно на отверстие в пустом ящике с почерненными изнутри стенками. Если бы не было воздушной дымки, то отношение яркости неба к черному телу должно быть $=\infty$.

В действительности это отношение, даже если бы промежуточная среда была оптически пуста, все же имеет определенную величину вследствие рефлексов в объективе и внутри фотометра [см. ниже в главе 3]. На рис. 12с изображено приспособление для измерения воздушной дымки в открытом ландшафте: P — сравнительный фотометр [см. добавл. 1], S — поставленный на большом расстоянии, обитый внутри черным бархатом ящик, который представляет собой «черное тело». Находящийся между зрительной трубой фотометра и черным телом слой воздуха осветляет черное тело и является, таким образом, причиной ограничения отношения яркости неба и черного тела. Полученное фотометрически число [видимость] устанавливает при данных условиях [отдаленность, освещение, состояние погоды] максимум контраста между небом и черным телом и при этом соответственно выявляет высший достижимый интервал объекта.

Мерой для «видимости» был избран логарифм отношений яркостей неба и черного тела. Преимущество такого выражения заключается в том, что не приходится прибегать к большим числам и устанавливается связь с другими полученными в этой работе величинами.

Большинство измерений было произведено следующим способом. В качестве черных тел служили: 1) открытые слуховые окна на расстоянии 35 метров от наблюдателя [в горизонтальном направлении] и 2) отверстия церковных башен на расстоянии 290 метров [в горизонтальном направлении]. Оба объекта находились в спокойной, менее пыльной части города Дрездена в непосредственной близости от большого парка. Измерения производились весной и летом 1918 г. и происходили 3 раза в день [в 7 ч. утра, в полдень и в 7 ч. вечера]. Погода большей частью была ясной и только изредка

дождливой и туманной. В общем измерения довольно хорошо совпадают с субъективной оценкой степеней прозрачности воздуха.

Таблица 2
Измерения видимости в Дрездене (северн. направл.)
(Логарифмическое соотношение яркостей: небо у горизонта — черное тело)

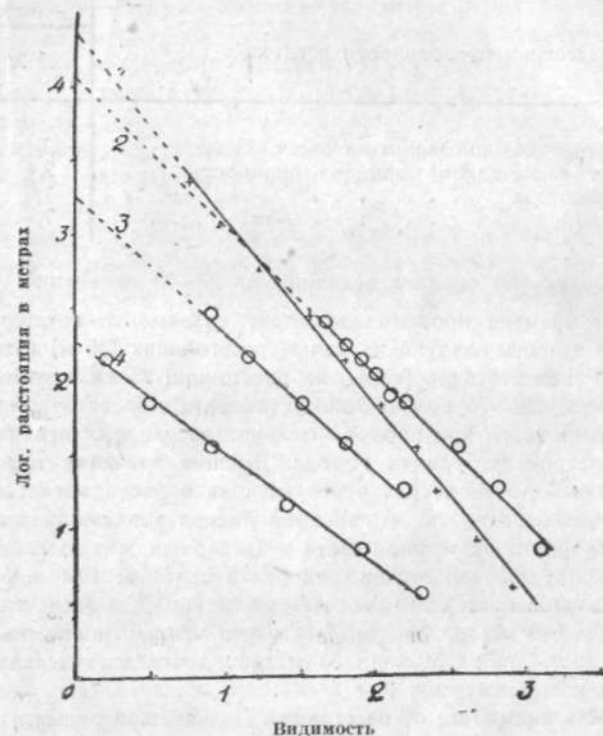
Степени прозрачности воздуха	Расстояние	
	35 м	250 м
1. Горный хребет хорошо видим на расст. 25 км.	2,4	1,7
2. Горный хребет не видим, нормальн. видимость	2,4	1,5
3. Пасмурная погода	1,9	1,0
4. Легкий туман	1,7	0,9

Числа обозначают средние величины из 20—30 измерений.

Время от времени происходили вдруг сильные отклонения, состоявшие в том, что ясность воздуха на малых расстояниях [35 м] и при степени ясности 1 была недостаточна [горы на расстоянии 25 км видимы хорошо]. Такие отклонения, как это можно было установить с достаточной точностью, происходили чаще всего при продолжительной засухе и объясняются пылью, поднимаемой ветром на улицах города. Высшие значения для интервала объекта получались почти всегда через несколько часов после дождя. Эти наблюдения указывают на то, что нижний предел воздушной дымки летом определяется скорее присутствием пыли и насекомых, чем тумана или водяных паров. Мы продолжали эти наблюдения в сентябре 1918 г. Местом для производства опытов на сей раз был избран не город, а лесистая местность на высоте около 600 м. Воздух там был очень чист и лишен пыли. В этих условиях видимость на расстоянии 35 метров достигала численного выражения в 2,9 в очень ясные дни.

Зависимость видимости от расстояния. Дальнейший ряд опытов касался зависимости видимости от расстояния при остальных одинаковых условиях. Объектом [черным телом] была палатка кубической формы [1 метр в стороне], открытая спереди, внутри покрытая черным бархатом; ее задняя стенка имела истинную поверхностную яркость около 4,0 [логарифм отношения — яркость поверхн. неба в зените]. Опыты производились в различные дни июля 1919 г. в Саксонских Рудных горах на высоте, приблизительно, 750 метров. Погода была частью ясная, частью пасмурная и иногда туманная. Выводы некоторых опытов изображены на рис. 13 в виде кривых. По кривым видно, что увеличение воздушной дымки происходит пропорционально расстоянию и, следовательно, видимость обратно пропорциональна логарифму расстояния.

Предел видимости. Итак, интервал объекта при увеличении расстояния сначала уменьшается быстро, а потом медленно спускается к нулю. Интервал объекта, равный нулю, практически достигается там, где темные предметы [горы и т. д.] исчезают на горизонте в тумане или в дымке. Если продолжить линии, изображающие зависимость степени видимости от расстояния, то они



Р и с. 13.

пересекаются с осью ординат 0. Места пересечения будут соответствовать тем большим расстояниям, чем прозрачнее воздух. Логарифмы этих расстояний [для данных направлений] можно рассматривать, как абсолютную, независимую от расстояния меру видимости. Полученные числа дают, как только что было сказано, логарифмы расстояний, при которых видимость вообще прекращается. Это число мы будем называть «абсолютной видимостью»¹⁾. При наблюдении с этого расстояния самое глубоко-черное тело будет так же

¹⁾ Число, соответствующее этому логарифму, употребляется в метеорологии для субъективного обозначения количества паров и тумана.

ярко, как самое белое. Из кривых рисунка 13-го можно получить такие, например, величины для предела видимости:

Таблица 3

Предел видимости

Кривые	Время дня	Погода	Направление	Абсолютная видимость
1	11 часов	Ясно	NNW	4,3
2	14 часов	Ясно	N	4,05
3	18 часов	Легкая дымка	NO	3,25
4	11 часов	Туманно	N	2,3

Для получения этих чисел нет надобности вычерчивать кривую; достаточно измерения двух черных тел, поставленных на разном расстоянии и исследованных непосредственно друг за другом при помощи фотометра. Так как эти измерения могут быть сделаны в течение нескольких секунд, то этот способ является весьма удобным в метеорологической практике.

Раньше в метеорологических сводках видимость определялась на основании субъективной оценки. Виганд¹⁾ недавно описал новый эмпирический способ для измерения видимости. Полученные по его способу числовые значения представляют, однако, то неудобство, что они пригодны лишь для расстояний, при которых производится данный опыт. Кроме того, эти числовые значения зависят от констант инструмента, и поэтому им нельзя приписать никакого теоретического значения.

При том значении, которое приобретают измерения видимости при современном развитии воздушного транспорта, стоило бы производить дальнейшую разработку приведенного выше способа измерения видимости. Но так как эта задача выходит за пределы специальности автора и приводится здесь только, как средство для достижения определенной цели, то дальнейшее проведение опыта должно быть предоставлено специалистам в данной области.

¹⁾ Wiegand, Physik. Zeitschrift 29, 151 (1919).

ЧАСТЬ 2

ИЗОБРАЖЕНИЕ НА МАТОВОМ СТЕКЛЕ

Глава 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТА В ОПТИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

Как было указано выше, истинный интервал для разных объектов весьма различен. В случае, если имеются налицо светлые участки рядом с темными или если имеются тени от выступающих участков объекта, то истинный интервал объекта выражается большим числом при условии, что воздушная дымка или туман не вызывают общего осветления теней.

Невооруженным человеческим глазом воспринимается только часть истинного интервала объекта, так как причиненное яркими участками «ослепление» действует ограничивающим образом, а в темных участках часто не хватает яркости, чтобы вызвать восприятие в глазу. При образовании изображения предмета фотографическим объективом интервал объекта, в свою очередь, подвергается значительным изменениям. В фотографии, где запечатлевается изображение предмета или снимаемой сцены в камере при помощи оптического стекла или целой серии стекол [объектива], мы имеем дело не с истинным распределением света в объекте, но с распределением озвещения на светочувствительном слое. Следовательно, мы должны еще принимать во внимание изменения в распределении света, вызванные фотографическим аппаратом.

Ограничения интервала объекта рефlekсами в объективе. Объектив должен собирать в одну точку все лучи, исходящие от светящейся точки, и образовывать там изображение. Полностью это не осуществляется вследствие рефlekсов [отражений] от свободных поверхностей объектива, которые постоянно отклоняют часть лучей от должного пути. Количество отраженного света зависит, как известно, от числа свободных (граничащих с воздухом) поверхностей объектива. Каждая пограничная поверхность воздух-стекло отражает около 4% света в том случае, если [как это всегда наблюдается в фотографических объективах] свет падает на поверхность под относи-

тельно малыми углами. Например, при апланате с четырьмя свободными поверхностями количество отраженного света достигает приблизительно 8%; при объективе с шестью свободными поверхностями [типа триплет-анастигмат Кук а] — 25%, и при объективе с 8-ью свободными поверхностями оно достигает 32%.

Происхождение отраженных изображений. Свет, исходящий от светящейся точки, лежащей на оптической оси, отбрасывается обратно к объекту съемки вследствие отражения от поверхности стекла объектива и причиняет только уменьшение светосилы объектива, не вызывая дальнейших искажений. Но когда часть света, прошедшего сквозь толщу стекла, отразившись от задней поверхности линзы, встречает на пути к объекту переднюю поверхность, то незначительная часть отраженного света [около 4%, соответствующие 0,16% падающего света] отражается от нее обратно и, преломившись, попадает в плоскость изображения. На рис. 14 изображен схематически простейший случай [одиночная линза-мениск]. Падающие лучи

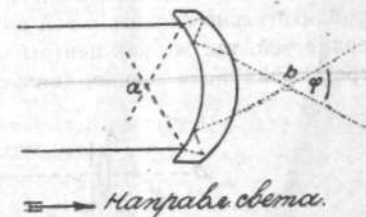


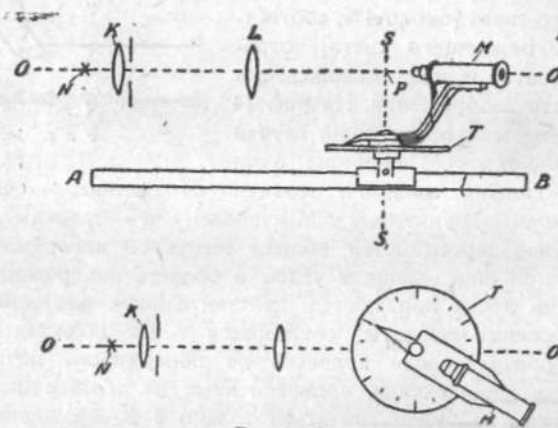
Рис. 14.

изображены сплошными линиями, первично отраженные — черточками, а вторично отраженные — пунктиром. Мы видим, что дважды отраженные лучи в этом случае пересекаются вблизи выпуклой поверхности линзы и затем попадают под определенным углом в область изображения. В точках а и б пересечения лучей образуются действительные отраженные изображения [изображения-паразиты] светящихся точек объекта. Изображение а не влияет на распределение яркостей на поверхности матового стекла так же, как и все изображения, произведенные не парным числом отражений. В дальнейшем мы будем считаться только с изображениями, которые [так же, как и изображение б] образуются лучами, подвергшимися четному числу отражений.

Количество отраженных изображений. В сложном объективе количество этих отраженных изображений возрастает очень быстро с увеличением числа обращенных к воздуху поверхностей линз. Это количество определяется формулой $\frac{n(n-1)}{2}$, где n обозначает количество пограничных поверхностей воздух-стекло; количество отраженных изображений достигает в ландшафтных объективах 1, в апланатах—6, в триплетах—15, в анастигматах, состоящих из четырех несклеенных линз,—28. Желтый светофильтр в этом случае уподобляется линзе и, следовательно, повышает число отраженных изображений. Например, если прибавить к объективу, состоящему из 4-х несклеенных линз, желтый светофильтр, то количество этих отражений достигнет 45. Положение отраженных изображений в высшей степени разнообразно. Если отраженные изображения образуются вблизи объектива в области изображения или в области объекта [в последнем случае изображения получаются мнимые], то

в плоскости матового стекла образуется круг светорассеяния, величина которого находится в зависимости от величины угла данного конуса [или пучка] световых лучей, оптический центр которого при данных условиях лежит на оптической оси. Если же отраженные изображения образуются вблизи пластинки [вблизи матового стекла], то круг этот соразмерно уменьшается и делается соответственно более ярким. Так как эти отраженные изображения часто сопровождаются aberrациями, то соответственно этому круг рассеяния бывает иногда у краев ярче или темнее, чем в центре.

Если светящиеся точки объекта лежат вне оптической оси, явления приблизительно сходны, с той разницей, что изображения, отраженные от поверхностей, так же как центры кругов рассеяния, лежат вне оси. Вследствие ограничения поля зрения (виньетирования), производимого краями оправы



Р и с. 15.

и диафрагмой, круги частью превращаются в эллипсы или в «двуугольники», вписанные в эти круги или эллипсы. Так как в литературе¹⁾ не имеется указаний о положении и других данных, касающихся отраженных изображений в фотографических объективах, то в связи с этим автор изучил некоторые типы объективов при помощи следующего приспособления [рис. 15].

На снабженной делениями оптической скамье AB , параллельной оптической оси объектива OO_1 , может передвигаться рейтер, на котором находится измерительный микроскоп M . Измерительный микроскоп установлен так, что может поворачиваться вокруг оси рейтера SS_1 ; отсчеты угла поворота производятся по разделенному на градусы кругу T . Микроскоп установлен точно на точку пересечения P оси вращения SS_1 с оптической осью OO_1 объектива. В качестве первичного источника света служила проекционная лампа

¹⁾ См. подробный подбор литературы у Эрфле: Erfle, Zentralzeitung f. Optik und Mechanik 40, 210 (1919).

Нернста-Кёлера. При помощи собирающего стекла K [конденсатора] проэктировалось увеличенное изображение Нернстовского стержня N на исследуемый объектив L . Отверстие конденсора служило, таким образом, вторичным источником света. Происшедшие вследствие отражения кружочки являются изображениями конденсора. Величину кружочков, их положение в пространстве и освещенный ими телесный угол [соответствующий углу φ на рис. 14] можно промерить при помощи измерительного микроскопа. Для этого передвигают микроскоп по оптической скамье до тех пор, пока искомого отраженного изображения [кружок] отчетливо не покажется в поле зрения окуляра с микрометром. Затем микроскоп вращают вокруг оси SS_1 до тех пор, пока отраженное изображение не исчезнет из поля зрения. В таблице 4 даны результаты некоторых типичных исследований. Важнейшим результатом измерений является то, что наибольшее число отраженных изображений находится вблизи объектива и что величина угла отраженных пучков лучей сильно уменьшается с уменьшением отверстия диафрагмы.

Действие отраженных изображений светящихся точек. Действие отраженных изображений заключается в том, что возникающие в плоскости матового стекла круги рассеяния суммируются в своем световом действии и, таким образом, окружают светлым венцом находящиеся на матовом стекле изображения первичных светящихся точек, лежащих на оптической оси. Вне настоящего изображения точек на матовом стекле не должно бы быть никакого освещения, но, благодаря вышесказанному, происходит определенное распределение света и вне изображения. Начиная с изображения светящейся точки, освещение постепенно уменьшается к краю пластинки, если первичная светящаяся точка находится вблизи от оптической оси. Только в тех случаях, когда отраженным изображениям сопутствуют aberrации, в определенных направлениях могут появиться светлые кольца.

Таблица 4

Положение и величина отраженных изображений

Примечания:

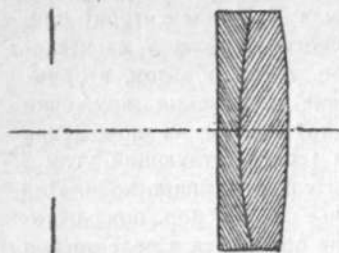
Расстояние между источником света и плоскостью диафрагмы соответствовало четырем фокусным расстояниям данного объектива.

Величина отраженных изображений [кружков] дана в процентах от величины светящихся элементов поверхности [источника света].

Положение отраженного изображения l равняется расстоянию от плоскости диафрагмы, измеренной в процентах фокусного расстояния; при этом расстояния в направлении света исчисляются в положительных значениях.

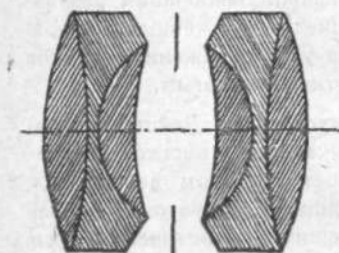
Величина угла соответствует углу φ на рис. 14, при различных отверстиях объектива.

v — обращенное изображение.



а) Ландшафтная линза

Изобра- женьице №	Величина	Положе- ние	Угол пучка отра- женных лучей в градусах при о- носит. отверстия	
			Ф/12,5	Ф/25
1	4	24	36	20

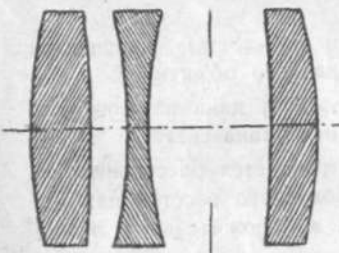


б) Склеенный двойной анастигмат

Изобра- женьице №	Величина	Поло- жение	Угол пучка отра- женных лучей в градусах при о- носит. отверстия		
			Ф/6,8	Ф/12,5	Ф/25
1	4	15	52	40	20
2	3,5	10	64	36	16
3	2	3	94	62	30
4	2	-4	64	56	26
5	2	-4	64	56	26
6	6,5	-20	30	20	16

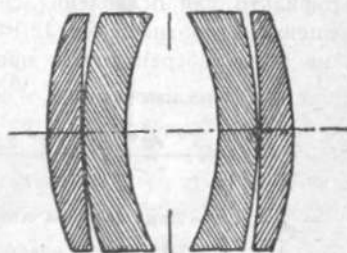
в) Анастигматический триплет (тип Кука)

Изобра- женьице №	Вели- чина	Поло- жение	Угол отраженных лучей в градусах при относ. отверстиях		
			Ф/6,8	Ф/12,5	Ф/25
1	6,5	27	30	20	8
2	7,5	18	32	26	16
3	3,5	16	64	38	20
4	4,5	13	46	30	16
5	4	3	52	30	12
6	2,5	-3	60	36	16
7	3,5	-3	50	26	22
8	2	-3	64	54	36
9	2	-7	60	44	32
10	3,5	-10	44	30	12
11	2v	-15	40	28	16
12	5	-18	34	22	16
13	2v	-18	32	20	10
14	4v	-21	30	18	10
15	5v	-27	22	16	10



г) Несклеенный четырехлинзовый анастигмат

Изобра- женьице №	Вели- чина	Поло- жение	Угол отраженных лучей в градусах при относит. отверстиях		
			Ф/6,8	Ф/12,5	Ф/25
1	1,3	44	24	12	—
2	4,5	22	38	24	12
3	4	17	38	28	16
4	4	16	94	28	16
5	2	14	148	68	36
6	3,5	12	48	44	24
7	2,5	6	74	20	20
8	5	6	40	36	12
9	2,5	5	84	56	20
10	4	4	52	40	40
11	2,5	1	90	60	24
12	2,5	1	90	60	24
13	2,5	1	90	90	90
14	2,5	-3	58	48	24
15	2	-4	50	48	24
16	2,5	-4	62	56	32
17	2,5	-4	60	56	32
18	2,5v	-7	60	56	32
19	2,5	-7	58	40	20
20	2,5	-11	40	40	20
21	2	-11	38	28	16
22	3,5	-11	38	28	16
23	4,5	-14	44	32	12
24	3,5v	-14	44	24	12
25	2,5v	-18	32	24	8
26	4,5v	-25	28	20	8
27	9v	-31	24	16	8
28	8v	-41	20	12	8



При светящихся точках, лежащих вне оси, может появиться местное усиление освещения; это случается, например, при съемке ландшафта с изображением солнца. Известно, что при этом условии пластинка покрывается общей вуалью. Так как поверхностная яркость неба по сравнению с яркостью солнца ничтожно мала, то это происшедшее от отражений увеличение яркости вокруг солнца дает, вместо чрезвычайно большого интервала объекта [включая и яркость самого солнца, как самого светлого участка объекта], очень небольшой интервал вследствие общей вуали.

