

**Сергей Юрицкий**

## **Теория относительности для кинооператора.**

## **От объекта до экрана**

**Опыт работы с полезными для оператора графиками.**

- 1. Графические расчеты в практике кинооператора.**
- 2. Объект, экспозиция.**
- 3. Свойства киноплёнки, сенситограмма.**
- 4. Съёмка теста.**
- 5. Построение кривой воспроизведения.**
- 6. Влияние светорассеяния.**
- 7. Цветность света. Влияние цветности света на кривую воспроизведения.**
- 8. Цветовой график.**

## 1. Графические расчеты в практике кинооператора.

Зачем нужны графики? Этот вопрос задали мне студенты после вводной лекции, которая, как я думал, должна была привлечь их внимание к возможности наглядного представления результата их действий при определении параметров киносъёмки. Разница между моим и их в отношении к необходимости расчетов в практической работе, по сути, отражает изменение технологии за 30 лет, прошедших с тех пор, как я начинал свою деятельность в кино. В то время негативные киноплёнки могли дать неожиданный результат из-за несовершенства их качеств. И эти качества надо было проверять в конкретной лаборатории. Существовала практика перед началом съёмок выбирать киноплёнку не только по типу, но и по конкретным свойствам, которые отличались у разных партий и номеров эмульсий. Характеристические кривые давали представление о контрасте и светочувствительности материала. Проявка плёнки, при изменении времени, давала разный результат, и этим можно было пользоваться для получения желаемого контраста. Иногда применялась дозированная засветка плёнки перед съёмкой – это позволяло влиять на цветопередачу и светочувствительность. Обычно операторы проводили съёмочные пробы материала при разных режимах и находили нужные параметры. Ограниченные возможности в проведении проб заставили меня обратиться к графикам для определения экспозиции и влияния светофильтров на результат. Первым делом мне пришлось в голову нанести на сенситометрический бланк полезные экспозиции, то есть диафрагмы, это позволяло прямо на бланке видеть, какой плотностью отразится на пленке деталь объекта. Далее пришло понимание, что цветность света в объекте, если принять его за белый, сдвигает характеристические кривые по горизонтали, а изменение копировальных потоков при печати - по вертикали. И в конечном итоге сложилось представление результата работы в графической форме – в виде **кривой воспроизведения**, показывающей, какими плотностями отразятся на позитиве яркости объекта.

Многое из того, что было - так и осталось. Только контраст плёнки теперь при проявке не меняется, хотя и это может случиться из-за особенностей обработки в разных лабораториях. В целом технология сделала результаты обработки более стабильными и это во многом является причиной, по которой современные операторы могут позволить себе отказаться от расчетов и получать при этом стандартный результат. Частично поводом к проведению сложных расчетов является желание создать не стандартное изображение. Особенно это важно при работе на не стандартных материалах. Например, можно себе представить желание использовать инфропленку, пленку для аэросъёмки или кинопозитив, как киносъёмочный материал. В этих случаях обычные замеры не действительны. Графические расчёты, предлагаемые в данной работе, носят универсальный характер. Они позволяют без съёмочных проб предвидеть как воспроизведётся на экране объект. Точнее сказать – серые детали объекта. Воспроизведение цветных деталей мы графически не исследуем, они будут иметь тот или иной оттенок в зависимости от воспроизведения серых деталей. Такой подход связан с традицией проверять плёнки по воспроизведению серого. Это доступный обычный метод, применяемый в лабораториях. Мы можем эти испытания использовать, добавляя к обычным графикам необходимые в практике данные.

Освещённость объекта, цветность света, рассеяние света в оптике и при проекции, применение светофильтров – всё это можно учесть при построении **кривой воспроизведения**. Показ закономерностей её построения - главная часть этой работы. Теоретическая часть предельно сокращена, что огорчит особо любознательных, но облегчит понимание процесса построения для операторов не склонных к глубокому пониманию теории процесса. Впрочем, по-видимому, вскоре будет написана вторая часть работы, где будут приведены теоретические основания для высказанных в первой

части суждений. Тогда придётся ответить перед учёными умами за возможную наивность моих предположений. Теперь, однако, я могу сказать, что метод является удобным в практическом смысле. Кроме всего, на графике видно, как влияют разные количества элементов процесса на результат, в смысле взаимного масштаба влияний. Что, например, произойдет, если измениться цветность на 200 градусов Кельвина. Оказывается, произойдёт совершенно разное действие в зависимости от начальной точки. То есть прибавить 200 градусов к 3200 совсем не одно и то же, чем к 5500. Также видно, что светочувствительность достаточно точно определяется значениями в 1,25 раза отличающихся одно от другого. Нет смысла определять её, как 136 или 214 ISO. Это то же самое, что 125 и 200.