Распределение света на матовом стекле находится в зависимости от свойств объектива и объясняет явление осветления теней и ограничения интервала объекта. На основании этого было измерено распределение света в плоскости матового стекла [т.е. на поверхности пластинки] при некоторых типовых объективах. Порядок производства опыта был следующий: конденсор проекционной лампы Нериста, задиафрагмированный до отверстия 7,5 мм, служил источником света. Его равномерно светящаяся поверхность

была при помощи испытуемого объектива, удаленного на 50 см, сфотографирована с уменьшением в 3 раза на светочувствительной пластинке, лежащей непосредственно позади щели в 2 мм шириной. На другой участок той же пластинки был после того сфотографирован серый нейтральный клин, имеющий прозрачность от 1—1/1000. Так как отношение между яркостью прямого изображения и освещения, являющегося следствием отражений, много выше, чем 1:1000, то приходилось делать несколько экспозиций на одной и той же пластинке, так как фотографическая эмульсия не обладает такой шириной. Во время этих опытов пластинка каждый раз передвигалась за щелью, а перед источником света ставился нейтральный серый светофильтр для ослабления света. Таким образом, можно было получить освещения в соотношении 1:10³, которые можно было определить численно, не боясь погрешностей, происходящих от отступлений от закона Бун-



Рис. 16.

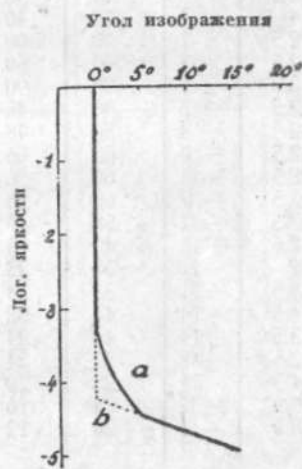


Рис. 17.

зена-Роско. Здесь, как и при всех других исследованиях, употреблялись пластинки Агфа «Изоляр», являющиеся превосходными противореальными пластинками. Кроме того, применялись все меры предосторожности для того, чтобы избежать вредного действия рефлексов. При обсуждении результатов нужно было принимать во внимание, что первичным источником света являлась не точка, а маленькая поверхность, и что соответственно этому все числовые определения относились к этой поверхности. Вследствие незначительности поверхности источника света [1° по дуге] она может считаться за элемент поверхности в смысле последующих рассуждений.

На рис. 16 изображены некоторые типичные кривые. Всем кривым присуща та особенность, что сила света сначала падает быстро и затем медленно уменьшается. Начальный резко падающий отрезок кривой у мно-

голинзовых объективов короче, чем у однолинзового ландшафтного объектива. У склеенного анастигмата мы видим местное повышение освещения при 10°; это повышение зависит от того, что здесь зона круга рассеяния № 6 [табл. 46] захватывает изображение. Исходя из помещенных в таблице 4 данных о кружках отражения и величине углов, следовало бы в резко падающем отрезке кривой ожидать более медленного падения силы света, чем это показывает опыт. Кривая распределения света должна бы, например, при апланате иметь направление, обозначенное пунктиром по кривой в рис. 17, а не действительно имеющееся направление а рис. 17. Это расхождение можно объяснить только недостаточностью полировки линз и неизбежным присутствием пылинок, которые изменяют распределение света; при чем действие отраженных изображений полнее выявляется при относительно больших углах изображения.

Ограничение интервала объекта вследствие недостатков полировки (шлифовки), пыли, налетов и т. п. До сих пор считалось, что объектив отклоняет световые лучи только согласно законам геометрической оптики. Это было бы справедливо, если бы поверхность линз была совершенно чиста и идеально отшлифована, а масса стекла была бы совершенно однородна. Однако, оба эти требования в полной мере никогда не выполняются. Если

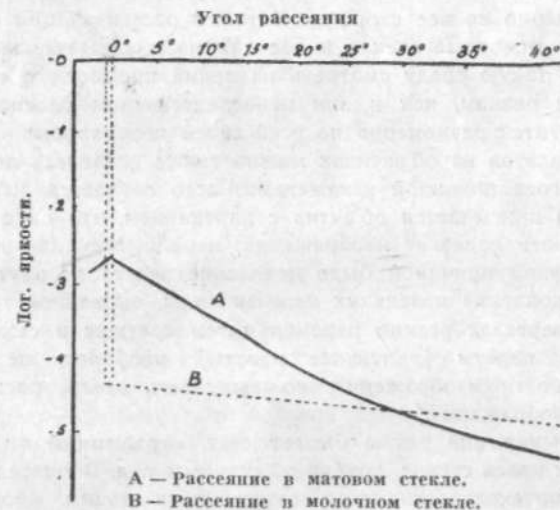


Рис. 18.

линзы недостаточно хорошо отшлифованы, или если на них имеются малейшие следы пыли, отпечатки пальцев, налет и т. д., то большая или меньшая часть света рассеивается. Если стекло не вполне однородно, если в нем имеются пузырьки воздуха, то также происходит рассеяние световых лучей. Это рассеяние выражается в виде вуали, как это было в случае отра-

женных изображений, разобранных в предыдущем пункте. Характер этой вуали различен в зависимости от рода налета или пятен на линзе. Эти недостатки поверхности линз нужно разделить на два различных класса, точно так же, как и употребляемые в качестве светорассеивающей среды молочные и матовые стекла, матовые лаки и т. д.

Для каждой светорассеивающей среды можно построить кривую рассеяния, которая показывает, какая часть первичного светового потока рассеивается в различных направлениях ¹⁾. В этих кривых светорассеяния можно различать два основных типа, которые и изображены на рис. 18. При типе А сила светового потока падает постепенно и при больших углах делается незаметно малой ²⁾. Главная часть светового потока все-таки сохраняет свое первоначальное направление. Такое распределение света достигается, например, всеми матовыми стеклами и матовыми лаками. Практически это распределение света выражается следующим образом: если смотреть через такую светорассеивающую среду на светлую точку, то она покажется более или менее нерезкой и окруженной световым сиянием, постепенно уменьшающимся по направлению от центра.

Второй род светорассеивающих сред пропускает небольшую часть световых лучей, не изменяя их направления; другая же часть, наоборот, рассеивается равномерно во все стороны. К таким рассеивающим средам принадлежат тонкие молочные стекла и все так называемые опалесцирующие слои. Если через такую среду смотреть на яркий предмет, то он представляется таким же резким, как и при непосредственном рассмотрении его. Сам же слой светится равномерно по всей своей поверхности.

В случае налетов на объективах можно также различать два типа рассеяния, являющегося причиной искажений. Часто случается, что в оптическую мастерскую присылается объектив с нареканием, что он с некоторым временем стал давать нерезкие изображения; нередко немедленно выясняется, что единственной причиной было появление налета на внутренней стороне линз или скопление маленьких капелек воды, вызванное тем, что объектив часто подвергался резким переменам температуры в сыром воздухе. Опалесцирующие налеты [радужные налеты], наоборот, не причиняют уменьшения резкости изображения, но вызывают вуаль, распространяющуюся на все изображения.

Причиной искажений также бывает свет, отраженный от краев диафрагмы, оправы и краев стекол, трубки объектива и т. д. В тщательно сделанных объективах интенсивность света, отраженного таким образом, очень мала по сравнению с интенсивностью изображений, отраженных от поверх-

¹⁾ Другое объяснение того же явления дал Крова см. Uppenberg Photometrie, стр. 23, München (1912).

²⁾ При разборе кривых на рис. 18 надо принять во внимание, что яркость выражена в логарифмических значениях и что, следовательно, абсолютные яркости гораздо больше различаются между собою, чем это представлено графически.

ностей линз. Следовательно, эти искажения могут выявиться только в объективах, составленных из небольшого количества линз.

Чтобы изучить действие различных внешних причин искажений, был взят ландшафтный объектив, дающий минимальное количество внутренних рефлексов [1 отраженное изображение]. Взятый объектив покрывался различного рода пылью, пятнами, налетом, пузырьками клея; кроме всего повреждалась шлифовка. Затем по вышеописанному способу было установлено распределение света на поверхности пластинки. Как и следовало ожидать, кривая при отпечатках пальцев соответствует, приблизительно, кривой рассеяния матового стекла, так как частицы, рассеивающие свет, имеют

значительную величину. Чем мельче частицы, тем более кривая приближается к кривой светорассеяния молочного стекла [в особенности при чрезвычайно мелкозернистом мастичном лаке]. При загрязнении пылью надо обращать внимание на то, что ею большей частью бывает покрыт только маленький участок поверхности стекла и что вследствие этого влияние пыли бывает только местным. При сплошь запыленных поверхностях распределение света соответствует таковому в случае матового стекла. Чрезвычайно трудно создать для опытов над действием отражений [особенно при многолинзовых объективах] такие свободные от пыли чистые, хорошо отшлифованные поверхности линз, чтобы вышеописанные причины искажений могли бы не приниматься во внимание. Само

собой понятно, что причиняющее искажения первоначальное распределение света постороннее влияние обычно не так велико, как это изображено на рис. 19. Для изучения этих явлений приходилось брать более толстые слои пыли, более сильные отпечатки пальцев и т. д., чем это встречается на практике при пользовании объективами. Однако, надо отметить, что все эти явления на практике прибавляются к искажениям, вызванным рефлексами, и дают типичные кривые, как на рис. 16.

Смотря по роду объектива и в зависимости от тщательности его изготовления и дальнейшего его содержания, будет перевешивать действие рассеянного света или отраженного.

Рефлексы [явления отражения] в случае светящихся точек вне оси. До сих пор все рассуждения касались исключительно точек [или очень малых элементов светящейся поверхности], лежащих на оптической оси об-

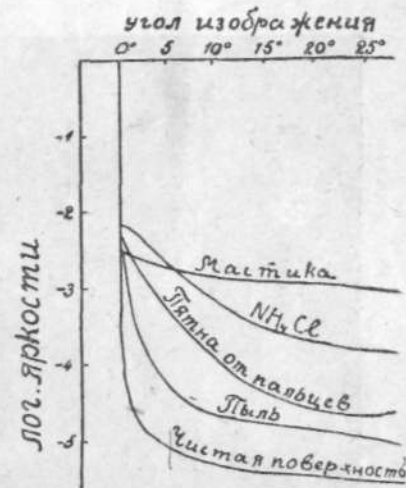
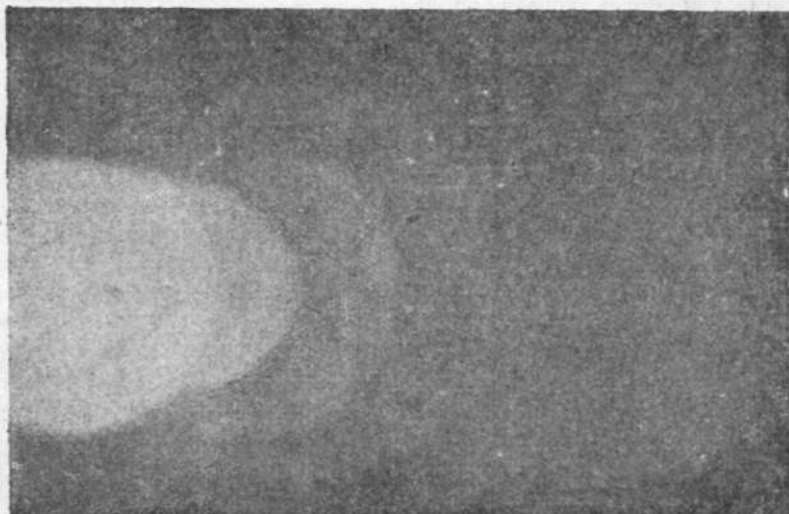


Рис. 19.

ектива. При переходе к явлениям вне оптической оси обстоятельства делаются много сложнее. До сих пор распределение света можно было выражать лишь одной кривой, т. к. там распределение света, рассчитанное от оптической оси, было одинаково по всем направлениям. Оно имело, таким образом, ось симметрии и определялось разрезом, проходящим через оптическую ось. При распределениях света, являющихся следствием отражения источника света, лежащего вне оси, эта ось симметрии отсутствует и замещается плоскостью симметрии. По этой причине изображение посредством одной кривой невозможно и может быть представлено только в виде семейства кривых. Для этого семейства кривых характерно почти постоянное появление местного сосредоточения освещения, вследствие чего на ме-



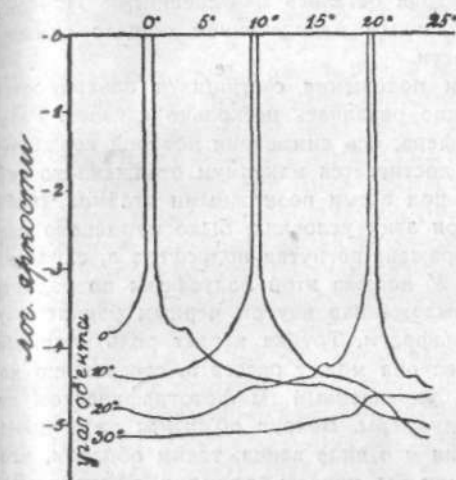
Р и с. 20.

стах, удаленных от оптического изображения, появляются более или менее яркие отраженные изображения или круги рассеяния [а равно и эллипсы]. На рис. 20 приводится пример такого распределения света. На некоторых из этих изображений можно различить многоугольную форму ирисовой диафрагмы, ограничивающей падающий пучок лучей.

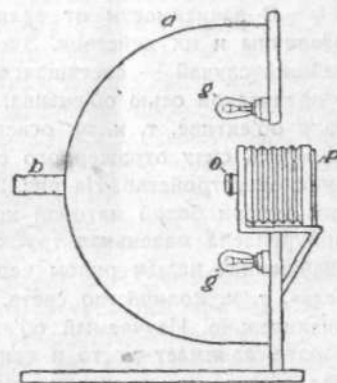
Систематическое исследование всех возможных случаев практически невыполнимо. Типичный случай изображен на рис. 21. На основании многих измерений распределения света в таких снимках можно было вывести заключение, что распределение подобно тому, какое наблюдается при светящихся точках, лежащих на оси, и, следовательно, можно предположить, что заключения, выведенные из изучения внутренних отражений в случае све-

тящихся точек на оси могут быть приблизительно применены и к внеосевым светящимся точкам.

В обычной фотографической практике редко приходится жаловаться на искажения, причиненные отражениями от светящихся точек ¹⁾. Кривые на рис. 16 и 21 показывают, что даже в неблагоприятных случаях освещение, вызванное этими отражениями [ближайшее соседство светящихся элементов поверхности, многолинзовый объектив], не превышает, приблизительно



Р и с. 21.



Р и с. 22.

но, 1/1000 поверхностной яркости первичного изображения. С практической точки зрения фотографа это добавочное освещение, ограничивающее интервал яркостей объекта и производящее ореол вокруг световой точки [а равно и вокруг малого элемента поверхности], может не приниматься во внимание, т. к. согласно вышесказанному истинный интервал объекта только в редких случаях превышает 1:1000 [интервал объекта=3 в логарифмических единицах]. Таким исключительным случаем является снимок, при котором солнце светит прямо в объектив. Здесь искажения неизбежны.

Рефлексы от больших освещенных поверхностей, лежащих на оптической оси. На практике при съемках принимаются во внимание не светящиеся точки, а более или менее крупные, освещенные поверхности, которые также могут вызывать описанные рефлексы. В действительности ка-

¹⁾ Как на серьезный случай, когда такие отражения могут вызвать большие искажения, можно указать на спектрофотографические снимки, особенно когда приходится фотографировать спектральные линии слабой световой интенсивности рядом с очень яркими линиями. Так как большинство спектрографов имеет большое число свободных поверхностей, то устранить искажения очень трудно.

ждающая поверхность может рассматриваться как совокупность отдельных точек. Действие каждого такого отдельного элемента поверхности становится ясным из вышеприведенных рассуждений. Все единичные действия суммируются в общее действие, которое при знакомстве с отдельными кривыми распределения света можно было бы вычислить из них. Сложность явления при точках, расположенных вне оптической оси, настолько велика, что наши попытки приложения этого метода остались безуспешными. Поэтому пришлось ограничиться экспериментальным определением общего суммарного действия светящейся поверхности.

В зависимости от величины и положения светящихся поверхностей различны и их действия. Здесь можно различать несколько случаев. Главнейший случай — светящаяся полусфера, ось симметрии которой совпадает с оптической осью объектива. Здесь достигается максимум отраженного света в объективе, т. к. он освещается под всеми возможными углами. Чтобы измерить силу отраженного света при этих условиях, было применено следующее устройство. На рис. 22 изображена вогнутая полусфера *a*, окрашенная внутри белой матовой краской. У полюса этой полусферы по радиусу прикреплен маленькая трубка *b*, выложенная внутри черным бархатом и снабженная целым рядом черных диафрагм. Трубка играет роль «черного тела», т. к. количество света, которое она может рассеять, совершенно незначительно. Изучаемый объектив *o*, укрепленный на фотографическом аппарате, занимает место в центре полусферы. Вокруг объектива расположен ряд стосвечных лампочек накаливания *g* в виде венца, таким образом, чтобы ни один луч от лампочек не мог бы попасть прямо в объектив. В устройство было поставлено в темной комнате. Фотографическая пластинка помещена на место матового стекла после того, как на него была сделана наводка на фокус и получено резкое изображение «черного тела». В случае идеального объектива [отсутствие всякого внутреннего отражения, чистые и правильно отполированные поверхности], изображение «черного тела», образованного осевой трубкой, должно бы быть на проявленном негативе совершенно прозрачным, даже при самой большой экспозиции. Если же налицо имеется свет, рассеянный вследствие отражений или вследствие налета, то на этом месте пластинки появляется более или менее сильная вуаль. Плотность вуали зависит не только от света, рассеянного благодаря перечисленным причинам, но и от продолжительности экспозиции, чувствительности пластинки и силы света ламп, освещающих внутреннюю полусферу. Но так как пластинка воспроизводит не только черное тело и окружающие его ярко освещенные участки, то и остальные факторы, связанные с условиями опыта, действуют также на почернение соседних с черным телом участков фотографического изображения. Отношение между силой отраженного света и поверхностной яркостью внутренности полусферы остается постоянным и является независимым от абсолютной силы освещения. Таким образом, выводится формула $R = \lg \frac{J_s}{J_r}$, в которой J_r —

обозначает яркость освещения, происходящую от отражений, J_s — яркость соседних ярко освещенных частей полусферы. R является искомым числом, которое выражает общую меру для рефлексов в объективе и для диффузного света, рассеиваемого налетом, и обозначается, как блеск или бриллиантность [Brillanz] объектива. Здесь также принято логарифмическое выражение.

При практическом проведении опытов над блеском [или бриллиантностью] объективов на одной половине чувствительной пластинки было снято находящееся в полюсе белой полусферы черное тело вместе с маленькой частью белого окружения, а потом на другой половине был скопирован контактным путем клин, интенсивности света в конечных точках которого относились как 1:1000. Этот метод принципиально соответствует методу Хёртера и Дриффильда¹⁾, методу фотографической фотографии с той разницей, что у Хёртера и Дриффильда шкала экспозиций на пластинке получается при помощи вращающегося секторного диска. Копирование серого нейтрального клина проще; кроме того, при этом избегают неправильностей, получающихся благодаря употреблению прерывистого освещения, и получается непрерывная [не ступенчатая] шкала интенсивностей [см. также стр. 35].

В противоположность сообщенным в дальнейших таблицах числам, полученные посредством только что описанного устройства числа годятся для обозначения искажений, причиненных отражениями в объективе определенного типа; эти числа могут быть обозначены, как «специфический блеск» данного объектива.

Таблица 5

Специфический блеск некоторых объективов [в логарифмических единицах]. Источником света является полусфера

Типы объективов	Конструкция по табл. № 4.	Специфический блеск
Ландшафтный объектив Ф 6,8	a	2,2
Склеенный двойной анастигмат Ф/6,8	b	1,8
Триплет Ф/6,8	v	1,5
Несклеенный четырехлинзовый анастигмат Ф/6,8	г	1,2
Несклеенный четырехлинзовый анастигмат Ф/6,8 со светофильтром	—	1,0

При помощи устройства, изображенного на рис. 22, можно было учесть и влияние отдельных зон светящейся полусферы. С этой целью отдельные зоны были так прикрыты диафрагмой, что свет попадал на объектив

¹⁾ См. примечание на стр. 62.

только от избранного участка. На нижепомещенной таблице указано влияние различных зон concentрических к объективу и расположенных симметрично по отношению к оптической оси его. Можно заметить, что при многолинзовых объективах влияние зон, удаленных от оптической оси, очень незначительно и что вуалируют изображения, главным образом, зоны 75° — 90° .

Таблица 5-а

Блеск объективов на оптической оси при различных центральных углах конусов, ограничивающих зоны [в логарифмических единицах]

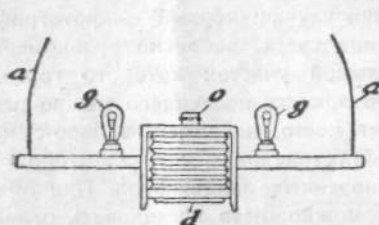
Центральные углы конусов, ограничивающих рассматриваемые зоны. [Протяжение зон в градусах широты]	Количество свободных линз объектива [задиффрагмирован. на $F/12$]			
	1	2	3	4
0° — 90°	2,35	1,9	1,6	1,4
60° — 90°	2,35	1,95	1,65	1,4
75° — 90°	2,4	2,0	1,7	1,5
83° — 90°	2,5	2,3	1,9	1,8
86° — 90°	2,6	2,5	2,1	2,0
88° — 90°	2,7	2,6	2,3	2,3

Особенное внимание было уделено исследованию действия самой крайней зоны [в пределах от 0° — 30°]. С этой целью объектив был поставлен не в полусфере, а окружен ярким кольцом, соответствовавшим этому поясу, и вечером установка была выставлена наружу так, что объектив был направлен на темное небо [рис. 23]. Так как при сколько-нибудь прозрачном воздухе обратное лучеиспускание атмосферы крайне незначительно, то этим способом было получено безупречное черное тело большого протяжения, какое вообще очень трудно создать. Опыты с этой установкой показали, что при этом боковом освещении, даже в случаях неблагоприятных [объектив с четырьмя несклеенными линзами] блеск объектива получится в 3,3. Вызванная освещением вуаль имеет, таким образом, яркость в 1,2.000 от поверхностной яркости освещенного кольца. Эти опыты показывают, что в общем «солнечная блenda» не имеет почти никакого влияния на блеск объектива. Ее значение сводится почти исключительно к удалению косых лучей, отраженных от мехов. Только там, где яркость поверхности фотографируемого объекта чрезвычайно мала по сравнению с яркостью неба, служащего источником света [снимки в ателье людей, одетых в черное], солнечная блenda может иметь значение. Она может быть с удобством применена во избежание отражений в тех случаях, где солнце может светить прямо в объектив [в таких случаях вполне оправдывается название «солнечная блenda»].

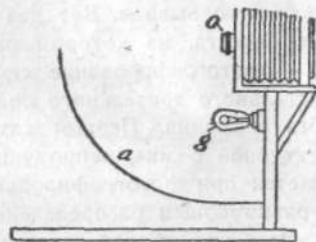
Рефлексы, вызванные большой светящейся поверхностью вне оси. До сих пор рассматривались только искажения, вызванные светящимися объектами, лежащими на оптической оси. Чтобы иметь понятие об искажениях вследствие отраженного света вне оси, нужно было ограничиться только отдельными важными случаями, так как иначе вследствие чрезвычайного большого разнообразия условий опыта, нельзя было бы сделать никакого общего вывода. Вот два важнейших случая: первый — фотографирование сюжета, на котором распределение света довольно равномерно, второе — фотографирование сюжета, большой участок которого гораздо ярче остального зрительного поля, так что яркость последнего можно оставить без внимания. Первый случай имеет место, например, в аэро-съемке, архитектурной съемке, репродукциях больших рисунков и т. д.; второй же встречается при фотографировании обыкновенных ландшафтов. При объектах с равномерным распределением света можно было исследовать ограничение интервала объекта вследствие отраженного света вне оптической оси и т. д. при помощи вышеописанной белой полусферы [рис. 22]. Но в этом случае надо центральное маленькое черное тело заменить черной щелью, идущей от полюса до экватора, при чем щель эта играет роль черного тела. Из измерений плотностей, сделанных на фотографическом негативе, где также было скопировано изображение нейтрального серого клина, можно вычислить освещение в различных точках изображения щели, обязанного только отраженному свету, при чем его сравнивают с освещением соседних частей полусферы. При этом выяснилось, что действие отраженного света распространяется довольно равномерно по всему полю изображения, пока берутся в соображение углы до 30° в каждую сторону от оптической оси [общий угол изображения 60°]. Обычно при съемке большие углы не принимают во внимание. Разница в силе отраженного света у края и посередине не превышает 0,2 в принятых нами логарифмических единицах.

Рефлексы неба при съемке на воздухе. Ко второму вышеупомянутому типу объектов, в которых одна часть поверхности значительно ярче всей остальной, принадлежат объекты, фотографируемые вне помещений; этот класс является особенно важным, потому что к нему принадлежит значительная часть снимков [репортаж, ландшафты и др.]. И здесь для того, чтобы прийти к определенным выводам надо ввести упрощение. При съемке на воздухе часто бывает, что значительная часть изображения занята небом, а остальная часть [дома, лес, люди и т. д.] имеет яркость в среднем не более 20% яркости неба. Занятая небом поверхность изображения может быть очень различна. Иногда небо занимает половину изображения, и линия горизонта, таким образом, пересекает оптическую ось. Редко случается, чтобы небо занимало большую часть, так как такие снимки эстетически неприемлемы; чаще всего бывает, что небо занимает сравнительно незначительную часть изображения. Однако, небо всегда оказывает свое влияние при съемке на воздухе даже и в тех случаях, когда оно и не передается на снимке.

Для того, чтобы изучить условия отражения света при фотографировании на воздухе, мы пользовались устройством, аналогичным примененному ранее [рис. 22], с той только разницей, что вместо полусферы в качестве освещающей поверхности был взят пространственный квадрант. Этот квадрант был установлен вечером на воздухе так, что роль второго квадранта и вместе с тем черного тела играло темное небо. Эта установка соот-



Р и с. 23.



Р и с. 24.

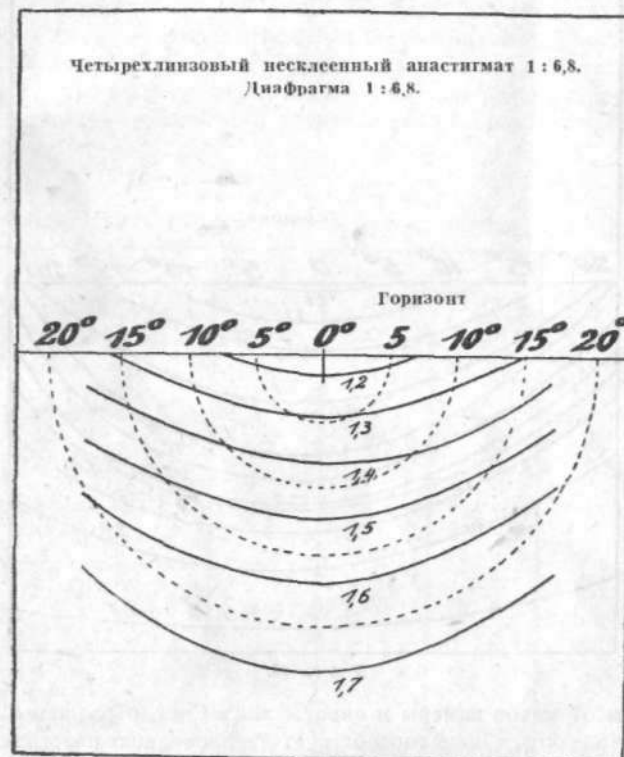
ветствует фотографической съемке открытого ландшафта с той разницей, что в действительности небо является светлой поверхностью, земля же черной, а при данном опыте ночное небо представляет собой темную поверхность, а освещенный квадрант — источник рассеянного света [рис. 24].

Был вновь проделан ряд таких же опытов, как раньше со светящейся полусферой. На таблице 6 даны результаты этих опытов. Численные определения на этой таблице изображают логарифмы соотношений между освещенностями в точках пластинки, соответствующих темному и освещенному квадрантам. Так как для фотографического снимка одинаково важно не только пространство непосредственно вокруг оптической оси, но и вся поверхность пластинки, то исследование было распространено и на эти участки изображения. В таблице 6 даны кроме чисел, имеющих значение для оптической оси [т.-е. для непосредственной близости к горизонту], также и числа для некоторых других углов изображения. Числа имеют значение для данного угла изображения, лежащего в плоскости, пересекающей оптическую ось перпендикулярно линии горизонта. Можно заметить, что при больших отверстиях диафрагмы количество отраженного света с удалением от горизонта уменьшается сравнительно медленно. На рис. 25 изображено типичное распределение света. Кривые, начерченные сплошной линией, являются кривыми одинакового блеска. Полуокруги, начерченные пунктиром, изображают углы по отношению к оптической оси [0°].

Рис. 25 соответствует фотографии, сделанной в большом формате одну половину которой занимает небо, а земля другую. Числовые выражения светораспределения показывают, что в таком случае свет, многократно отраженный линзами, принимает неправильное направление и осветляет темную землю. Это освещение в рассматриваемом случае настолько сильно, что посреди изображения даже совершенно черный участок дал бы макси-

мальное почернение только 1,1, другими словами в $12\frac{1}{2}$ раз [логарифм $12,5 = 1,1$] темнее неба. Так как при съемке людей в темной одежде на фоне неба получаются еще более сильные почернения, то на основании вышесказанного можно установить, что на этих участках исчезнут все детали, уступая место равномерной вуали.

Ближе к нижнему краю изображения [рис. 25] это высшее почернение в данном примере равно 1,7, т.-е. оно достигает 1/50 вуалирующей яркости

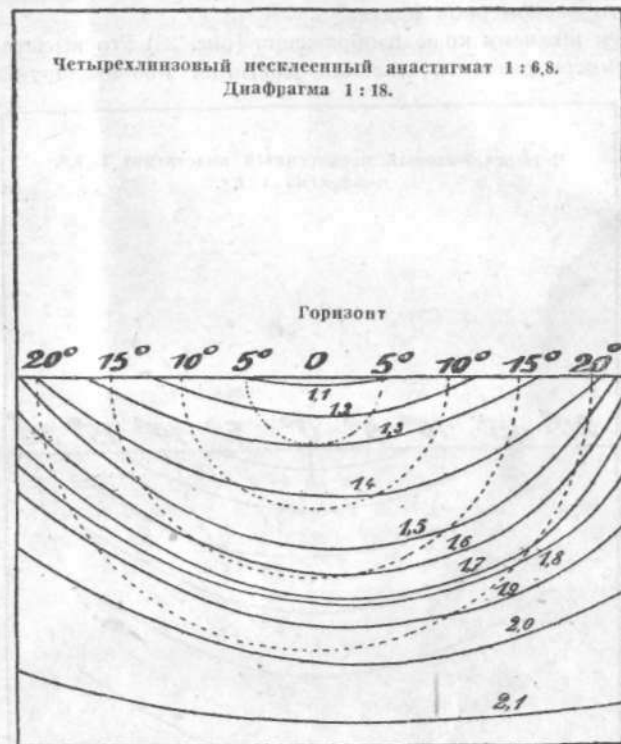


Р и с. 25.

неба. Здесь, следовательно, получается значительно лучшая передача деталей в тенях. При малых диафрагмах разница между краем и серединой еще большая, как это видно из рис. 26. Эти выводы покажут, где искать ошибки в тех случаях, когда на снимках предметы резко выделяются на фоне неба, но лишены деталей.

При малых диафрагмах [особенно при многолинзовых объективах] часть отраженного света задерживается краями диафрагмы. Середина изображения получает значительно больше отраженного света, чем края. В не-

которых объективах отраженные изображения диафрагмы [центральные пятна] настолько выражены, что происходит сильное падение яркости по направлению от середины к краям. На рис. 26 изображено распределение света в таком случае.



Р и с. 26.

Рефлексы от мехов камеры и оправы линз. Свет, отражаемый мехами камеры и оправой линз, также способствует вуалированию пластинки, а, следовательно, и ограничению интервала объекта. Были исследованы многие типичные случаи при помощи вышеописанной светящейся полусферы и квадранта сферы. Выяснилось, что даже в очень неблагоприятных случаях свет, отраженный от черной матово-лакированной оправы и от краев диафрагмы, едва ли превышает $1/80$ яркости шарового квадранта. В большинстве случаев он не превышает $1/100$ этой яркости и заметен главным образом при употреблении одиночных линз, блеск которых сам по себе велик. Рассеянный оправой свет действует сильнее на краях изображения, чем посередине, так как в последнем случае цилиндрические оправы видны только сильно сокращенными в перспективе и соответственно

этому мало действуют. Этим объясняется находящаяся в таблице 6 аномалия в отношении ландшафтного объектива. Тогда как во всех исследуемых объективах вуалирование изображения идет, уменьшаясь к краям, в ландшафтном объективе оно повышается самым определенным образом.

Конические меха складной камеры размера 9×12 отражают очень мало света. Освещение пластинки отраженным от мехов светом в исследуемых случаях едва достигало яркости шарового квадранта. Принимать в соображение, таким образом, отражение света приходится только при одиночных линзах, так как при сложных объективах оно незначительно по сравнению с количеством света, отражаемого свободными поверхностями линз. При мехах с одной складкой и в случае ящичных камер положение иное.

Таблица 6

Блеск объективов.
В качестве светящейся поверхности взят шаровой квадрант

Угол изображения	0°	10°	20°	30°	Разница 0°—30°
Ландшафтный объектив Ф/6,8 без оправы	2,3	2,5	2,6	2,8	0,5
С передн. диафрагм. Ф/12	2,0	2,1	2,0	1,9	0,1
Двойной анастигмат Ф/6,8 склеенный:					
Диафрагма Ф/6,8	2,0	2,1	2,2	2,3	0,3
» Ф/18	1,9	2,0	2,3	2,7	0,4
Триплет Ф/6,8:					
Диафрагма Ф/6,8	1,6	1,7	1,8	1,9	0,3
» Ф/18	1,5	1,8	2,0	2,1	0,6
Несклеенный анастигмат Ф/6,8:					
Диафрагма Ф/6,8	1,3	1,4	1,6	1,8	0,5
» Ф/18	1,1	1,3	1,8	2,2	1,1
» Ф/6,8 со свето- фильтром	1,2	1,3	1,5	1,6	0,4
Ландшафтный объектив Ф/6,8:					
Чистый	2,3	2,5	2,6	2,8	0,5
С сильн. отпечатками пальцев	1,6	2,4	2,6	2,7	1,1
Запыленный	1,6	2,0	2,2	2,2	0,6
Со слабым налетом	1,5	1,7	2,0	2,2	0,7
С сильным налетом	1,2	1,0	1,7	1,7	0,5

Конструкции объективов видны из таблицы 4.

Используемый интервал объекта. Отраженный свет и связанное с ним уменьшение блеска объектива действует на появляющееся при фотографировании изображение точно таким же образом, как и воздушная дымка с той разницей, что воздушная дымка по мере удаления объекта от камеры возрастает, отраженный же свет в различных случаях различно распределяется на пластинке в зависимости от положения наиболее яркого участка сюжета. Обе причины искажений имеют то сходство, что соответственно сказанному, тени в изображении покрываются вуалью, и в тенях исчезают детали. С этими явлениями связано уменьшение интервала объекта. Интервал объекта, сокращенный воздушной дымкой и отражениями от линз объектива и мехов, можно назвать используемым интервалом объекта [Ausnutzbarer Objektivumfang]. Для определения его величины годятся приведенные в таблицах 2, 4, 5, 6 числа при условии согласования с особенностями каждого отдельного случая.

Глава 4. ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Описанные в предшествующих главах измерения и выводы были приведены с той целью, чтобы объединить нужные при фотографической съемке числовые данные для изучения встречающихся в природе объектов съемки.

При этом нужно различать две задачи: с одной стороны, могут быть получены фотометрические условия, которым должен удовлетворять «средний объект», т.е. объект, соответствующий наиболее часто встречающимся на практике.

С другой стороны, можно исследовать предельные случаи и установить, какие фотометрические особенности имеют объекты, фотографическая передача которых особенно трудна, и какие вообще существуют возможности для такой передачи.

Нормальный объект. Трудно решить, какой род объекта следует принять за нормальный, т.е., например, какой объект надо избрать для оценки определенного фотографического метода или материала [например, для испытания сорта пластинок]. Решение этого вопроса не так просто и отчасти зависит от индивидуального взгляда работающего. Автор считает, что для оценки чувствительности пластинки надо брать средний объект, тогда как для оценки других свойств [передача деталей, градация и т. д.] нужно принимать во внимание подходящий предельный случай или специальный случай, так как для передачи «среднего объекта» годится почти всякая пластинка.

Специальные виды фотографических съемок. Примерами таких специальных видов являются:

Портретная съемка. Если принимать во внимание темные части одежды и проч., то истинный интервал объекта очень велик. Так как съемка почти

всегда производится при условиях освещения ателье, при чем отражающей поверхностью является сверху и сбоку небо, то нужно принимать меры предосторожности во избежание ограничений используемого интервала объекта. Для этого пользуются очень длинными солнечными блендами, которые, насколько возможно, ограждают объектив от всякого света, не исходящего непосредственно от сюжета. Принимая во внимание высокие требования резкости и светосилы, приходится пользоваться объективами, по крайней мере, с шестью свободными поверхностями. Если поступиться резкостью, то можно применять объективы с минимальным количеством [две] свободных поверхностей и соответственно этому очень высокого блеска.

Вполне понятно, что воздушная дымка при съемке портретов не играет никакой роли, так как расстояние от объекта до аппарата очень мало.

Субъективный интервал объекта часто очень велик. Между различными частями одежды модели разница в яркостях может превышать значение 2,0 [светлые дамские блузки, темный бархат]. При съемке в комнате часто темный фон при ярком освещении повышает еще больше интервал объекта.

Съемка внутри помещений, съемка машин и т. д. Субъективный интервал объекта чрезвычайно велик и достигает значений 3,0—4,0, если встречаются лакированные черные части рядом с блестящими металлическими частями.

Используемый интервал объекта еще больше, так как он не ограничивается ни внутренними отражениями, ни воздушной дымкой.

Репродукция рисунков и картин. Истинный интервал объекта не высок и достигает в предельном случае данных на стр. 19 величин альбедо [для фотографий, приблизительно, 0,8—1,2, для картин, прибл., 1,0—1,5]. При неблагоприятном освещении [когда равномерно отраженный от поверхности оригинала свет попадает в фотографический объектив, см. стр. 18] используемый интервал объекта бывает еще ниже этих величин.

Используемый интервал объекта ограничивается иногда недостаточным блеском [бриллиантностью] объектива, в особенности если воспроизводимый оригинал окружен светлой поверхностью [например, наколот на светлую чертежную доску]. Часто причиной сильного ограничения используемого интервала объекта являются стекла рамы картины, в которых отражаются другие предметы обстановки комнаты.

Субъективный интервал объекта не принимается в расчет, так как при репродукции требуется почти всегда возможно большая точность в передаче оригинала.

Судебная съемка. Истинный интервал объекта часто чрезвычайно мал [0,1 и ниже]. Блеск объектива редко имеет значение, о воздушной дымке говорить не приходится.

Субъективный интервал объекта не имеет никакого значения, так как почти всегда приходится преувеличивать контрасты и выявлять, неуловимые человеческим глазом подробности.

Вертикальная [ортогональная] аэро-съемка. Истинный интервал объекта ограничен, главным образом, воздушной дымкой и только в исключительных случаях достигает значения выше 1,0.

При аэро-съемке используемый интервал объекта бывает не выше 0,6¹⁾. Блеск объективов при вертикальной воздушной съемке почти никогда не принимается во внимание, так как фотографический аппарат направлен в сторону, противоположную небу, учитывать следует лишь среднюю яркость поверхности земли. Но эта яркость только в исключительных случаях бывает заметной и пересиливает влияние воздушной дымки. Чаще всего применяемые объективы с шестью поверхностями обладают специфическим блеском, приibl., 1,5 [см. стр. 42]. Прозрачность воздуха на больших высотах редко достигает этого значения.

Субъективный интервал объекта не имеет значения. Гораздо интереснее — возможно более детально передать на снимке используемый интервал объекта.

Перспективная аэро-съемка с воздушных шаров и самолетов. Истинный интервал объекта может при хорошей видимости достигать довольно больших значений [до 1,5, приibl.].

При подобной съемке воздушная дымка уменьшает контрасты заднего плана [дали] в то время, как на переднем плане уменьшает контрасты недостаточный блеск объектива, так как здесь, в противоположность вертикальной съемке, небо играет роль отражающей поверхности [см. рис. 25 и 26]. Снимок должен обладать способностью передачи интервала объекта до 1,5.

Здесь также дело касается не субъективного интервала объекта, а только используемого интервала его.

Ландшафты с передним планом и съемка на воздухе. Истинный интервал объекта может достигнуть чрезвычайно высоких численных значений в случае, если на переднем плане имеются темные предметы в тени. Если и снимаемое изображение попадают белые облака, то истинный интервал объекта нередко достигает значения 3,0.

Используемый интервал объекта находится в зависимости от рода объектива и от интенсивности воздушной дымки. Эти оба фактора сокращают используемый интервал объекта до значения 1,0—2,0, смотря по тому, освещен ли ландшафт солнцем или нет. Значение 1,7 может быть принято за среднюю величину используемого интервала объекта при ландшафтах с передним планом.