От объекта до экрана – этот путь я предлагаю проследить с помощью графиков.

## 1. Объект, экспозиция.

Часть пространства, выделенная с помощью оптики, образует изображение. Свойства света, оптики, плёнки, условия проекции на экран влияют на конечный результат, который мы называем **Воспроизведением**.

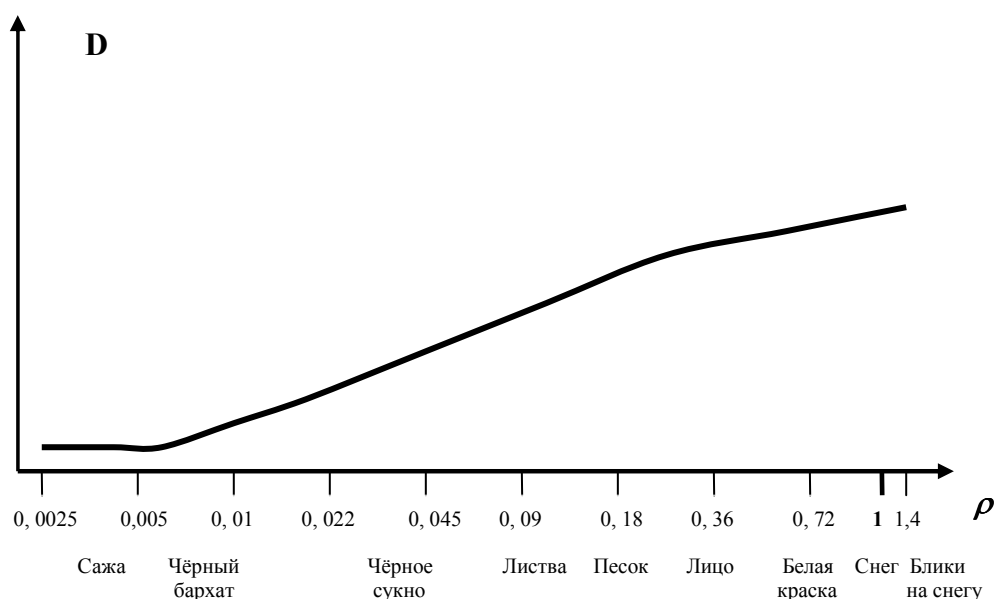
Определим объект, как систему пятен различной яркости. **Детали объекта** могут отражать или испускать свет. Несветящиеся детали отражают свет в соответствии с их **коэффициентами отражения  $\rho$** . Коэффициенты отражения различны в синей, зелёной и красной зоне спектра для цветных деталей и одинаковы для серых. Мы будем рассматривать, главным образом, изображение серых деталей. Это позволяет выяснить общие закономерности экспонирования. Кинопленки испытываются в лаборатории на воспроизведение серых деталей различной яркости. Спектральное отражение природных материалов в разных зонах спектра изменяется не значительно. Мы различаем цвета, благодаря способности глаза реагировать на эту малую разницу. Монохромный светофильтр, с помощью которого оператор оценивает визуально контраст объекта, «удаляет цвет», а на самом деле смещает цвет объекта в зону, к которой глаз не успел адаптироваться. Если смотреть через такой фильтр 2-3 минуты – впечатление от цветности деталей восстановится.

Для определения экспозиции достаточно представить себе каждую **деталь объекта**, как некоторое серое поле, с **коэффициентом отражения  $\rho$**  средним для трёх составляющих. Яркость зависит от освещённости и от **коэффициента отражения  $\rho$** . Разные **детали объекта** могут быть освещены по-разному. В объекте могут быть детали, отражающие свет зеркально, а также светящиеся детали. Поэтому следует оценивать объект, как совокупность деталей с различной **относительной яркостью «E»**.