Субъективный интервал объекта, наоборот, всегда ограничен явлениями «ослепления», так как большая поверхность неба неблагоприятно действует на зрение. Если ландшафт не освещен солнцем и если в нем нет больших соприкасающихся темных поверхностей, то среднее значение субъективного интервала объекта будет, приблизительно, 1,0—1,5. Солнечное освещение повышает субъективный интервал объекта в зависимости от вре-

мени дня и года, приблизительно, на 0,2—0,6. Затененные темные поверхности производят дальнейшее повышение, приблизительно, на 1,5, так что значения доходят до 3,0 и повышаются дальше в случае появления на картине людей в белой одежде.

При съемке снежных видов используемый интервал объекта достигает очень высокого численного значения, тогда как субъективный интервал объекта вследствие «ослепления» довольно низок. В противоположность небу, где деталями [облака] в случае нужды можно пренебречь, при съемке снежных видов подробности на самых ярких местах как раз являются особенно важными.

Открытый ландшафт. Истинный интервал объекта, как и у всех крупных пространственных объектов, чрезвычайно велик.

Используемый интервал объекта, наоборот, вследствие воздушной дымки и недостаточного блеска объектива сильно ограничен и падает большею частью приблизительно до 1,0 в случае, если облака на небе считаются частью картины. Если нет надобности обращать внимание на облака, используемый интервал объекта падает до 0,5—0,7. Высшие значения получаются при съемке высоких горных хребтов.

Субъективный интервал объекта редко бывает ниже этих значений. Несмотря на то, что «ослепление» действует сильно ограничивающе, почти всегда достигается значение используемого интервала объекта.

Вышеприведенные числовые значения интервала объекта могут быть выражены графически.

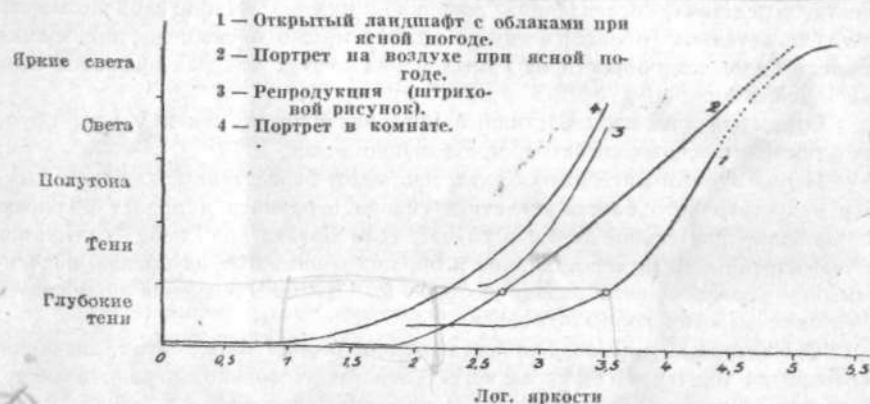
Представим себе, что на оси ординат распределена шкала зрительных впечатлений, вмещающая в себе все доступные глазу яркости, от самой незначительной до ослепляющей, при чем ступени отдельных яркостей будут равномерны. Таким образом, на оси ординат распределятся все различаемые глазом 660 ступеней яркости [см. стр. 16]. Эти ступени яркости, соответствующие порогам различаемости, можно объединить в более крупные группы, соответственно известным понятиям: глубокие тени, тени, средние тона, света, яркие света и ослепительные света. При этом предполагается, что глаз находится на месте фотографического объектива и рассматривает всю шкалу яркостей сразу, так что сообразно с этим распределение яркостей в этих группах соответствует сказанному на стр. 15.

По оси абсцисс наносятся действительные яркости, измеренные фотометрически. Тогда распределение яркостей в объекте можно выразить в виде кривой. Проекция этой кривой на ось абсцисс соответствует субъективному интервалу объекта, в то время, как проекция кривой на ось ординат измеряет действительный интервал яркостей. На кривых также можно обозначить размеры используемого интервала объекта. Нижний предел используемого интервала объекта устанавливается освещением, различаемым даже в самых густых тенях, большей частью происходящим от воздушной дымки и отраженного света. Верхний предел используемого интервала объекта ограничивается действительным интервалом объекта. Вне этих пределов де-

¹⁾ По частным данным проф. Лютера.

тали не воспринимаются. Маленькие кружки на различных кривых, фиг. 27, указывают приблизительную границу используемого интервала объекта.

Само собою понятно, что «кривая тонов» [как будет называться полученная описанным способом кривая] находится в полной зависимости от индивидуальных свойств объекта, от погоды и от конструкции объектива. В этом труде будут рассмотрены только некоторые наиболее типичные



Р и с. 27.

объекты из бесконечно разнообразных, встречающихся на практике. На рисунке 27 представлен используемый интервал объекта для случая применения трехлинзового несклеенного объектива [т.е. с шестью свободными поверхностями], обладающего специфическим блеском 1,5. Пунктирные части первой и второй кривых на рис. 27 обозначают, что в данном объекте не было яркостей соответственной величины.

В ландшафте [1] вообще не имеется глубоких теней. Поверх теней распространяется слой тумана и осветляет их так, что глаз совершенно не в состоянии воспринять самого глубокого черного тона. Тени и полутона хорошо выявлены, при чем тени занимают большую часть изображения. Самыми светлыми местами изображения являются облака на небе, яркость которых очень велика, что и воспринимается глазом. В этой кривой отсутствует переход от ярких светов к полутонам, из которых создается изображение леса и земли; это и изображено пунктиром на кривой 1. Большая светящаяся поверхность неба дает много отраженного света, так что используемый интервал объекта сравнительно мал. Маленький кружок, ограничивающий используемый интервал объекта, соответственно этому находится довольно высоко в теневом участке кривой; другими словами, снимок является в глубоких тенях лишенным деталей, которые глаз еще может хорошо различить. Кривая 2 изображает распределение света при портретной с'емке, здесь на объекте еще хорошо видны самые глубокие тени. Истин-

ный интервал объекта очень велик. В наиболее глубоких тенях детали, видимые сами по себе, сглаживаются вследствие «ослепления», происходящего от яркого освещения неба, что и выражается горизонтальной линией в наиболее глубоких тенях [слева]. Этот прямолинейный участок кривой показывает, что яркость падает без прибавления деталей и без усиления ощущения глубины теней. Ослепляющие света надо искать не в самом объекте, а в находящейся за ним поверхности неба. Шкала восприятий прерывается здесь так же, как на кривой 1 [пунктирная линия], так как имеются ослепляющие света, а следующие за ними вниз по шкале высокие света воспринимаются не полностью. Только средние света воспринимаются полностью и заключаются в самом объекте. Используемый интервал объекта ограничен, как и в примере 1, ослепляющими светами, которые получаются при отражении света в объективе на мехах камеры и перекрывают темные тени фотографического изображения. Кривая 3 изображает распределение света при репродукции рисунка, исполненного тушью. Здесь в восприятии отсутствуют ослепляющие света, а следующие за ними вниз по шкале высокие света воспринимаются глазом, но распределяются на очень малом интервале яркостей. Следовательно, глаз в этом случае воспринимает контрасты очень сильно. Истинный интервал объекта достигает здесь значения около 0,8; используется он неограниченно, так как в этом случае отсутствует воздушная дымка, и отражения света могут проявиться лишь в ограниченной степени. При портретной с'емке в комнате [кривая 4] истинный и используемый интервал объекта обыкновенно достигают очень высоких значений [в данном примере около 2,5]. Ослепляющие света здесь в ощущении совершенно отсутствуют, но имеются все остальные ступени яркости. Особенно большой участок кривой занимают глубокие тени, тогда как света выявляются в виде ярких светов. Такие объекты предъявляют большие требования к фотографическим пластинкам и бумаге.

Надо особенно подчеркнуть, что разобранные выше свойства выступают в полной мере при наблюдении действительно встречающихся в природе объектов. Только тогда, например, выступает на сцену явление «ослепления» в светах. Приведенные рисунки от 27а до 27d дают представление об объектах, о которых шла речь, но, конечно, не в состоянии передать их перечисленные свойства и интервалы яркостей.

Средний объект. Для уяснения свойств среднего объекта на большом количестве снимков [около 300 штук] были изучены шкалы яркостей, градации и интервалы яркостей объектов. На основе сделанных наблюдений были получены следующие выводы.

В качестве среднего объекта может рассматриваться объект в роде изображенного на рис. 28. Здесь нет освещенных солнцем белых поверхностей, которые сильно повысили бы значение субъективного интервала объекта. В этом объекте также отсутствуют особенно сильно затененные впадины, выемки, углубления и т. д., которые едва ли могли бы повысить субъективный интервал объекта [так как они являются только черными, лишенными



Рис. 27 а.



Рис. 27 б.



Рис. 27 в.



Рис. 27 д.

деталей поверхностями], но имели бы большое влияние на значение истинного интервала объекта. В избранном типичном снимке субъективный интервал объекта мало отличается от логарифма отношения альbedo самой светлой и самой темной поверхности, так как глубокие тени в главных частях объекта не имеют чересчур большого влияния на поверхностную яркость. Если не принимать во внимание неба, то можно считать, что субъективный интервал этого ландшафта достигает значения 1,2. Если же рассматривать небо, как часть изображения, то интервал повысился бы до 1,8. Воздушная



Р и с. 28.

дымка не имеет здесь значения, так как при незначительном расстоянии между объектом и камерой в ясную погоду видимость около 2,4 [смотри стр. 26], много выше среднего значения субъективного интервала объекта, которое, приблизительно, равно 1,5.

Требование, которое сообразно с этим нужно предъявлять фотографическому материалу при съемке среднего объекта, заключается в том, чтобы в копии были переданы в пределах установленного интервала в 1,5 все градации яркостей объекта в соответствии с действительностью. Для этого на последующем изображении должны появиться, как было указано на стр. 15, в наиболее светлых участках объекта детали в 5% [$D_t=0,02$], в полутонах детали — в 10% [$D_t=0,04$], в темных участках — в 25% [$D_t=0,1$]. В следующих главах будет показано, насколько эти требования практически выполнимы.

ЧАСТЬ 3 ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ СНИМОК

Глава 5. ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ КРИВАЯ И КРИВАЯ ДЕТАЛЕЙ

В конце предыдущей главы точно определяются требования, которым должен удовлетворять фотографический снимок: отношение яркостей 1:30 [$\lg 30=1,5$] должно быть передано в соответствии с оригиналом, и при этом в наиболее светлых участках должны быть различаемы детали в 5% [$D_t=0,02$], а в наиболее темных — в 25% [$D_t=0,1$]. Если эти требования выполнены, то обеспечена правильная передача впечатления, производимого на глаз средним объектом, не считая отступлений, о которых будет говориться ниже.

Нужно только разобрать, насколько эти условия выполнимы. Как известно, при всяких одноцветных фотографических съемках, между объектом и готовой копией существует промежуточная ступень — негатив, поэтому, прежде всего, нужно установить отношение между объектом и появляющимся при съемке этого объекта негативом. Прежде всего, условимся для практического удобства, что полученный негатив передает все имеющиеся в объекте различия яркостей [детали] в точном соответствии с природой, причем само собой понятно, что наибольшие яркости объекта будут соответствовать наибольшим почернениям негатива.

Получение шкалы яркостей. Для упрощения условий исследования за объект надо принять возможно длинный ряд равномерно следующих одна за другой яркостей. По закону Вебера-Фехнера [см. стр. 11] яркости, расположенные в логарифмической последовательности, кажутся глазу равномерно следующим друг за другом. Этот переход [градация] к тому же обладает тем большим преимуществом, что на коротком расстоянии может быть взято для опыта большое разнообразие яркостей. Поэтому, при сенситометрических исследованиях в качестве нормального объекта почти исключительно применяются яркости, нарастающие или убывающие в логарифмической последовательности. Построение таких рядов яркостей может производиться разнообразными способами. Самый употребительный способ — применение вращающегося диска с секторными прорезами, позади

которого помещается исследуемый светочувствительный материал. Подобные диски применялись в 1865 г. Махом [Mach]¹⁾, а в 1890 г. Хёртером и Дриффилдом²⁾ при их фундаментальных исследованиях о соотношении между экспозицией и происходящим от нее почернением. То же устройство было применено в 1894 г. Шейнером³⁾ при его исследованиях светочувствительности фотографических материалов.

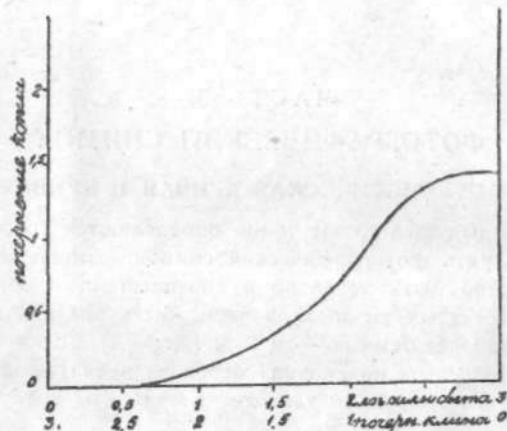


Рис. 29.

Можно также получить ряд закономерно изменяющихся экспозиций при помощи трубчатого фотометра, впервые примененного Тейлором [Taylor] в 1869 г.

Несколько лет тому назад автором⁴⁾ был описан способ устройства нейтрального серого клина [см. добавление 2] для сенситометрических и фотометрических целей. Этот прибор, с годами измененный и упрощенный, описан в добавлении 2 к настоящей книге.

Применение клина для получения ряда закономерно следующих одна за другой яркостей дает много преимуществ. Надо принять во внимание, что распределение яркостей в клине происходит таким образом, что в одном направлении прямоугольной системы координат яркость вообще не меняется, тогда как в другом направлении яркость изменяется в логарифмической последовательности. Если такой клин наложить на светочувстви-

тельную пластинку и осветить ее за этим клином, то на пластинке получится обратная направлению клина последовательность почернений. Если посредством соответствующего фотометра определить почернения на светочувствительном слое пластинки или бумаги, соответствующие отдельным участкам клина, и эти почернения¹⁾ нанести на оси ординат, а на оси абсцисс отложить соответственные почернения клина, то можно начертить кривую, выражающую зависимость между почернениями пластинки и освещением. По примеру Хёртера и Дриффилда такая кривая называется характеристической кривой. На рис. 29 дан пример такой кривой [целлоидиновая бумага]. Характеристическая кривая до сих пор была единственной и исключительной возможностью для изображения различных свойств фотографических материалов [пластинок, бумаги, проявителей], и, следовательно, она имеет огромное значение в научной фотографии. При применении обычных измерителей почернения [фотометров] построение характеристической кривой занимает много времени. В последние годы автором²⁾ был предложен аппарат для автоматического вычерчивания такой кривой. Усовершенствованная конструкция этого «Денсографа» описана в добавлении 3.

Передача деталей и характеристическая кривая. Для поставленной здесь задачи важно, прежде всего, установить связь между передачей деталей и формой кривой. На эту зависимость указывал Прехт³⁾ в 1903 г. Эта зависимость была подробно исследована автором⁴⁾ в 1911 году, при чем были установлены описанные в дальнейшем методы исследования. Несколько времени тому назад один из этих методов применен Хнатком [Hnatek] очевидно самостоятельно, так как источник происхождения не назван в его статье о передаче деталей фотографическими пластинками⁵⁾.

Не подлежит сомнению, что достоинство передачи деталей зависит от наклона характеристической кривой на данном участке. Напомним [глава I этого труда], что «деталь» измеряется соотношением двух рассматривае-

¹⁾ Под обозначением «почернение» в фотографии вообще понимается десятичный логарифм непрозрачности соответственных участков пластинки. Если интенсивность падающего света обозначить J_0 , интенсивность прошедшего света — J , то $T = \frac{J}{J_0}$ называется прозрачностью, обратная величина $O = \frac{J_0}{J}$ — непрозрачностью, а плотность (фотографическая) или почернение $D = \log_{10} O = \log \frac{J_0}{J}$. Она пропорциональна количеству выделившегося в данном месте серебра. *Прим. ред. пер.*

²⁾ Goldberg, Eder's Jahrb. 1910, стр. 226.

³⁾ Precht, Z. f. wiss. Photogr. 1, 267 (1903).

⁴⁾ Goldberg Z. f. wiss. Photogr. 9, 313 (1911).

⁵⁾ См. Zeitschr. f. wiss. Photogr. 16, 323 (1917).

¹⁾ Eder, Handb. d. Photogr. 1, 3, стр. 164.
²⁾ Hurter und Driffield, Journ. of Chem. Industry, May 1890. Подробная сводка классических работ Хёртера и Дриффилда появилась под названием: Photographic Researches of Hurter and Driffield, London, 1920.

³⁾ Scheiner, Z. f. Instrumentenk. 14, 201, 1894.

⁴⁾ Goldberg, Z. f. wiss. Photogr. 10, 238, 1911.

мых яркостей на каком-либо участке объекта [см. стр. 10]. Ясно, что каждая деталь яркости объекта соответствует разнице в почернении фотографического негатива. Так как за величину порога различаемости (глазом), т.е. для самой малейшей различаемой детали яркости требуется, чтобы яркости различались между собой при благоприятных условиях на 1% [в логарифмическом выражении $\Delta t = 0,004$], то на тех участках характеристической кривой, где деталь яркости объекта воспроизводится равноценной разницей почернения на негативе, все детали, видимые на объекте, будут видимы также и на снимке. Это означает, что все видимые объекты детали должны выявиться и на снимке (если предположить одинаково благоприятные условия рассматривания).

Если разница в почернениях, соответствующая едва видимой детали яркости объекта, менее чем 0,004, то на снимке исчезают тончайшие из видимых в объекте деталей, и все ступени яркостей сглаживаются. Изображение при этом делается более «вялым». Если же, например, разница почернений 0,004 [в принятых логарифмических единицах плотностей] соответствует разнице $\Delta t = 0,002$ в яркости данных участков объекта, то на снимке будут доступны глазу такие тонкости, которых он не может различить в объекте, потому что их числовая величина меньше $\Delta t = 0,004$ и не достигает величины порога различаемости. Полученное на фотографическом снимке увеличение или уменьшение степени видимости деталей можно изобразить посредством отношения $\frac{\Delta S}{\Delta \lg H}$ разницы почернений к соответствующим разностям логарифмов яркостей.

Предел этого отношения выражается производной $\frac{dS}{d \lg H}$ при чем, если она равна единице, то при одинаковых остальных условиях все имеющиеся в объекте подробности будут воспроизведены и на снимке и, следовательно, будут различаемы глазом. Если дробь больше или меньше единицы, то степень видимости деталей увеличится или уменьшится. Так как производная $\frac{dS}{d \lg H} = \operatorname{tg} \alpha = n$, где α обозначает угол характеристической кривой с осью абсцисс, а n — наклон кривой, то можно сказать, что достоинство передачи деталей пропорционально на данном участке наклону кривой. Этим устанавливается важная связь между формой кривой и достоинством передачи деталей.

Форма характеристической кривой при правильном воспроизведении оригинала. Из вышеприведенного вытекает, что фотографическая передача признается правильной тогда, когда характеристическая кривая негатива и позитива имеет форму прямой наклонной под углом в 45° по отношению к оси абсцисс, и, следовательно, имеет наклон $n = 1$ [$n = \operatorname{tg} 45^\circ = 1$]¹⁾. Тогда все видимые в объекте детали и оттенки [при одинаково благоприятных условиях рассматривания] будут видимы и на снимке.

¹⁾ Этот факт особенно подчеркивали Хёртер и Дриффильд.

Можно отступить от точного выполнения этого условия, если $\frac{dS_p}{d \lg H} = 1$, при чем S_p обозначает почернение на позитиве и H яркость соответствующего участка объекта.

Если мы обозначим наклон кривых позитива и негатива буквами n_p и n_N , а почернение негатива S_N , то между ними существуют следующие отношения:

$$\frac{dS_N}{d \lg H} = n_N; \quad \frac{dS_p}{dS_N} = n_p; \quad n_N \cdot n_p = \frac{dS_N}{d \lg H} \cdot \frac{dS_p}{dS_N} = \frac{dS_p}{d \lg H} = 1.$$

Правильная передача объекта, таким образом, достигается тогда, когда для каждого участка объекта выполняется условие $n_N \cdot n_p = 1$. Отсюда ясно, что если наклон характеристической кривой негатива в определенном месте имеет значение менее 1, то в позитиве этот наклон для того же места должен иметь значение большее 1, и наоборот.

В конце предыдущей главы были определены условия, которым должен удовлетворять нормальный снимок, а именно, что в пределах отношения яркостей в 1,5 все видимые глазом в объекте значительные подробности должны, в свою очередь, получаться на снимке. Если по отношению к негативному материалу принять условия, изложенные на стр. 61, то по отношению к позитивному материалу должно быть выполнено условие, чтобы характеристическая кривая имела наклон в 45° к оси абсцисс для почернений от 0 до 1,5.