Что такое **относительная яркость**? Это понятие тесно связано с режимом экспонирования. Установив определённый режим (при киносъёмке диафрагму) мы придаём всем яркостям объекта определённые относительные значения. Градуировка яркомеров и экспонометров проведена таким образом, что, после проведения измерений по яркости контрольного поля серой шкалы с коэффициентом отражения 0,18 и по освещённости, объект, в среднем, представляется, как равномерно освещённое поле с  $\rho = 0,18$ . Отдельные детали объекта могут быть ярче или темнее этой средней яркости. То есть их **относительная яркость** зависит от того, какая деталь была принята, как эталонная при замере. **Относительная яркость** этой детали в соответствии со стандартом градуировки экспонометров будет равна 0,18. Практически необходимо найти в объекте деталь, которая должна в изображении выглядеть близкой по яркости к привычным для глаза природным объектам, отражающим 18% света, то есть имеющим  $\rho = 0,18$ . Такой **коэффициент отражения** имеет сухой асфальт, темная листва, желтый песок, сухой грунт. Нужно найти в объекте деталь, которую мы

хотим воспроизвести на экране с такой яркостью, измерить её яркомером и установить по показаниям прибора необходимую диафрагму. Если такой яркости в объекте нет (например, объект тёмный или имеет мало градаций) эту яркость мы предполагаем и, измеряя другую **относительную яркость**, например светлое лицо, нужно учитывать, что  $\rho_{\text{лица}} = 0,3$  и внести соответствующую поправку в результат измерения. При расчёте экспозиции по яркости лица диафрагму надо открыть на  $2/3$  деления. Иначе мы получим тёмное лицо с такой яркостью, с какой должен изображаться сухой грунт или темная листва. После определения экспозиции замеры остальных деталей объекта дадут величины, отличающиеся от найденной яркости, которую принято называть «ключевой», на некоторое число делений шкалы прибора. Обычно отличие измеряемой яркости от ключевой оценивают по числу целых и третьей деления диафрагмы. Так говорят: «Яркость лица на  $2/3$  выше ключевой, а яркость теневой части лица на 1 ниже ключевой». Экспонетр можно привести в режим измерения  $\Delta EV$  – он покажет разницу между установленной экспозицией и измеряемой на данном участке. В дальнейшем мы увидим, что относительные яркости объекта или значения  $\Delta EV$  можно нанести на сенситометрический бланк, совместив их со шкалой экспозиций. По их положению на графике можно судить о том, как они будут отображаться в негативе и позитиве. Положение **относительной яркости** 0,18 на графике соответствует относительной экспозиции  $\underline{E} = 018$ , по которой мы будем определять светочувствительность  $S$ .

На графике показаны значения относительных яркостей объекта ( $\rho$ , при равномерном освещении) для некоторых природных материалов.



## 2. Свойства киноплёнки, сенситограмма.

Плёнку нужно тестировать. На этикетке написана стандартная величина светочувствительности в единицах ISO и цветовая температура  $T^\circ K$ , но мы не найдем здесь дату изготовления и не известно для какого региона изготовлена плёнка. Кодак не афиширует, что в Америку, Европу и Азию поступает плёнка разного качества. Значит, возможны сюрпризы. Может быть высокая вуаль - это приведёт к недостатку плотности в тенях позитива, может быть не правильный баланс - тени будут окрашены неожиданным образом.

Испытание плёнки проводят для определения воспроизведения серой шкалы в негативе и позитиве. По результатам измерений оптических плотностей изображения серой шкалы можно судить о возможном изображении цветных

деталей. Особенности спектральной чувствительности пленки и качество цвета, которое дают красители в слоях плёнки, при этом не учитываются.

Сенситометрические испытания позволяют определить возможные искажения цвета в светлых и тёмных участках изображения при правильном изображении серого в средней по яркости зоне.

**Сенситограмму** печатают в сенситометре и затем проявляют. **Оптический клин** в сенситометре даёт 21 экспозицию, каждая поле отличается от соседнего в 1,41 раза. Удвоение экспозиции происходит через одно поле, 21-е – самое прозрачное, 19-е - в 2 раза плотнее (пропускает света в 2 раза меньше) и т.д.