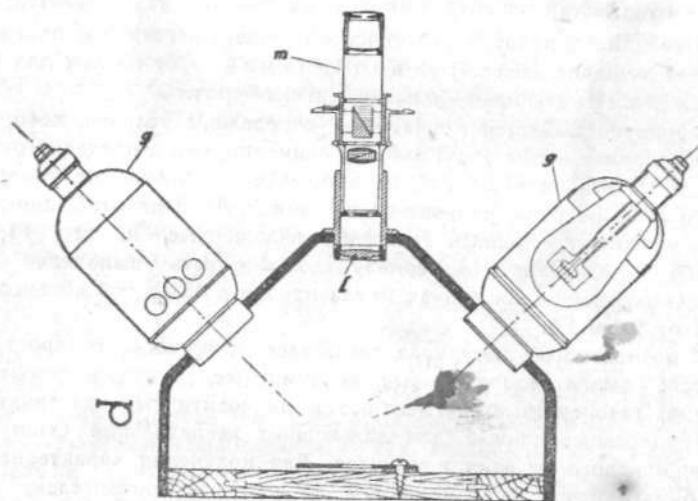
Из позитивного материала наиболее широким распространением пользуются: бумаги целлоидиновые, альбуминовые, хлоросеребряные, бромо-серебряные, газопечатные, пигментные и диапозитивные пластинки. Чтобы иметь определенные данные, для дальнейших исследований были сделаны испытания каждого из этих продуктов. Для получения характеристических кривых бумаги печатались за клином, проявлялись проявителем, рекомендованным фабрикой для каждого сорта, и копии клина фотометрировались. Для контроля времени проявления на испытуемом куске бумаги рядом с клином печатался ландшафтный негатив, затем весь кусок проявлялся столько времени, сколько требовалось для полного проявления изображения ландшафта. Измерение почернения бумаги и построение характеристической кривой прежде сопровождалось некоторыми затруднениями. В добавлении к описан самопишущий фотометр, который устраняет эти затруднения, как в случае негативов, так и в случае отпечатков на бумаге.

Измерение почернения бумаги. Обыкновенные измерители почернения (фотометры) приспособлены для фотометрирования прозрачных слоев, а именно: негативов и диапозитивов. Несколько лет тому назад Кизер¹⁾ описал способ применения Мартеновского фотометра, годного также и для бумаги. Ниже следует описание подобного устройства, которое отличается от Кизе-

¹⁾ Kieser, Eder's Jahrbuch 27, 105, 1913.

ровского лишь в том, что в нем применяется только одна линза для изображения измеряемых участков бумаги, и само изображение проектируется не на нижнем отверстии фотометрической головки, а в поле зрения окуляра, т.е. на бипризме. Это устройство имеет то преимущество, что дает возможность подвергать измерению малые участки изображения и, кроме того, предназначенный к измерению участок копии клина резко вырисовывается в поле зрения и легко устанавливается.

В трубке [рис. 30] укрепляется головка Мартенсовского фотометра *m*. В двух жестяных кожухах *gg* находится по матовой лампе накаливания в сто свечей каждая. Эти лампы освещают лежащую на нижней поверхности аппарата испытуемую полоску под углом в 45° . При помощи линзы *L* в



Р и с. 30.

поле зрения фотометра отражаются изображения пробной полоски и, для сравнения, неподвергнутого экспозиции отфиксированного куса бумаги того же сорта. Почернение пробной полоски отсчитывается, как обыкновенно, по шкале фотометрической головки. На нижней внутренней поверхности аппарата, кроме того, пристраивается миллиметровая шкала, чтобы можно было отсчитывать попадающий на измерение участок пробной полоски. Новая модель денсографа дает возможность быстро и легко получать кривые почернения бумаг разных сортов.

Характеристическая кривая позитива. Изображенные на рис. 31 характеристические кривые различных позитивных материалов показывают, что ни один из избранных нами образцов, довольно типичных, не удовлетворяет вышеприведенным условиям. Единственный способ копировки, дающий характеристическую кривую, приближающуюся к прямой линии, это—пигмент-

ный способ. Но и здесь не выполнено условие наклона линии под углом в 45° к оси абсцисс. Меньший наклон кривой означает, что при употреблении пигментного способа имеющиеся в наличии в объекте контрасты ослабляются на позитиве. Все остальные способы печатания показывают в данных примерах кривую, которая в своей средней части имеет наклон к оси абсцисс под углом от 30° — 65° , тогда как в верхних и ниж-



Р и с. 31.

них участках наклон кривых постепенно падает, приближаясь к 0° . Это означает, что в средней части кривой светотени передаются в довольно близком соответствии с оригиналом, пока дело касается дневных бумаг, тогда как газопечатная бумага [газлизхт] повышает контрасты. В верхней и в нижней части кривой [соответствующих светам и теням] достоинство передачи оттенков понижается и вместе с тем передача деталей падает до 0, при чем почернения в 1,5 вообще не достигается. Отсюда следует, что приведенные в начале этой главы требования практически не могут быть достигнуты; остается только исследовать, насколько можно ограничить требования в смысле правильности передачи деталей без значительного ущерба для качества снимка.

Требования при фотографической передаче деталей. Необходимо принять во внимание, что снимок признается хорошим не тогда, когда он передает оригинал таким, каким он представлялся глазу в момент с'емки, но в том случае, когда распределение света и теней можно признать приятным [гармоничным]. Так как задачей данных исследований является числовое выражение условий, которые должны исполняться при получении фотографического изображения, то, прежде всего, надо точно установить, какие качества должны быть присущи снимку, признаваемому хорошим. Этого нельзя установить на основании исследова-

ния отдельных изображений, так как распределение света и теней находится в чрезвычайно большой зависимости от рода объекта. На основании изучения несколько сотен по возможности разнообразных снимков была сделана попытка установить, при каких обстоятельствах изображение может считаться хорошим и при каких плохим. Чтобы эти выводы не носили субъективного характера, к оценке были привлечены кроме автора еще многие другие лица.

На основании этого длинного ряда статистических данных может быть установлено следующее основное положение. Белые, лишенные деталей места, занимающие угол зрения более чем в полградуса, чрезвычайно сильно ухудшают общее впечатление от снимка. Психологически это объясняется тем, что отсутствие деталей при рассматривании в натуре объясняется «ослеплением», в то время, как при рассматривании снимка при среднем освещении не может иметь места ослепление, как таковое. Эта невязка между физиологическим действием и психологическим восприятием производит всегда неприятное впечатление. Если же подробности в наиболее светлых участках фотографического изображения объекта хорошо проработаны и не преувеличены, то они производят всегда приятное впечатление.

Единственной белой поверхностью, которая, даже лишенная деталей, не портит заметно впечатления от изображения, является небо. Это исключение объясняется тем, что вполне привычно видеть в натуре безоблачное [следовательно, лишенное деталей] небо. Но все же впечатление от снимка сильно улучшается при последующем впечатывании на снимок облаков. Сравнительно большие темные поверхности в изображении, если они не являются преобладающими, вообще говоря, не портят впечатления, так как человек привык к недостатку деталей в затененных участках предметов. Всякий мастер с художественным чутьем, даже не будучи знаком с этим законом эстетики, тем не менее руководствуется им. Например, в картинах написанных масляными красками, никогда не встретишь больших белых поверхностей без деталей, тогда как темные участки занимают в них порой большие пространства [например, картины Рембрандта]. Итак, задача фотографии заключается не в передаче возможно большого истинного интервала яркостей объекта [от наиболее светлых частей до самой нижней ступени восприимчивости, определяемой имеющимся налицо освещением см. гл. 4]; она скорее заключается в передаче возможно большей части субъективного интервала яркостей объекта, при чем на наиболее светлые места должно быть обращено главное внимание, в особенности если они занимают большую часть поверхности изображения. При непосредственном рассматривании ландшафта все теневые места должны быть особенно богаты деталями, чтобы возбуждать приятное впечатление, а света могут быть однородными, что не всегда производит неприятное впечатление. При рассматривании же фотоснимка дело происходит иначе: в этом случае надо, главным образом, передать насколько возможно полно

детали в ярких светах, даже в ущерб деталям в тенях. К этому главному требованию надо еще прибавить необходимость определенного распределения полутонов, так сказать, перехода от света к тени. Снимок, представляющий светлые участки, богатые деталями, на ряду с большими темными поверхностями, удовлетворителен только тогда, когда между яркими светами и тенями осуществляется переход через полутона. Отсутствие полутонов имеет место в недодержанных изображениях, и эти изображения называются обычно «жесткими». Особенно часто получаются такие снимки при фотографировании внутри помещений. Только на photographиях, которые должны производить впечатление освещения лунным сиянием, допускается, чтобы наиболее светлые, богатые деталями, места выступали рядом с совершенно темными лишенными деталей тенями, так как это впечатление от снимка соответствует действительно лунному освещению.

Кривая передачи деталей. Нами указано было ранее ¹⁾, что для изучения передачи деталей особенно целесообразно пользоваться вместо характеристической кривой ее первой производной. Производная кривая представляет зависимость наклона характеристической кривой от взятых освещений. На оси абсцисс наносятся логарифмы экспозиций, на оси ординат—со-

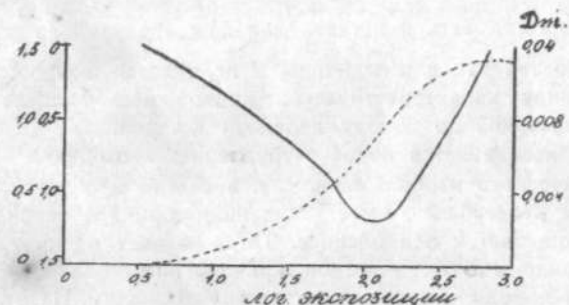


Рис. 32.

ответствующие касательные характеристической кривой, которые одновременно нужно рассматривать как выражения для наклона отдельных участков кривой, а также графическое воспроизведение передачи деталей, так как установлено, что при наклоне $n=1$, при остальных одинаково благоприятных условиях рассматривания, все имеющиеся налицо в объекте подробности, воспринимаемые глазом, также должны быть и на отпечатке. С другой стороны, известно, что порог различаемости глазом равен 1% яркости объекта [$Dt=0,004$, см. стр. 12]. Таким образом, можно около шкалы наклонов построить еще другую шкалу, по которой можно будет установить, какая будет передача деталей. На рис. 32 изображена производная кривая рядом

¹⁾ Z. f. wiss. Photogr. 9, 313 (1911),

Глава 6. СЕНСИТОМЕТРИЯ ПОЗИТИВА

При помощи описанного деталиметра был проведен длинный ряд опытов, касающихся передачи деталей различными сортами бумаги и пластинок.

Первой задачей была попытка выработать условия, которым должна удовлетворять кривая деталей отпечатка на бумаге, когда желают достигнуть соответствующего нормальным требованиям изображения объекта. С этой целью был сделан ряд отпечатков на бумаге подходящего для каждого негатива сорта, при различных условиях воспроизведения (при различной экспозиции и различном времени проявления). На оставленном свободном поле отпечатка печатался одновременно и деталиметр, что давало возможность строить кривую деталей по изготовлении отпечатка [рис. 38]. Из большого количества полученных таким образом копий были вы-

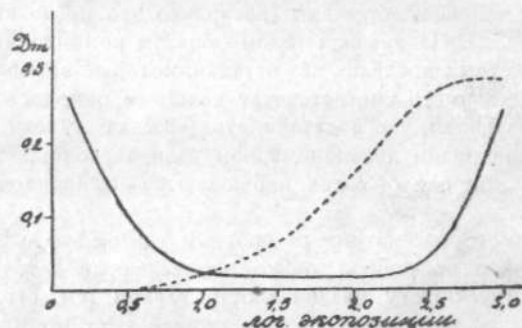


Рис. 38.

браны передающие наилучшим образом негатив, а вместе с тем и снятый объект. Благодаря этому, было возможно определить, каким условиям должна удовлетворять кривая деталей светочувствительной бумаги.

Результаты этой кропотливой работы [таким способом было исследовано более 200 отпечатков] можно формулировать следующим образом:

Требования для передачи деталей в светах. Как было указано, детали особенно важны в наиболее светлых частях объекта¹⁾. Поэтому они и должны быть переданы в изображении насколько возможно полно. Кривые на рис. 31 показывают, что это условие в некоторой степени выполняется только при печатании на пигментной бумаге. При всех других бумагах для выполнения этого условия надо достигнуть почернений, по крайней мере, равных 0,2. Это, однако, обозначает, что чисто белых участков на отпечатках вообще не бывает и что «света» подернуты вуалью. При работе на бумаге такого сорта надо стараться совместить до-

¹⁾ Как было указано на стр. 53, нужно считать, что негатив правильно передает все яркости объекта.

статочную передачу деталей с чистотой белых участков. На основании статистического материала доказано, что вообще достаточно, если на наиболее светлых участках изображения передаются детали в 10% [$Dt=0,04$]¹⁾. В той точке кривой, где такая передача деталей гарантирована, начинается отрезок кривой, применимый на практике. Соответствующее этой точке количество света есть мера светочувствительности G бумаг. Почернение изображения в этой точке не должно превышать значения 0,1, иначе яркие света изображения будут завуалированы. Если почернение превысит это значение, то невозможно получить ярких светов чистыми, не поступившись воспроизведением деталей в светлых участках. Практически используемый участок кривой займет тогда такое место, которое показывает более незначительную передачу деталей, чем желательная величина $Dt=0,04$.

Требования для передачи деталей в тенях. Как было сказано в предыдущих главах, не все детали, видимые в глубоких тенях объекта, должны быть обязательно видимыми на снимке. Следовательно, здесь можно было бы удовлетвориться деталями даже меньшими, чем в 50% [$Dt=0,2$] [см. стр. 45]. По причинам, которые будут изложены дальше и находятся в связи с качеством негативов, не следует предъявлять к позитивным материалам чрезвычайно строгих требований.

Произведенные по этому поводу опыты показали, что отпечаток вполне удовлетворителен, если он еще передает в глубоких тенях детали в 25% [$Dt=0,1$]. В этом случае, как и в предыдущих опытах, применялся деталиметр, копия с которого печаталась рядом с изучаемым изображением. Эти опыты привели к заключению, что вовсе не нужно стремиться к получению максимальных почернений, которые могут быть достигнуты на бумаге данного сорта, и что можно считать почернение в 0,9 в большинстве случаев подходящим для передачи глубоких теней.

Причину этого факта, ранее не отмеченного в сенситометрии, несмотря на его важность, нужно искать в том, что маленькие поверхности с почернением в 0,9 [особенно если они находятся рядом со светлыми участками] человеческим глазом воспринимаются уже, как черные [см. в табл. 1, стр. 19, величины альбедо для черной бумаги]. Многочисленные опыты показали, что в практической фотографии величина почернения в 0,9 превышает только в исключительных случаях. Более высокие плотности имеют второстепенное значение в образовании позитивного фотографического изображения.

Суммируя все изложенное, можно сказать, что в наиболее светлых участках отпечатка должны передаваться детали объекта величиной в $Dt=0,04$, в тенях — величиной в $Dt=0,1$ и что при этом почернение глубокайших теней должно достигать величины, по крайней мере, в 0,9.

Мера градации. Интервал позитивного материала. Разница между логарифмами освещений, соответствующих используемым границам светов и

¹⁾ Хотя минимальная деталь [стр. 15] принимается в 5%, здесь приходится для увязки принять большее численное значение.

тений характеристической кривой, определяет интервал [Kopierumfang] данного позитивного материала, т.е. его «жесткость» или «мягкость».

В таблице 7 [стр. 75] даны некоторые числовые значения для употребительнейших типов позитивной бумаги. Эти числа являются средними, так как качество бумаги, появляющейся в продаже, очень разнородно даже для фабрикатов того же сорта. Было бы очень важно достигнуть соглашения между фабрикатами, например, чтобы бумаги с интервалом 1,0—1,3 обозначались как «нормальные», бумаги же с меньшим или большим интервалом—как «жесткие» или «мягкие».

Глубокие тени. Уже было установлено, что глубокие тени удовлетворительного изображения должны иметь почернение, примерно, 0,9. Все же изображение много выигрывает, если есть возможность достигнуть наибольших почернений без того, чтобы характеристическая кривая заметно уменьшила свой наклон. На рис. 34 изображены две кривые, которые в нижней и средней частях совпадают. Участок кривой, используемый для образования фотографического изображения, начинается с точки 0,8 по оси абсцисс, так как, начиная с этой точки, можно различать детали по меньшей мере $D_t = 0,04$. Кривая 2 в верхней своей части быстро делается пологой; при почернении = 1,0 она почти параллельна оси абсцисс. Эта кривая, однако, удовлет-

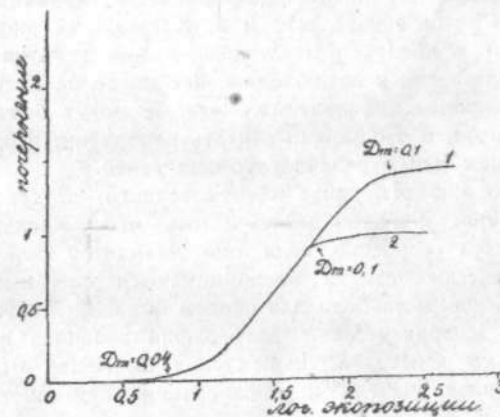


Рис. 34.

воряет вышеизложенным условиям, так как при почернении = 0,9 еще передаются нужные детали [$D_t = 0,1$]. Кривая 1 продолжает подниматься и достигает своего максимума при почернении 1,4, после чего она делается пологой. Оба сорта бумаги обладают одинаковой чувствительностью [$G = 0,8$] и градацией [интервал = $1,7 - 0,8 = 0,9$]. Однако, бумага № 2 может употребляться только для негативов, в которых разница в почернениях между светами и тенями = 0,9. Бумага № 1, наоборот, может давать еще

приемлемые отпечатки, когда интервал негатива [разница почернений негатива в светах и тенях] достигает 1,5 [см. след. главу], потому что только при освещении [логарифм экспозиции] в 2,3 глубокие тени начинают утрачивать детали. Как уже указывалось выше, характеристическая кривая сама по себе не дает возможности делать такие заключения; необходимо, кроме того, произвести испытание посредством деталиметра. Численные значения, полученные этим способом, указаны в соответствующих точках кривых на рис. 34.

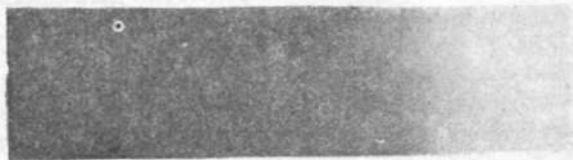
Приспособляемость позитивного материала. Шкала освещений, которая может быть применена для воспроизведения изображений на бумаге 1, таким образом значительно больше ее интервала, установленного в вышеприведенном изложении. Шкала достигает 1,5 в то время, как интервал равен только 0,9. Разница между этими двумя величинами дает меру приспособляемости [Anpassungsfähigkeit] позитивного материала. Это новое понятие определяет, в каких пределах известная бумага может быть употребляема для негативов различной жесткости и мягкости с тем, чтобы при этом получились приемлемые отпечатки. В таблице 7 приведены примеры интервалов позитивного материала и значения приспособляемости разных сортов бумаги. Эти значения не являются постоянными, т. к. часто сорта бумаги, находящиеся в продаже под одним названием, не одинаковы.

Таблица 7
Интервал и приспособляемость различных сортов бумаги

Бумаги	Интервал	Приспособляемость
Пигментная черная	2,2	0,8
Матовая альбуминная, платиновая	1,7	0,5
Целлоидиновая глянцевая	1,2	0,7
» матовая	1,3	0,5
Бромосеребряная матовая	1,5	0,4
» полуматовая	1,4	0,4
Газопечатная мягкороботавшая полуматовая	1,3	0,8
» нормальная глянцевая	0,9	0,4
» жесткая глянцевая	0,7	0,4

Форма кривой и свойства бумаги. Полученное по описанному способу значение интервала является мерой ~~дан~~ средней градации изображения. Но вполне возможно, что бумаги, имеющие одинаковые значения интервала, могут иметь в различных участках характеристической кривой совершенно различную градацию. На рис. 39

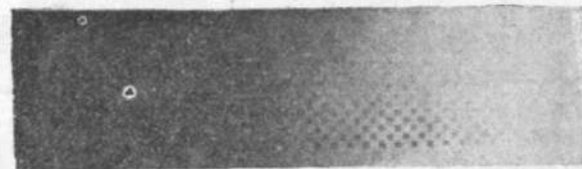
изображены три кривых, из которых кривая 1 показывает преувеличенную передачу деталей на светлых участках, тогда как темные участки почти лишены деталей. Кривая 3 показывает обратный случай, в светах имеется недостаток деталей, на темных же участках детали пере-



Р и с. 35.



Р и с. 36.



Р и с. 37.

даны хорошо. Наконец, кривая 2 передает полутона одинаково хорошо как в светах, так и в тенях. Бумага 1 передала бы света очень жесткими, а тени слишком черными, как сажа, тогда как бумага 3 передала бы света белыми, как мел, а тени хорошо проработанными.

В общем можно сказать, что кривая, которая пересекает кривую 2 в прямолинейном участке [между точками, определяющими ее интервал], как это имеет место при кривой 1, относится к бумаге более жесткой, нежели бумага с кривой типа 2. Кривая же типа 3, совпадающая с кривой 2 только в крайних участках, соответствует более мягкой бумаге.