Цветовая температура при печати сенситограммы должна соответствовать цветовой температуре, рекомендованной для испытываемой плёнки. Так негативные плёнки, предназначенные для съёмки при искусственном свете, испытывают при  $T^{\circ} 3200^{\circ} \text{K}$ , дневные – при  $5500^{\circ} \text{K}$ .

Сенситограмма может занимать всю ширину плёнки или быть посередине.



Для испытания позитивной плёнки так же печатают и проявляют сенситограмму. Но экспозиция при печати позитивной сенситограммы значительно выше, из-за низкой светочувствительности позитивного материала.

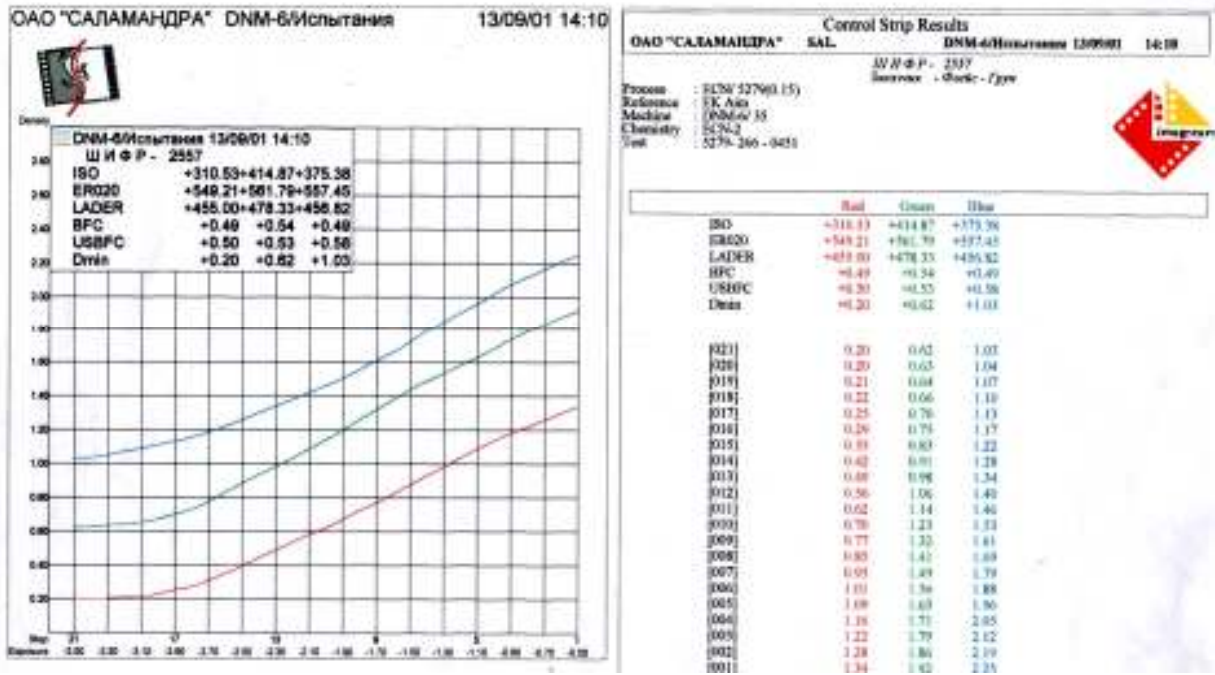


Позитивную плёнку в лаборатории **нормируют**. Для этого применяют форфильтры, которые при печати с копировальными потоками 25-25-25 негативного изображения шкалы, стандартной для конкретного типа материала, дают возможность получить в позитиве одинаковую плотность 1,1 для всех трёх слоёв плёнки. Подробнее о координатах графика и особенностях логарифмического представления величин экспозиции можно прочитать во 2-й части работы: «Подробности».

Для наглядного представления можно построить график конечного результата, которым мы будем считать изображение на позитивном материале. Сенситограмму воспроизведения можно так же получить в лаборатории, но по такой характеристической кривой невозможно судить о характере цвета в позитиве, так как для правильной печати позитива с конкретного негатива необходимо провести **цветоустановку**, подобрать копировальные потоки для получения нужного результата. Без цветоустановки, позитив, напечатанный при стандартных копировальных потоках для синей, зелёной и красной зон спектра (номера копировальных потоков в российских лабораториях: 25-25-25), окрашен в случайный цвет, не передаёт градации серого цвета.

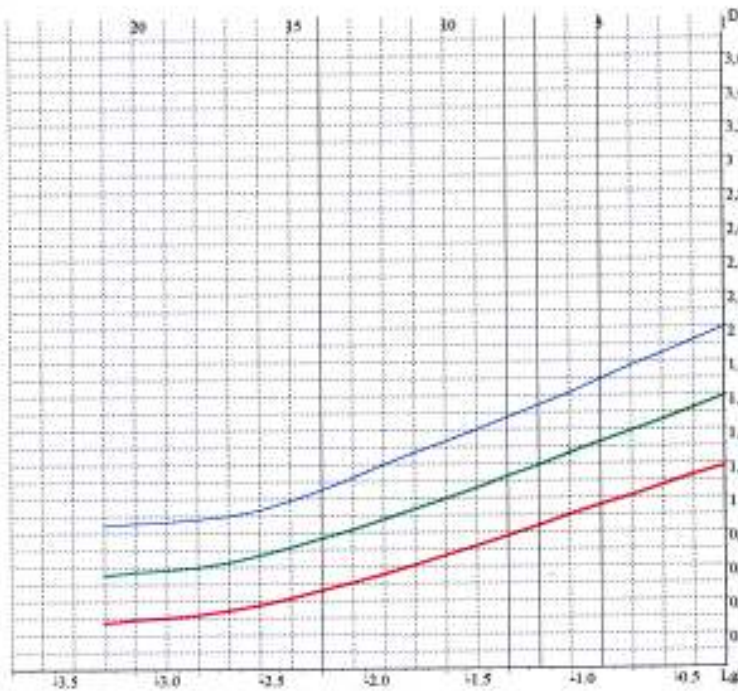


Характеристические кривые чертят, измеряя плотности сенситограммы с помощью денситометра. Лаборатории используют разные бланки. Единого стандарта нет.



### ЛАБОРАТОРИЯ КИНОСТУДИИ ИМ. М. ГОРЬКОГО

Дата испытания 07.10.02  
 Название пленки FUJI - 8582  
 Вид материала Negative цветной  
 Номер партии 215  
 Номер оси 405  
 Машина  
 Время проявления 00:00  
 Примечания ЗАКАЗ 2478 ИТВ ПРОФИТ  
 Инженер:



Параметры	С	З	К
Dens	0,84	0,55	0,27
Градиент	0,47	0,41	0,36
Чувствительность ASA	323	342	391
Чувствительность ER	536	533	525