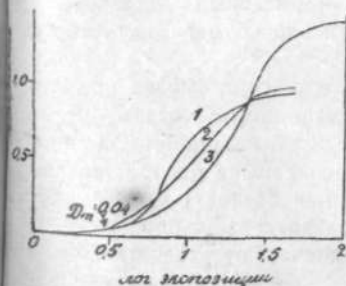
Глава 7. СЕНСИТОМЕТРИЯ НЕГАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

До сих пор предполагалось, что промежуточная ступень между объектом с'емки и позитивным фотографическим изображением, т.е. негатив, передает точно все яркости, имеющиеся в объекте. На деле это — не так. Так же, как свойства фотографической бумаги могут быть определены характеристической кривой и кривой деталей, этими двумя кривыми можно выразить свойства негативного светочувствительного материала.

Форма характеристической кривой негативного материала в большинстве случаев та же, что и для бумаг, однако, надо отметить, что для больших почернений не приходится считаться с отраженным от поверхности светом, так как негативы употребляются в проходящем свете и почернения определяются цветом и количеством восстановленного во время проявления серебра. Количество восстановленного серебра при увеличении времени экспозиции повышается сначала сильно, затем повышение все более и более замедляется. По достижении определенной экспозиции [в зависимости от свойств данного светочувствительного материала] количество восстановленного серебра начинает уменьшаться. Это явление, известное под названием «соляризации», обычно наступает только при чрезвычайно больших экспозициях. Типичная форма характеристической кривой указана на рис. 40.

В зависимости от сорта пластинок [негативного материала] и способа проявления, получаются разнообразнейшие отклонения. Как и в случае получения изображения на бумаге, надо разобрать условия, при которых можно получить нормальный фотографический негатив.

Границы практически используемого отреза характеристической кривой у негатива. В прошлой главе установлено, что на позитиве должны быть различаемы детали в 0,1 в тенях изображения. Из этого вытекает, что



Р и с. 39.



Р и с. 38.

практически можно пренебречь всеми почернениями негатива, значения которых не превосходят значения почернения вуали на 0,1, т.е. почернениями тех участков негатива, на которые не подействовал свет от объекта. Вуаль может происходить от свойств эмульсии, от метода фабрикация ее, от плохого освещения лаборатории и, следовательно, не находится в зависимости от обстоятельств при съемке [рефлекса от линз объектива, мехов камеры, тумана и т. д.].

Интервал негатива. Точка на характеристической кривой, соответствующая почернению большему, чем почернение вуали, на величину 0,1, определяет нижнюю границу практически используемой области кривой [см. стр. 83]. Верхняя граница зависит от рассмотренных в предыдущей главе свойств фо-

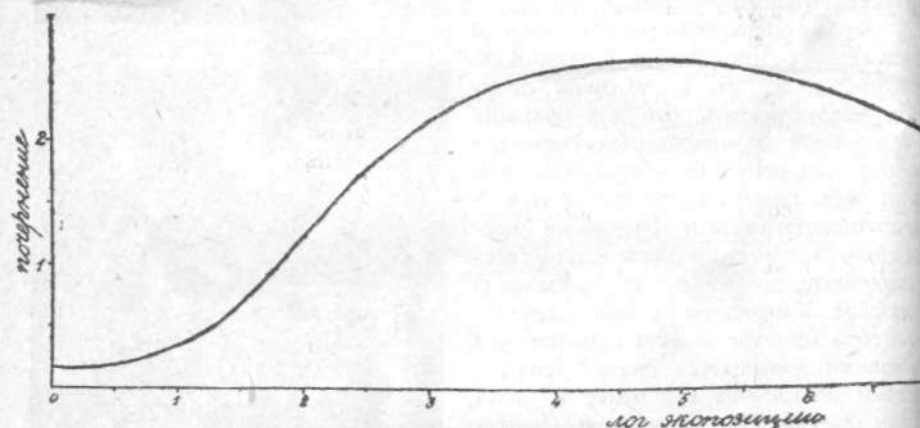


Рис. 40.

тографической бумаги, и в частности, от свойственного данной бумаге интервала, который служит мерой интервала яркостей, выявляемого бумагой. Значение интервала бумаги указывает разницу почернений негатива, способного дать приемлемый отпечаток на выбранном сорте бумаги. Эту разницу мы назовем интервалом негатива [Negativumfang].

Таким образом видно, что выражение «нормальный негатив» не имеет никакого значения, пока точно не определен сорт бумаги, на которой предполагается печатать данный негатив.

Нормальный негатив. Итак, нужно какой-нибудь сорт бумаги принять за «нормальную бумагу» и, пользуясь ее градационным числом, найти интервал «нормального негатива». Какая бумага может быть принята за «нормальную», точно определить весьма трудно. Наиболее ныне распространена в Германии хлоробромосеребряная [газопечатная или газлихт] бумага. Любители часто применяют также целлоидиновую; фотографы-профессионалы — матовую альбуминную бумагу. Любители предпочитают отпечатки более жесткие, профессионалы более мягкие. Следовательно, выбор «нормальной

бумаги» остается вопросом личной оценки. Если остановиться на среднем значении для интервала бумаги в 1,2, принимая во внимание, что значение подойдет к наиболее распространенным на практике бумагам, как целлоидиновая и мягко работающие сорта хлоробромосеребряной бумаги [газ-лихт]¹⁾, то это условие позволит нам определить верхнюю точку характеристической кривой «нормального негатива». Эта точка будет соответствовать почернению 1,3 [интервал бумаги 1,2 + значение вуали 0,1].

Этим одновременно устанавливается, что в нормальном [хорошем] негативе разница между наиболее светлыми и наиболее темными участками [между яркими светами и глубокими тенями], должна составлять, приблизительно, 1,3 единиц почернения [см. рис. 41 стр. 80]. Чтобы проверить это предположение другим чисто эмпирическим путем, ряду опытных фотографов было предложено большое количество самых разнородных негативов с просьбой беспристрастно выбрать из них «нормальные», по их мнению, негативы, а остальные подразделить на «вялые», «мягкие» и «жесткие». Затем негативы были промерены при помощи фотометра в самых светлых частях, еще выявляющих детали, и в самых темных участках. При этом ландшафтах небо не принималось во внимание, так как опыт учит, что вследствие особых обстоятельств при ландшафтных снимках небо на негативах обычно так сильно затянато, что детали облаков не выходят на отпечатке. Результаты таких статистических исследований, более чем 600 негативов, приведены в нижеследующей таблице.

Таблица 8

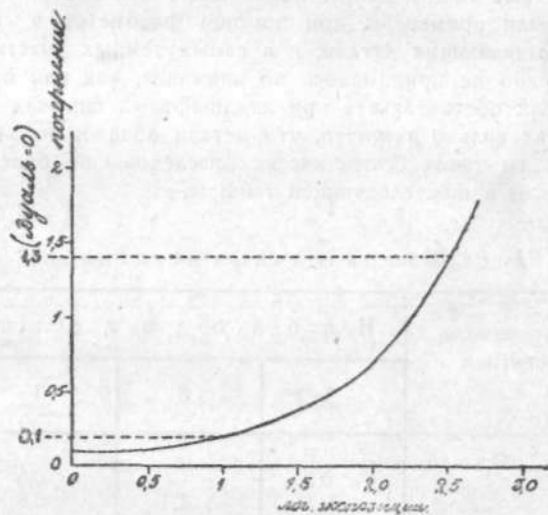
Интервал различных негативов

Характер негатива	Наблюдатель			Среднее значение
	1	2	3	
Вялый	< 0,7	—	< 0,6	< 0,65
Мягкий	0,8	1,1	0,8	0,9
Нормальный	1,1	1,2	1,2	1,2
Контрастный	1,35	1,25	1,5	1,4
Жесткий	> 1,6	> 1,7	—	> 1,65

Полученное статистическим путем значение интервала для «нормального» негатива вполне совпадает со значением 1,2, полученным путем теоретического расчета, и подтверждает приведенные в предыдущей главе соображения насчет градации фотографической бумаги.

¹⁾ Разумеется, данные автора о распространенности бумаг устарели; сейчас наиболее распространенной является бромосеребряная бумага, средний интервал которой может быть принят за 1,4. Прим. ред.

Отклонения кривой почернения от прямолинейного хода. Отрезок характеристической кривой, лежащий между обеими установленными величинами почернения, 0,1 и 1,3 [выше вуали], может иметь самую разнообразную форму в зависимости от рода эмульсии и от дальнейшей обработки пластинки. Так же, как в случае изображения на бумаге, передача яркости объекта негативной эмульсией зависит от наклона характеристической кривой, так что все выведенные в главе 5 формулы, применимы и для фотографических негативов. Было отмечено, что правильное воспроизведение объекта получается, когда выполнено условие $n_N \cdot n_p = 1$ (см. стр. 69), где n_N обозначает наклон характеристической кривой негатива, а n_p — наклон характеристической кривой позитива, иными словами, передача оттенков объекта на позитиве зависит одинаково как от свойств позитивного, так и негативного материала. Прочие, приведенные в предыдущей главе соображения о значении прямолиней-



Р и с. 41.

ного хода кривой для правильной передачи подробностей как в светах, так и в тенях, сохраняют то же значение и для негативного материала.

Преимущества кривых почернения выпуклой формы. Поскольку дело касается определения наиболее подходящей для практических фотографических надобностей формы характеристической кривой негативного материала, прежде всего надо считаться с теми изменениями, которые произойдут при переходе негативного изображения в позитивное. В главе 5 было установлено, что для художественности передачи сюжета большое значение имеют детали в светах, отсутствие же деталей в

тенях не особенно вредит впечатлению ¹⁾. В тех случаях, когда негатив не может точно воспроизвести интервал яркостей сюжета, света выигрывают, если в характеристической кривой наклон в участках сильных почернений круче, нежели в участке слабых почернений. Такая кривая, конечно, отклоняется от прямой линии и принимает выпуклую форму по отношению к оси абсцисс [рис. 41].

Как общее правило, наклон характеристической кривой пластинки должен увеличиваться, начиная от нижней точки практически используемого участка. Однако, на практике это правило приложимо только до известной экспозиции, так как все негативные эмульсии обладают свойством соляризоваться при больших экспозициях и искажают ход кривой, уменьшая ее наклон. При с'емке объектов с большими контрастами [например, портреты, внутренность помещений, снежные ландшафты] удлинение прямолинейного участка кривой негативного материала играет большую роль, и в этих случаях заслуживают предпочтения те пластинки, которые менее всего склонны к соляризации. Выражение «хорошо проработанные, яркие света», излюбленное фотографами-практиками, в переводе на научный язык характеризует кривую почернения, которая не изменяет своего наклона и при больших экспозициях. Пластины, обладающие и при сильных почернениях не спадающей кривой, в особенности выгодны по той причине, что их кривая, в большинстве случаев, даже при кратковременном проявлении, удерживает правильную, т.-е. стремящуюся вверх форму [см. след. главу].

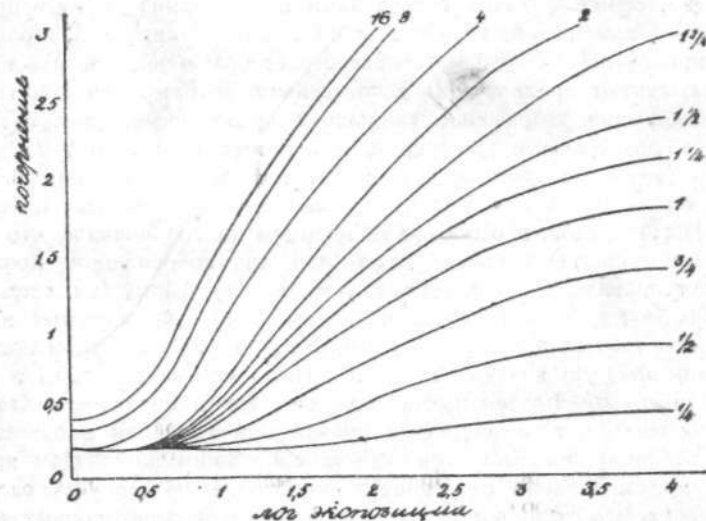
Попадают и такие эмульсии, которые при продолжительном проявлении имеют очень крутую кривую и, наоборот, при коротком проявлении дают очень пологую кривую. Такие пластинки весьма неудобны в практическом применении. Крутая кривая при длительном проявлении дает очень жесткие отпечатки, пологая форма кривой при коротком проявлении поглощает все подробности светов объекта с большим интервалом яркостей. Поэтому при испытании пластинки недостаточно подвергнуть ее одному проявлению, а необходимо построить от трех до четырех кривых для различного времени проявления и по ним вывести заключение о том, как пластинка передает большие интервалы яркостей.

Глава 8. ФОРМА КРИВОЙ ПОЧЕРНЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТЕЙ В ОБЪЕКТЕ

После изучения распределения яркостей в объекте, свойств негатива и позитива, а также соотношений между негативом и позитивом, надо изучить соотношения, существующие между объектом и негативом, кото-

¹⁾ Можно, однако, улучшить передачу деталей в тенях, выбирая для печатания фотографическую бумагу с большим контрастом в тенях. В качестве минимального требования при передаче деталей в тенях была установлена величина $Dt = 0,1$ [см. стр. 74], хотя можно удовлетвориться и меньшей передачей деталей в тенях [глава 1, стр. 15].

рый этот объект воспроизводит. Это будет последним звеном в цепи «Объект — негатив — позитивное изображение». Зависимость эта выражается кривой почернения негатива и особенно ее наклоном. Остается только разобрать, каким образом характеристическая кривая может быть припоровлена, с одной стороны, к фотометрическим свойствам объекта, и с другой — к установленным в предыдущей главе условиям. Эта возможность приспособления обуславливается тем, что форма кривой почернения изменяется при увеличении времени проявления и притом всегда так, что на всех участках кривой возрастает ее наклон, хотя и неравномерно. Кроме того, кривая зависит для данного сорта пластинок еще и от употребляемого



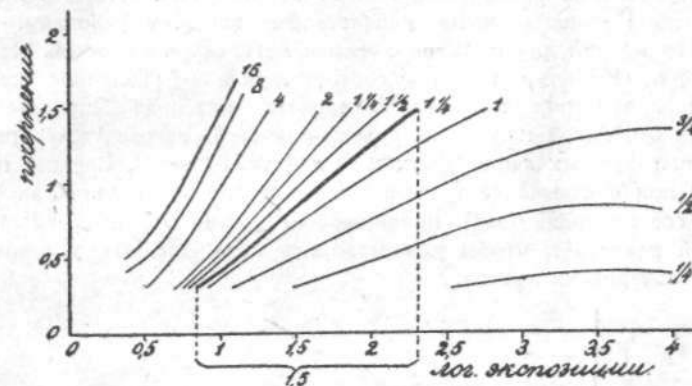
Р и с. 42.

состава проявителя. Поэтому для каждого сорта пластинок и для каждого проявителя может быть получен ряд кривых почернения, и из них должна быть выбрана одна, подходящая для данного случая. В качестве примера на рис. 42 изображен такой ряд кривых для нормальной эмульсии, часто употребляемой любителями для съемки ландшафтов. Проявление производилось метоло-гидрохинонным проявителем по рецепту Агфа, возле каждой кривой, сверху, помечено время проявления в минутах. Так как для «нормального» негатива имеет значение только область между почернениями 0,1 и 1,3 [за вычетом вуали], то на рис. 43 выделена эта область.

Каждая характеристическая кривая негатива по оси абсцисс воспроизводит яркости фотографируемого объекта. Таким образом, достаточно разграничить шкалу имеющихся в объекте яркостей и провести ординаты,

соответствующие наиболее светлым и наиболее темным участкам объекта, чтобы из семейства кривых почернения выделить одну, которая являлась бы единственной, удовлетворяющей всем условиям, предъявляемым негативу.

Итак, надо признать, что для каждого объекта больше всего подходит какая-либо одна кривая, т.е., другими словами, продолжительность проявления должна быть связана с особенностями объекта.



Р и с. 43.

Кривая почернения нормального объекта. В первой части этой работы была сделана попытка из бесконечного разнообразия объектов выбрать такие, которые можно было бы признать типичными для определенного класса снимков. При этом было установлено, что в качестве «нормального объекта» при любительских снимках нужно рассматривать объект с интервалом яркости в 1,5 [см. стр. 61]. Если выбрать из семейства кривых рис. 42 одну кривую, которая подходила бы к интервалу 1,5, и если определить количество света, потребное для получения минимального почернения в 0,1, то логарифм этого количества даст меру светочувствительности пластинок данного сорта [см. рис. 43]. Так как определение столь малых почернений, как 0,1, на практике бывает часто сопряжено с затруднениями, то можно, не совершая большой погрешности, взять другую точку кривой для определения светочувствительности пластины, а именно то место, где деталь объекта в 6% [$D_T = 0,025$] достаточно отчетливо передается на негативе. Эта точка почти во всех употребительных сортах пластинок соответствует искомому почернению [0,1] и имеет то преимущество, что она может быть получена при помощи деталиметра помимо характеристической кривой. Если все же предпочитают построить характеристическую кривую, то за основную точку таковой можно

принять тот участок кривой, в котором она имеет наклон к оси абсцисс в $7,5^\circ$ ¹⁾.

Приспособление кривой почернения к объекту с ненормальным интервалом яркостей. Для каждой фотографической пластинки может быть найдена кривая, подходящая к нормальному объекту, при выполнении всех нужных условий. Иначе дело обстоит с объектами с очень малым или с очень большим интервалом яркостей. В этих случаях количество кривых, полученных при различных условиях проявления, иногда недостаточно, чтобы можно было сделать выбор кривой, вполне удовлетворяющей всем условиям.

Выбор кривой для объектов с малым интервалом яркостей. На рис. 44 представлено семейство кривых, соответствующих различной продолжительности проявления негатива с сюжета, интервал яркостей которого равен 0,6. Такой малый интервал яркостей встречается при аэро-съемке, при открытых ландшафтах и т. д. [стр. 54 и 55]. Следует признать, что даже при чрезвычайно продолжительном проявлении в 16 минут [нормальный состав проявителя], причиняющем весьма большую вуаль, наклона кривой не хватает, чтобы удовлетворить предъявленным условиям относительно почернения светов.

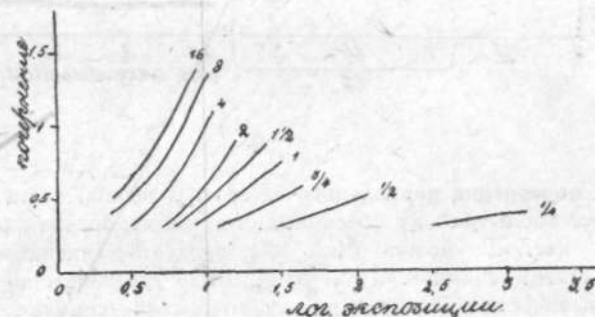


Рис. 44.

Так получается «тонкий» негатив, для печатания с которого приходится брать жесткую [как, например, хлоробромистую] бумагу с малым интервалом, чтобы приравнять ее к полученному негативу. Можно также улучшить негатив усилением. В исключительных случаях можно комбинировать оба способа, т.е. сначала негатив усилить, а затем печатать на жесткой бумаге.

¹⁾ При наклоне кривой в 45° передаются все видимые детали объекта. При наклоне в $7,5^\circ$ передаются только в шесть раз более крупные детали $\frac{45^\circ}{7,5^\circ} = 6$. Так как глаз в лучшем случае может видеть детали в 1% [$\Delta t = 0,004$], то пластинка при наклоне кривой в $7,5^\circ$ передает только детали в шесть раз более крупные, т.е. в 6% [$\Delta t = 0,025$]. См. Goldberg, Phot. Industrie. 1910. Стр. 112.

Выбор кривой для объектов с большим интервалом яркостей. Затруднения возрастают при объектах с большим интервалом яркостей [портреты в комнате и т. д.]. Здесь также из кривых, соответствующих различной продолжительности проявления, нужно выбрать наиболее подходящую. При этом приходится отметить, что почти для всех сортов пластинок кривая при кратковременных [единственно возможных] проявлениях принимает очень неблагоприятную форму, если не применять при проявлении особых мер предосторожности. На рис. 45 изображено семейство кривых для таких же сортов пластинок, как и раньше, но только для боль-

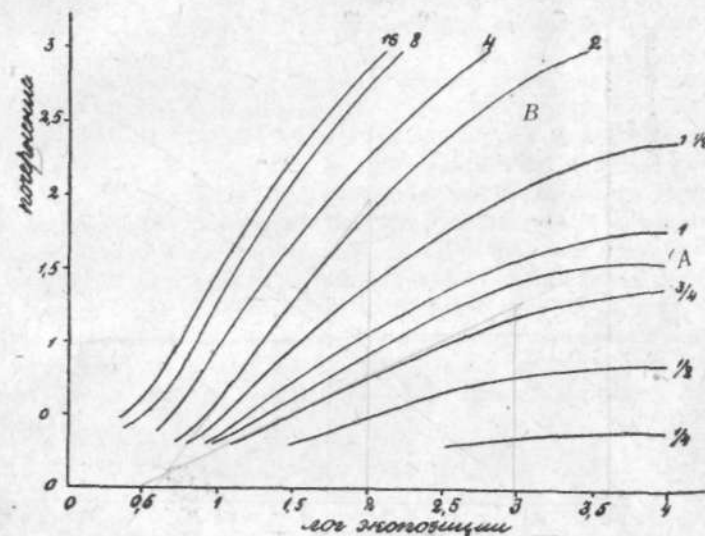


Рис. 45.

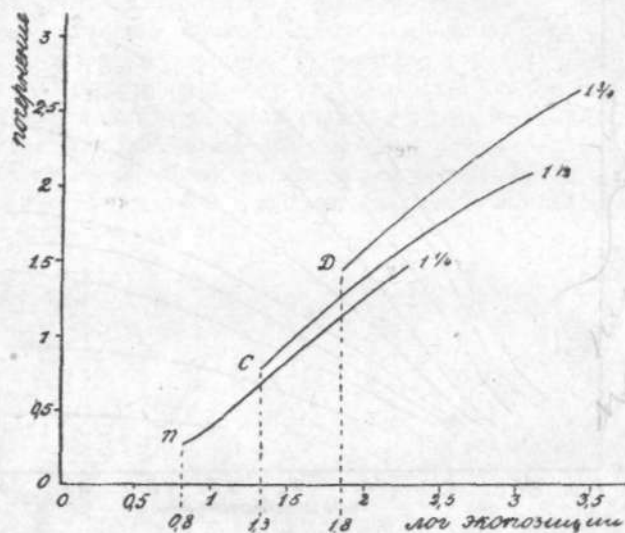
шого интервала яркостей объекта [3,0]. Единственная возможная кривая А при значениях почернения выше 1,0 проходит так полого по отношению к оси абсцисс, что получение даже приблизительно верной передачи деталей и оттенков в светах невозможно. А между тем, как раз этим участкам изображения придается особое значение.

На стр. 81 было обращено внимание на то, что продажные пластинки при кратковременном проявлении часто дают пологую кривую, поэтому они не подходят для объектов с большим интервалом яркостей [съемка внутри помещений, съемка машин, съемка против света и т. д.].

Если нет возможности методами проявления изменить ход кривой А, то приходится переходить к типу кривой В [рис. 45]. Кривая В дает значительно больший интервал негатива, чем требуемая величина [1,2], но обладает хорошо проработанными деталями и в светах. Следовательно, негатив имеет совсем слабые [тонкие] тени и света с большими почерне-

ниями. Это соответствует типу жестких негативов, с которых весьма трудно получить сносные отпечатки. Такой чрезвычайно контрастный негатив может печататься только на бумагах, имеющих большой интервал или, по крайней мере, особо выраженную приспособляемость, как это наблюдается у бумаг прямого печатания и особенно при пигментном печатании.

Форма кривой почернения при передержке. Передержки при нормальном и малом интервалах яркостей объекта до известной степени можно исправлять соответствующим проявлением, благодаря чему можно получить почти такую же хорошую передачу деталей, как и



Р и с. 46.

при нормальной экспозиции; на рис. 46 изображена [кривой C] пятикратная и [кривой D] десятикратная [исправленная] передержка против нормальной кривой N [взятой из кривых рис. 42]. Кривая C имеет вуаль в 0,8, кривая D — в 1,5. Как видно из рис. 46, исправление путем продолжительного проявления вызывает сильную вуаль, не влияющую на распределение деталей и жесткость, но исключает всякий контроль над ходом проявления и сильно увеличивает время печатания¹⁾.

¹⁾ Этими хорошими качествами обладает только вуаль, вызванная передержкой. Вуаль, которая является следствием плохой сохраняемости пластинок и особенно пленок, или от чересчур яркого красного света в лаборатории, так же, как и от действия определенных газов, имеет часто очень вредное влияние на передачу деталей, особенно на светлых участках негатива.

При объектах с большим интервалом яркостей передержка мало вредит, поскольку света объекта не попадают в отрезок кривой, проходящий вогнуто по отношению к абсциссе. При этом нужно уменьшением времени проявления и подбором состава проявителя добиться возможного улучшения негатива. Часто сильная передержка и связанный с ней недостаток деталей в наиболее светлых участках объекта представляет единственную возможность передать большой интервал объекта до некоторой степени гармонично. Так, обычно приходится отказываться от передачи облаков при съемке ландшафтов с темным передним планом, при съемке внутри зданий против света и т. д., иначе вообще нет никакой возможности получить гармоничную картину.

Равномерно поднимающаяся вверх кривая могла бы передать в таком случае все части объекта равномерно, но «плоско», создавая таким образом некрасивую картину. Следовательно, нужно избрать кривую, которая подходила бы для такого случая и хорошо выделяла бы важнейшие полутона и света, пожертвовав точной передачей наиболее ярких светов, т. е. облаков.

Заключительное примечание. Все вышеизложенное показывает, как на практике можно пользоваться цифровым и теоретическим материалом, полученным при описанных опытах. Во время практических работ может представиться бесконечное количество разнообразных случаев. В этом труде были разработаны наиболее типичные случаи, которые помогли разрешению задач, поставленных в начале этой книги. Понадобится еще целый ряд исследований, чтобы решить многие проблемы, лишь мимоходом затронутые в этой книжке.

Есть замечательный материал. Сужаю. Частично сжат. Слишком много сужаю. Не выправляю кривой способом. Характер. Позитивы. Элементы с негативом. Нет конкретных указаний. Указываю систему в кривых негативов, позитивов, способ контроля, времени проявления и т. д.

ДОПОЛНЕНИЕ 1

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ФОТОМЕТР.

В фотометрии часто приходится сравнивать между собой поверхностные яркости двух раздельно лежащих, часто значительно удаленных друг от друга поверхностей, как, напр., при определении яркостей в закрытых помещениях по сравнению с яркостью неба, при измерении видимости и т. д. Эта задача ранее разрешалась в большинстве случаев таким способом: дорожный фотометр или какой-либо другой переносный фотометр, снабженный источником света для сравнения, поочередно направлялся на обе исследуемые поверхности. Затем находилось отношение этих двух отдельно измеренных яркостей. При этом предполагалось, что за время производства обоих измерений яркость сравниваемых поверхностей не изменяется. При проведении опытов вне лаборатории затрудняла громоздкость этих переносных фотометров с нормальным источником света.

Несколько лет тому назад Винер [Wiener] сконструировал, а Херксгеймер [Herxheimer] описал¹⁾ сравнительный фотометр, который давал возможность непосредственно сравнивать яркости любых двух участков неба. Этот инструмент в основе состоял из одинаковых зрительных труб, которые можно было поворачивать так, что наблюдение было возможно в любом желаемом направлении. Посредством общего окуляра оба наблюдаемые участка могли быть рассматриваемы без видимой линии раздела. Доступное измерению ослабление яркости одного из сравниваемых полей достигалось применением кюветы с нейтрально серым раствором, который составлялся по указанию автора [см. стр. 93 этой книги].

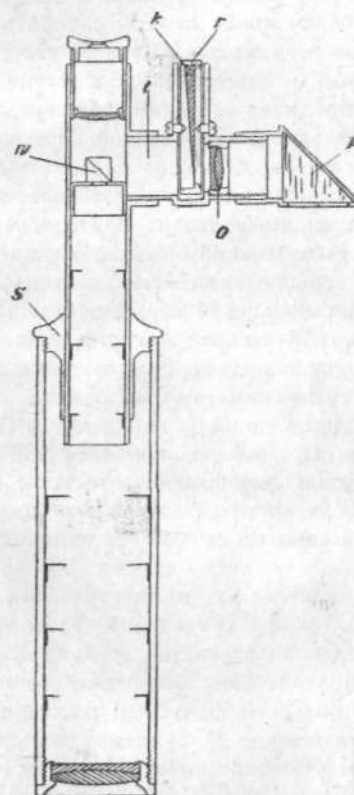
Несколько времени тому назад Л. Вебер описал²⁾ относительный фотометр для тех же целей. В этом фотометре не было оптической системы; в качестве поверхности для сравнения был взят шар из молочного стекла;

¹⁾ Z. f. Instrumentenk. 32, 55 (1912).

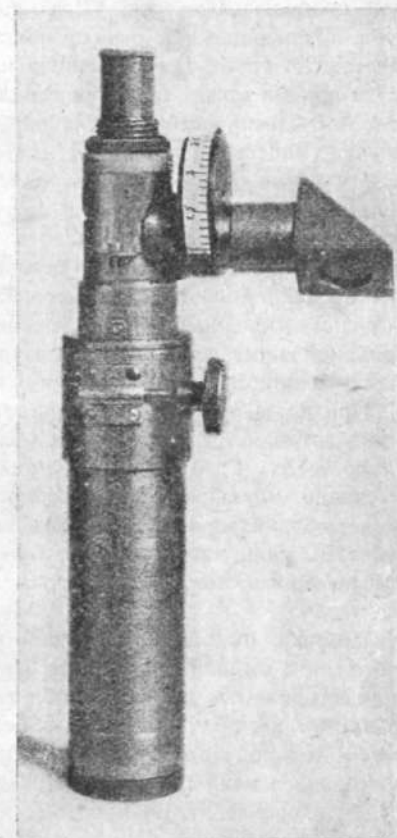
²⁾ " 38, 123 (1918).

доступное измерению ослабление яркости достигалось регулируемой диафрагмой. Это устройство дает возможность производить измерения лишь в узких пределах.

Во время производимых работ автор встретился с необходимостью сконструировать фотометр, удовлетворяющий следующим требованиям:



Р и с. 47.



Р и с. 48.

1) Фокусное расстояние объектива зрительной трубы должно обладать способностью изменяться в самых широких пределах.

2) Инструмент должен быть возможно компактным и портативным.

3) Ослабление яркости одного из полей должно осуществляться в весьма широких пределах.

4) Нужно, чтобы выполнение измерений могло быстро следовать одно за другим.

Описываемый ниже фотометр удовлетворяет всем этим требованиям. Он состоит из головки сравнительного окуляра, которая может привинчиваться ко всякой зрительной трубе. При опытах автора употреблялись зрительные трубы с фокусным расстоянием от 10 до 85 см. Головка окуляра в разрезе изображена на рис. 47, а наружный вид ее на рис. 48. Главная труба, вращающаяся и раздвигающаяся в оправе S , имеет еще боковую приставную трубу t , снабженную на своем конце прямоугольной призмой p . Эта призма может поворачиваться во всех направлениях. В месте пересечения оптических осей зрительной трубы и боковой трубы установлен на ползунке маленький кубик Луммера-Бродхуна w таким образом, что посредством ручки он может быть удален и заменен стеклянной пластинкой той же толщины. Когда эта последняя поставлена, то можно направить зрительную трубу на любое место объекта. Когда же вновь устанавливается на место фотометрический кубик, то остается видимым только центр зрительного поля величиной в 1 кв. миллиметр. Через маленький объектив O и призму p видно сильно уменьшенное изображение сравниваемой поверхности, напр., неба. Градуированное кольцо r поворачивает кольцевой серый нейтральный клин K , служащий для ослабления в известной степени яркости поля [см. рис. 51]. При вращении кольца r яркость сравниваемого поля постепенно и равномерно затемняется. Измеряемая область при инструменте, применяемом автором, достигала 1 : 10 000, и при подходящем подборе клина могла быть соответственно уменьшена или увеличена. Применение компенсационного клина для выравнивания разницы в освещении сравниваемого поля не обязательно, т. к. клин находится настолько близко от объектива, что изображение равномерно освещенной поверхности само по себе имеет однородную яркость.

Инструмент отличается большой компактностью и приспособлен для крайне быстрого выполнения опытов. При объективе зрительной трубы с фокусным расстоянием в 15 см его общая длина равняется только 21 см, ширина 10 см, а вес 500 г. Та же головка окуляра может быть привинчиваема к любой зрительной трубе даже с самым большим фокусным расстоянием.

Применялся клин Гольдберга [см. приложение 2], а именно кольцевой клин; в нем направление, по которому идет убывание почернения, лежит по окружности, тогда как в радиальном направлении почернение равномерно [рис. 51]. Эта форма клина имеет очень большие конструктивные преимущества: устраняет применение ползунков, дает большую шкалу почернений при очень малых размерах и облегчает отсчет при измерениях.

ДОПОЛНЕНИЕ 2

ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ КЛИНЬЕВ ДЛЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ.

Несколько лет тому назад автором ¹⁾ был описан способ приготовления клиньев и фильтров для измерительных целей. Воспроизведенные по этому способу клинья за это время применялись для многих работ целым рядом специалистов ²⁾.

Целый ряд методов исследования сделался возможным только благодаря этому вспомогательному средству.

Достигнутые за истекшее время улучшения и упрощения способа приготовления будут здесь вкратце описаны.

Способ приготовления, главным образом, заключается в том, что две стеклянные пластинки накладываются одна на другую, при чем с одной стороны разделяются посредством тонкой маленькой вставочки [стеклянная пластинка толщиной прибл. 1 мм], так что получается клинообразное промежуточное пространство. Нижняя пластинка предварительно покрывается тонким слоем целлулоида. В клинообразное промежуточное пространство вводится затем десятипроцентный раствор желатины, содержащий тонко истертую сажу. Этот раствор немедленно втягивается капиллярностью в свободное пространство между двумя стеклами. После застуденения желатины верхняя

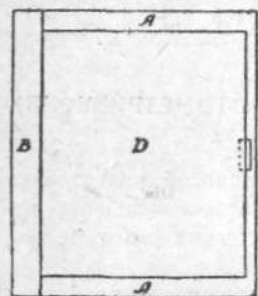
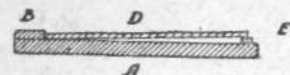
¹⁾ Goldberg Z. f. wiss. Photogr. 10, 238 (1911).

²⁾ Goldberg. Eders Jahrb. 1910, стр. 226 — Renwick. Phot. Journ. 1911, стр. 411. — Ferguson. Phot. Journ. 1911, стр. 405. — Goldberg. Luther. Weigert Z. f. wiss. Phot. — Clerc B. J. of Phot. (1912), стр. 215. — Watkins Phot. J. (1912), стр. 206. — Callier, Phot. J. (1913), стр. 242. — Ferguson B. J. of Phot. (1914), стр. 27. — Renwick, P. J. (1914), стр. 163. — Ewest, Ph. J. (1914), стр. 99. — Goldberg Z. f. Reprod. (1916) кн. 11. — v. Hübl Phys. Z. 18, 270 (1917). — v. Hübl, Phot. Korr. (1918), стр. 73. — Eder und Hecht. Phot. Korr. (1919), стр. 244. — v. Hübl, Z. f. Reprod. 21, 74 (1919), стр. 209. — v. Hübl. Phot. Korr. (1919), стр. 363. — Langer, Phot. Rundsch. (1919), стр. 209. — Goldberg P. Korr. (1917), стр. 82. Hecht, Sitz. d. Wiener Akad. d. Wiss., Nov. 1918. — Higson. P. J. (1921), 73.

Необходимо верхнюю пластинку приподнять один край ее при касании с клином, для чего (как и в фотокопии) применяется

пластинка снимается вместе со всем клинообразным желатиновым слоем и целлулоидом, так как этот последний гораздо крепче приклеивается к желатине, чем к стеклу. Чтобы достигнуть равномерного высыхания полученного клина, нужно отделить целлулоидный слой, после чего клин можно сушить.

Последняя процедура является самой сложной и трудной во всем производстве клина. Удаление целлулоида вследствие его коллоидальных свойств



Р и с. 49.

может быть достигнуто только многократным купанием в амилацетате. Так как разбухший желатиновый слой так же, как и растворенный целлулоид, очень сильно удерживает пыль, то получение чистых клиньев было связано с большими затруднениями.

Подслой. За последнее время удалось заметить целлулоид тонким слоем альбумина. Нижняя (несколько большая) пластинка перед сборкой покрывается раствором альбумина и после слива раствора просушивается при комнатной температуре. Альбуминовый раствор готовится следующим образом: белок возможно более свежего яйца смешивается с пятикратным по объему количеством дистиллированной воды при сильном взбалтывании. Сюда присоединяется 0,1% тимола или 0,25% фенола; затем раствор нагревается

в течение получаса в водяной бане при температуре в сто градусов. После этого раствор белка фильтруется сквозь вату и если не предназначается к немедленному употреблению, то разливается по пробиркам, которые запаиваются. В таком состоянии альбуминовый раствор сохраняется неограниченно долгое время, если только свежи были яйца.

В приготовленной таким образом жидкости альбумин находится в состоянии необратимого коллоида и, несмотря на долгое подогревание, не свертывается. После же высыхания такого раствора альбумин образует нерастворимый в воде слой. Этот слой имеет свойства, противоположные целлулоиду—он имеет сцепление со стеклом значительно большее, нежели с желатиной, и таким образом выполняет назначение промежуточного слоя из целлулоида, не обладая его отрицательными свойствами.

Снятый клин может немедленно поступать в просушку, так как альбумин остается на нижней пластинке, и процесс высушивания ни в коем случае не нарушается. Толщина альбуминного слоя должна быть чрезвычайно мала (менее 0,001 мм).

Желатина. Для изготовления желатинового студня [12%] особенно пригодной оказалась «специальная желатина для светофильтров» фирмы Мейстер Люциус и Брюннинг в Хёсте на Майне. Эта желатина набухает и растворяется в 0,5% водном растворе фенола, затем фильтруется через складчатый фильтр Шлейхера и Шюля 520^б/₂. Желатиновый студень для долгого

сохранения может быть разлит по ампулам. При таком способе сохранения даже через год получались хорошие результаты.

Отдельные партии желатины имели ту особенность, что готовые клинообразные слои очень плохо держались на стекле. В таких случаях следует прибавлять к желатиновому раствору около 0,5% глицерина или [при применении анилиновых красящих веществ, выцветание которых ускоряется в присутствии глицерина] около 5% сахара. При поливе клиньев, которые должны склеиваться канадским балзамом, глицерин не применяется вовсе, а применяется исключительно сахар.

Красящее вещество. В роли красящего вещества в первом издании была рекомендована механическая смесь из воды и сажи, находящейся во взвешенном состоянии; в частности рекомендовалась акварельная краска «Ламплак» Виндзора и Ньютона. Для многих целей сажа с большим успехом заменялась тонко распределенными зернышками серебра, которые дают в высшей степени равномерное поглощение по всему видимому спектру, даже в ультрафиолетовой части. Ни с каким другим красящим веществом нельзя было выработать поглощающих слоев, настолько нейтральных, чтобы иметь одинаковое поглощение при визуальных измерениях и при сенситометрических работах на хлористых бумагах, в особенности чувствительных к ультрафиолетовым лучам.

Зерна серебра в состоянии крайнего рассеяния можно получить, проявляя в метоловом проявителе предварительно освещенные высокочувствительные пластинки и растворяя хорошо фиксированный и промытый слой при возможно более низкой температуре. Желатину, смешанную с серебром, ни при каких обстоятельствах нельзя долгое время хранить в расплавленном состоянии, так как она имеет склонность к пожелтению и к потемнению. Это является единственным неудобством применения серебра как красящего вещества.

Как было указано в первом издании, клинья, приготовленные со взвешенными частичками сажи или серебра, имеют тот недостаток, что их светопроницаемость для параллельного света иная, чем для рассеянного. На это обстоятельство нужно непременно обращать внимание, чтобы избежать серьезнейших ошибок при применении клиньев в целях измерения. Было сделано немало опытов для замены сажи и серебра растворами, свободными от рассеивающих твердых частичек.

Данная с этой целью в прежних сочинениях смесь анилиновых красок была заменена следующим раствором:

Раствор 1. Тушь [Гюнтер Вагнера, Франкфурт-на-Майне]	15 куб. см
Дистиллированной воды	100 » »
» 2. Диаминовая сине-черная (Леопольд Кассела и К ^о , Франкфурт-на-Майне)	0,75 грамма
Дистиллированной воды	100 куб. см

Раствор для долгого хранения составляется из 3 частей раствора 1 и 4 частей раствора 2. Готовый раствор может сохраняться годами, и перед

употреблением должен взбалтываться. Слой этого раствора толщиной в один миллиметр имеет плотность прибл. 25 [в логарифмических единицах] ¹⁾.

Все же, в зависимости от надобности, в качестве красителя применяется сажа или мелко раздробленное серебро—когда требуется большая устойчивость по отношению к свету и равномерное поглощение по спектру, или анилиновые краски—когда требуется абсолютная прозрачность.

Составление и дозировка красящих растворов. Хорошо взболтанную смесь красящего раствора с желатиной нужно оставить в покое, пока все пузырьки воздуха не соберутся на поверхности, и затем освободить раствор от этих пузырьков, посредством переливания в другой сосуд. Если предпочитается фильтрование, то его следует производить только через рыхлый слой ваты и ни в коем случае не через бумагу, т. к. пропускная бумага всегда поглощает часть красящего вещества. Потом измеряется плотность красящей смеси. Для этой цели очень подходят употребляемые при микроскопических исследованиях плоские кюветки глубиной в 1 миллиметр. Если плотность красящего раствора выше 3,0, то измерение сопряжено с затруднениями. В таком случае употребляется менее глубокая кюветка или же раствор в известных пропорциях разбавляется водой. При применении механически взвешенных в растворе сажи или суспензии серебра измерение производится только при рассеянном свете ²⁾. Если измерение показывает, что красящий раствор слишком плотен, то его разводят чистым раствором желатины или водой, пока не получится правильная концентрация. Лучше всего сделать пробные клинья при различных концентрациях. Из крутизны клина, которая может быть получена при помощи любого измерителя почернения, можно определить почернение первоначальной смеси. Для вычислений нужного количества желатины и воды служит следующая формула:

Если V плотность данного красящего раствора [в логарифмических значениях, плотности относятся к толщине слоя в 1 мм];

F —желаемая плотность готовой застывшей желатины [в тех же единицах плотности], то надо смешать:

2. F части данного красящего раствора,

V частей 20% желатины,

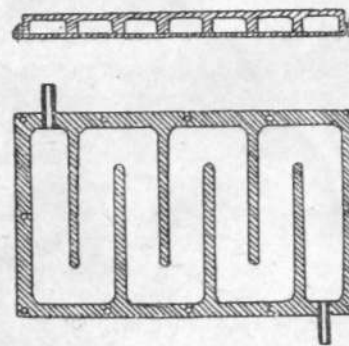
$V - 2. F$ частей воды.

Техника полива. При поливе клиньев оказалось особенно полезным рекомендованная Калье из Гента плитка для подогревания и охлаждения (рис. 50). Она представляет собою плоскую, внутри полую, снабженную ребристыми перегородками чугунную плитку, которая соединяется с водопроводом и ставится на газовую горелку. Наполненная водою плитка подогре-

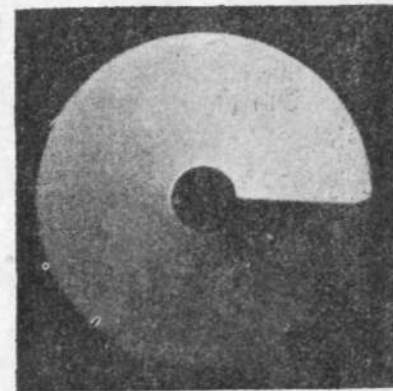
вается и служит подставкой к форме для полива клиньев. После полива клина пламя горелки тушится, а сквозь ребристую плитку пропускается холодная вода, быстро охлаждающая все приспособление вместе с политым клином.

Кольцевой клин. Для особых целей с большим удобством применяется разновидность клина, так называемый кольцевой клин. В нем возрастание плотности лежит не на прямой, а по окружности [рис. 51]. В таких кольцевых клиньях можно на одинаковой поверхности вместить втрое большую шкалу, по сравнению с прямолинейным клином. Кроме того, перестановка этого клина очень удобна, т. к. он может быть помещен в круглой обойме, тогда как обыкновенный клин должен иметь направляющие салазки [ползунки].

Известно, что с механической точки зрения круговое движение может быть осуществлено более простыми средствами, нежели движение па-



Р и с. 50.



Р и с. 51.

раллельное. Таким кольцевым клином был снабжен описанный в дополнении 1 сравнительный фотометр. Кроме того, подобные клинья были применяемы для ослабления света в астрономических зрительных трубах, для колориметров и для измерения освещения в фотографических приборчиках для определения экспозиции. Для изготовления такого клина применяется особая отливная форма, представляющая винтовую поверхность. Изготовление последней возможно только при применении сложных вспомогательных средств. Для особых [преимущественно колориметрических] целей употребляется отливная форма с винтовой поверхностью, которая в развернутом виде представляет не прямую, а приспособленную для данной цели кривую. Таким способом при цветных клиньях можно получать любой постепенный переход оттенков.

Примечания. Кроме описанных изменений способ приготовления клиньев остается совершенно подобным ранее описанному. Все указанные ранее меры предосторожности должны неукоснительно соблюдаться. Много раз на-

¹⁾ Гюбль при разработке старого способа приготовления клиньев предложил смесь туши, толудиновой синей и кармина. См. Phot. Corr. 55 73 (1918).

²⁾ См. Callier, Z. f. wiss Phot. 7, 257 (1909).—Goldberg, Phot. Corr. 54, Heft 9 (1917).

блюдались, что нижняя стеклянная пластинка А применялась одного размер с пластинкой D, тогда как она должна быть немного больше последней. Не следует также допускать вытекания излишков желатинового окрашенного раствора за пределы верхней пластинки. Подрезывать слой на краях следует только после окончательного застуденения. Клинья разного рода и разной величины, нейтрально серые и цветные, из шлифованного стекла и жидкостные, а также описанные в этом труде аппараты и приспособления изготовляет «Цейсс-Икон» [Zeiss-Ikon] в Дрездене.

ДОПОЛНЕНИЕ 3

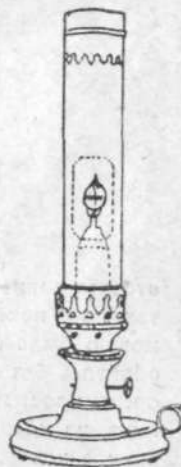
ДЕНСОГРАФ

Самопишущий измеритель почернения для пластинок и бумаг

Аппараты для измерения почернения фотографических пластинок и бумаг употребляются в большинстве случаев для получения характеристических кривых, представляющих зависимость почернения пластинки от продолжительности экспозиции. С этой целью выполняются две совершенно различные операции. Предназначенная для испытания пластинка (или отрезок ее) в соответственном устроенном аппарате экспонируется в течение определенного времени—желательно при постоянном источнике света, напр., бензиновой свече Шейнера [рис. 52]—таким образом, что различные участки пластинки получают различные количества света в известной закономерности. Экспозиции могут быть различны по времени или по силе света. Экспонированные пластинки промываются, промеряются измерителем почернения [фотометрируются], и по полученным таким образом числам строится кривая [см., например, рис. 42]. Это и есть характеристическая кривая пластинки или бумаги. По виду этой кривой можно сделать заключения относительно всех свойств эмульсии, ее градации, склонности к вуалированию, действия различных проявителей и усилителей и т. д. Вычисление и построение характеристической кривой обычными способами сопряжено с большой потерей времени, так что раньше эти операции могли быть проведены только опытными работниками.

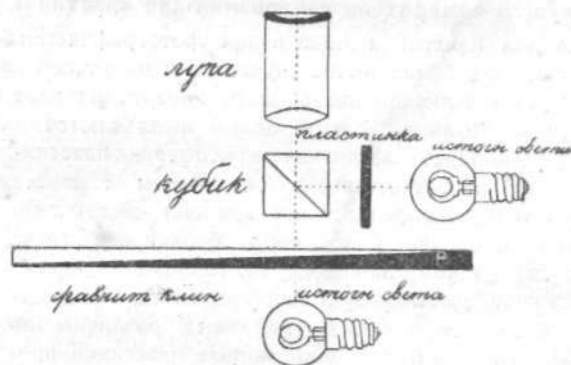
Для измерения почернений данный участок пластинки должен быть сравниваем со шкалой почернений. Простейшая шкала этого рода, служащая и для экспозиции пластинки, — это так называемый клин дымчатого стекла.

Теперь дело только за тем, чтобы устроить аппарат, который наиболее просто давал бы возможность сравнивать почернения испытуемой пластинки



Р и с. 52.

с соответственными участками клина. Эта задача не представляет особых трудностей, так как она разрешается большинством фотометрических приборов. Посредством специально приспособленного зеркала световые лучи отклоняются от своего пути так, что в зрительном поле лупы [окуляра] виден маленький участок клина рядом с маленьким участком испытуемой пластинки [рис. 53]. Потом клин передвигают до тех пор, пока оба поля не получат одинаковую яркость и пока не исчезнет линия раздела. Тогда прозрачность пластинки соответствует таковой же данного участка клина. После того, как таким образом отыскано почернение одного участка пластинки, пластинка сдвигается на небольшое расстояние. Если почернение не изменилось, то оба участка остаются в зрительном поле одинаково яркими. Если же почернение стало больше или меньше, то участки становятся различными. Тогда клин нужно сдвинуть так, чтобы участки стали опять равными по яркости. Положение клина отсчитывается по нанесенным делениям; данные

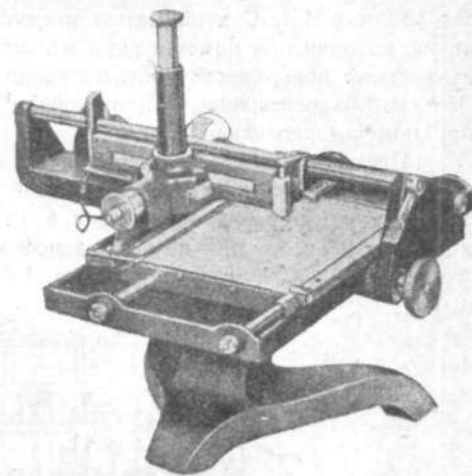


Р и с. 53.

отсчета записываются, и измерение продолжается описанным способом до тех пор, пока вся пластинка не будет промерена. Из этого явствует, что можно было бы сэкономить большую часть работы, если бы можно было обойтись без отсчитывания чисел и дальнейших вычислений. Это достигается очень простым методом: устройством связанного с клином маленького столика, на который можно класть лист бумаги. Если к испытуемой пластинке прикрепить штифт, который при надавливании на бумагу может печатать точки, то результаты измерений будут отмечаться без необходимости отсчетов наблюдателем. Когда сдвигают клин для уравнивания полей (как было описано), то сдвигается одновременно и бумага. Когда клин установлен, то нажимают на штифт, и он отмечает положение клина. Затем сдвигают пластинку. При этом сдвигается и штифт. Когда клин подводится вторично, то штифтом отмечается новая точка, которая никогда не может совпасть с первой точкой, т. к. за это время пластинка со штифтом уже была сдвинута

Если почернение испытуемой пластинки было одинаково на обоих участках, то обе точки будут лежать на горизонтальной линии. Когда пластинка промерена в нескольких участках [до 20, смотря по роду испытания], то можно вынуть бумагу и соединить отдельные точки. Получается кривая почернения пластинки или бумаги. Аппарат изображен на рис. 54 и 55. На поворотной ножке помещается площадка с, по которой взад и вперед могут скользить салазки d. На салазках, занимающих всю ширину площадки, находится с одной стороны клин сравнения, а с другой — площадка t, к которой плоскими пружинами n прижимается лист бумаги с отпечатанной координатной сеткой. Под прямым углом к направлению движения салазок d пристроены вторые малые салазки s, на которых находится полоска измеряемой фотографической пластинки или бумаги. Салазки s можно передвигать просто рукой. Большие же салазки передвигаются посредством колесика e, находящегося в связи с хорошо пригнанной зубчатой рейкой. В точке пересечения салазок t с клином сравнения установлен фотометрический кубик Луммера — Бродхуна, поля которого можно наблюдать сквозь лупу a [окуляр]. Ход лучей в приборе изображен на рис. 53. Когда визируется участок пластинки сквозь лупу a, то можно легко установить оба поля на одинаковую яркость. Так как с передвижением клина передвигается и бумага, то при надавливании на штифт r на том месте сетки координат, которое соответствует определенному почернению, отмечается точка. Когда же салазки a переставляются немного дальше, то и штифт при этом передвигается на другое место. Если же теперь видимый сквозь лупу участок пластинки имеет другое почернение, чем только что измеренное, то клин, а с ним вместе и бумага для записи должны быть соответственно переставлены. По перестановке, посредством надавливания на штифт r, вновь автоматически наносится очередная точка на поверхность бумаги. По нанесении требуемого количества точек бумага вынимается из аппарата, и от руки по точкам вычерчивается кривая. Эта кривая, как уже известно, будет искомая кривая почернения бумаги или пластинки.

Для освещения служат две маленькие лампочки, какие употребляются для карманных фонарей [3,5 вольт, 0,3 ампер]. Они включены параллельно друг другу и могут питаться от карманных батарей, от 2-х аккумуляторов.

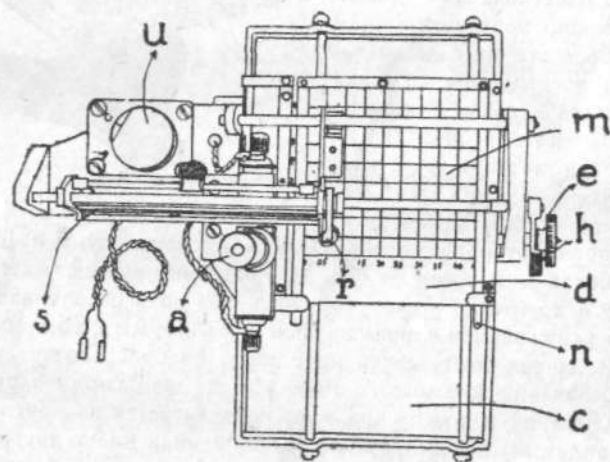


Р и с. 54.

муляторов, или от комнатной проводки. В последнем случае в качестве сопротивления вводится лампочка накаливания, которая соответствует силе тока 0,6 ампера, напр., лампа в 50 свечей при 110 вольтах напряжения. Обе лампочки вставлены в передвижные гильзы, так что освещение измеряемой поверхности может быть изменено в известных пределах, чтобы получить положение нулевой точки.

Для исследования бумаг применяется двусторонний падающий свет под углом в 45° . С этой целью предусмотрена еще третья лампа накаливания, которая при помощи двух маленьких зеркал дает двойное освещение измеряемой поверхности соответственно описанному на стр. 66 устройству. Оба способа освещения [в проходящем и падающем свете] могут меняться при помощи переключателя *u*.

Предназначенные для испытания пластинки и бумага [формата 2×12 см] экспонируются за клином в маленькой кассетке. Длина клина в 2 см соответствует интервалу экспозиции в 1:10. Так как длина измерения доходит до 9 см, то при помощи денсографа можно получить интервал экспозиции в 1:30000 [до почернения 4,5]. Вследствие длины этой шкалы



Р и с. 55.

имеется возможность даже при очень мягких [вялых] пластинках получать вполне достаточный отрезок кривой на одной пластинке за одно испытание.

В качестве источника света при пробе пластинок применяется бензиновая свеча Шейнера на расстоянии одного метра от кассеты. Время для экспозиции в нормальном случае достигает одной минуты. При пробе бумаги употребляется питаемая постоянным током лампочка накаливания, сила света которой находится в соответствии с чувствительностью испытуемого сорта бумаги. Для бромосеребряной бумаги это освещение должно достигать при-

близительно 1 метр-свечи; для хлоробромосеребряной бумаги приблизительно от 10 до 100 метр-свечей.

Если пластинки или в особенности бумага имеют окраску и являются, следовательно, не нейтрально серыми, то сравнение клина с испытуемой бумагой или пластинкой при всяком способе измерения затрудняется. В этом случае на окуляр надевается желтый или зеленый светофильтр.

Колоссальное сбережение времени достигается, если нужно установить распределение света на какой-либо поверхности или внутри какого-либо пространства. Ранее в подобных случаях приходилось вычерчивать две кривых, а именно одну для установления зависимости почернений от силы света и вторую для обозначения зависимости происходящих почернений от геометрического места точек. По этим двум кривым посредством кропотливого переноса точек строилась третья кривая, дававшая зависимость силы света от геометрического места точек. Эта задача весьма часто встречается при фотометрических, спектрофотометрических и фотографических исследованиях. При помощи денсографа вспомогательная работа до крайности упрощается. Прежде всего делают снимок распределения света и на соседнем участке пластинки копию клина. Измерительный клин выводится из салазок с диаграммой и замещается копией клина. В салазках *s*, где обычно укрепляется копия клина, вставляется фотография распределения света, и эта последняя сравнивается с копией клина. Полученная кривая дает за вычетом характеристической кривой непосредственно распределение яркости света.

С введением самопишущего приспособления исключаются все ошибки, происходящие от неправильного отсчитывания делений, а также ошибки, часто происходящие при вычислениях и при вычерчивании кривой. При измерении сразу получается диаграмма, которая может быть включена в журнал фабрики или лаборатории или же непосредственно воспроизведена фотографическим путем для опубликования. Столь утомительная процедура перестановки сенситограммы и отсчитывания отпадает, и глаз наблюдателя не утомляется от частого включения контрольной лампочки для отсчитывания делений.

Время, потребное для получения обычным способом одной характеристической кривой, даже при хорошей практике, доходит до получаса или одного часа. При применении денсографа в руках даже совсем неопытных людей построение кривой сводится, приблизительно, к 1—2 минутам. Таким образом, совершенно отпадают наиболее отрицательные стороны научно фотографических методов — потеря времени и накладные расходы, столь мешавшие введению этих методов в фабричный обиход.

ДОПОЛНЕНИЕ 4

ДЕТАЛИМЕТР

Описанный на стр. 70 деталиметр [Detailplatte] может употребляться везде, где требуется установить фотографически действующее количество света и произвести сравнение различной силы света. Употребление деталиметра сообразуется с особыми условиями каждого отдельного случая.

Деталиметр состоит из четырех рядом лежащих полос, которые в отдельности соответствуют рис. 37. Таким способом можно производить сразу четыре испытания. Размер всего деталиметра — 9×12 см. Деления по длине соответствуют почернениям в единицах плотности, умноженным на 10, т.е. число 25 соответствует почернению 2,5 на данном участке. Поперечные деления, обозначенные квадратами, соответствуют деталям яркости. Находящееся на поперечном делении [на рис. 37 вследствие технических трудностей передачи поперечных делений не видно] число 6 обозначает деталь яркости величиной в 0,06; лежащие в данном углу квадраты, следовательно, должны иметь почернение на 0,06 выше лежащего под ними клина [$Dt = 0,06$]. Буквы *L* и *S*, которые стоят у чисел в поперечном направлении, обозначают [как это описано на стр. 73], что эти детали яркости являются мерилем при испытании светов [$Dt = 0,04$] и теней [$Dt = 0,1$] фотографических бумаг.

Определение абсолютной чувствительности пластинки производится следующим образом: испытываемая пластинка или бумага в течение одной минуты подвергается экспозиции под деталиметром при свете соответствующего нормального источника (для пластинок употребляется бензиновая свеча Шейнера, для бумаг — лампочка накаливания, питаемая постоянным током). После экспозиции следует проявление, и притом столько времени, сколько требуется обычно для проявления данным проявителем. Потом отсчитывают в ряду чисел, как далеко простирается действие света. Соответственно выводам на стр. 83 и 73 при испытании пластинок последним видимым квадратом в горизонтальном направлении будет 7-ой [собственно 6], при пробе бумаги в горизонтальном ряду — 4-ый. Этот способ дает только приближенные значения для светочувствительности. Более точные значения получаются при помощи того же деталиметра на основе рассуждений, изложенных в главах 6 и 7.

Для определения влияния продолжительности проявления на свойства негатива, пластинка после экспозиции надрезается алмазом по деревянной линейке, но не отламывается. Потом вся пластинка погружается в проявитель, и по прошествии определенного времени полоска отламывается.

После просушки пластинки последние видимые квадраты соединяются кривой по стеклянной стороне. Эта кривая [кривая деталей] является мерой передачи подробностей данной пластинкой и проявителем.

Для пробы проявителей пластинка после экспозиции, но перед проявлением, разрезается на полосы при помощи приложенной деревянной линейки, и эти полосы проявляются разными проявителями.

Для испытания пластинок на ортохроматизм, на пластинку до экспозиции накладывается прилагаемый светофильтр, и пластинка проявляется сразу в неразрезанном виде. Если на каждой отдельной пластинке начертить вышеописанную кривую деталей, то из различия в положении кривых можно определить действие фильтра, а равно и цветочувствительность пластинки.

Для испытания новых светофильтров цветочувствительная пластинка, которую желательно употреблять со светофильтром, кладется под деталиметр, а сверху него испытываемый светофильтр, притом так, чтобы светофильтр покрывал только одну полосу деталиметра. Когда потом пластинка подвергается экспозиции, то разница между участками, свободными от светофильтра, и участками, лежавшими под ним, является мерой действия светофильтра.

Для определения действия вспышки магния, ее производят на расстоянии, приблизительно, трех метров от пластинки, оставляя притом одну полосу деталиметра свободной, а другую закрыв черной бумагой. Затем производится вспышка другого сравниваемого вещества или другого количества того же вещества, перед той же пластинкой и на том же расстоянии, при чем свободной оставляют другую полосу деталиметра. После проявления вычерчивается, как это было только что описано, кривая деталей и из разности кривых определяется различие в действии вспышек.

Присутствие в вспышке красного, желтого или синего цветов устанавливается тем, что под деталиметр подкладывают ортохроматическую пластинку и вспышку производят на указанном выше расстоянии. Когда хотят сравнить между собой несколько родов вспышек, то подвергают экспозиции для каждого рода вспышки часть пластинки. По проявлении вычерчиваются кривые деталей и из разности кривых устанавливается разница в действии цветных лучей. Установление нужного количества вспышки определяется предварительным опытом, показывающим, попадает ли в интервал деталиметра яркость света данного количества вспышки.

Верхняя часть каждой отдельной полосы деталиметра может найти применение для получения характеристической кривой при помощи денсографа [см. доп. 3], т. к. на этой части детали практически не видны. Таким способом получается возможность непосредственного сравнения характеристической кривой и кривой деталей в одном же опыте. Это противопоставление особенно наглядно.