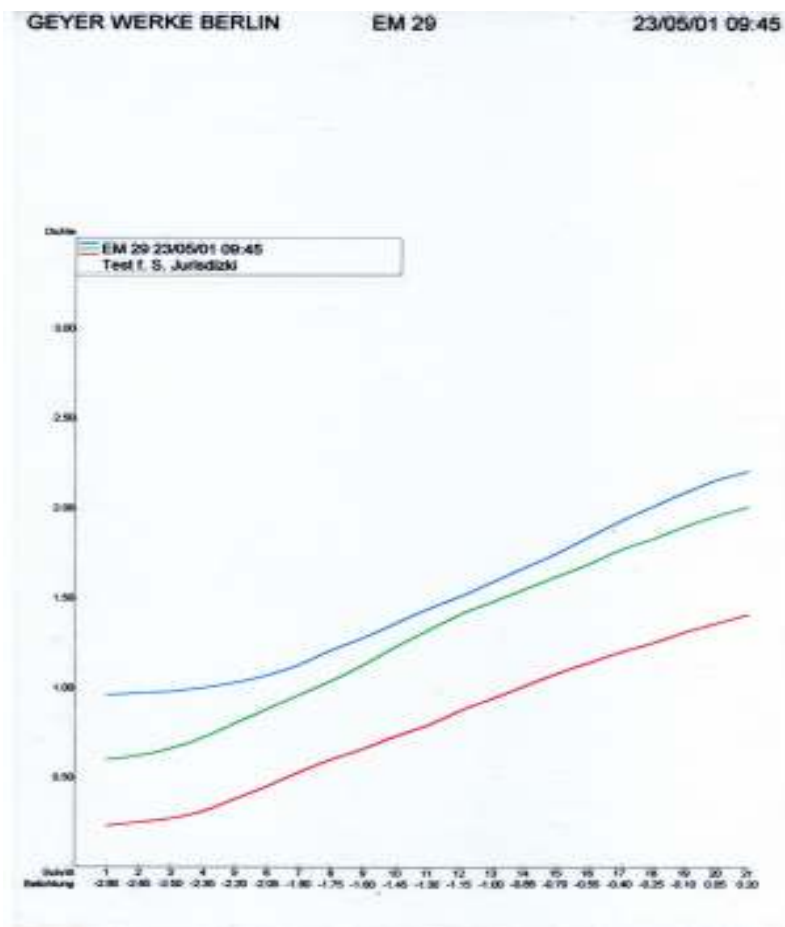
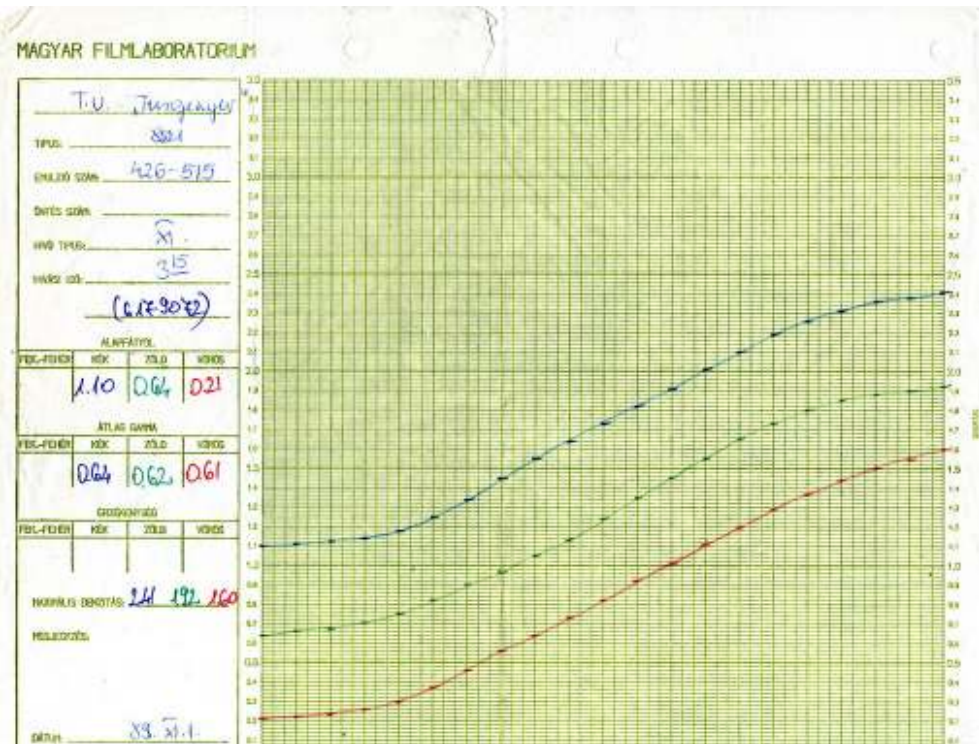
Баланс градиентов: 0,11  
 Баланс чувствительности ASA: 1,18  
 Средня чувствительность ASA: 318  
 Баланс чувствительности ER: 1,01  
 Средня чувствительность ER: 528

**Синий**  
 1,98 1,9 1,83 1,76 1,68 1,6 1,53 1,46 1,39 1,32  
 1,26 1,19 1,11 1,04 0,98 0,93 0,89 0,87 0,86 0,85  
 0,84

**Зеленый**  
 1,58 1,51 1,44 1,38 1,32 1,25 1,18 1,12 1,05 0,99  
 0,93 0,87 0,81 0,76 0,71 0,66 0,62 0,59 0,58 0,57  
 0,55

**Красный**  
 1,17 1,12 1,06 1,0 0,95 0,89 0,83 0,77 0,71 0,66  
 0,6 0,55 0,5 0,46 0,41 0,37 0,34 0,31 0,3 0,29  
 0,27

На бланке могут быть наряду с графиками результаты измерений, но в некоторых европейских лабораториях на бланке только графики. Сетка значений так же может отсутствовать.



По вертикали всегда показаны плотности  $D$  (логарифмы непрозрачности) изображения, а по горизонтали логарифмы экспозиции  $\log H$ .

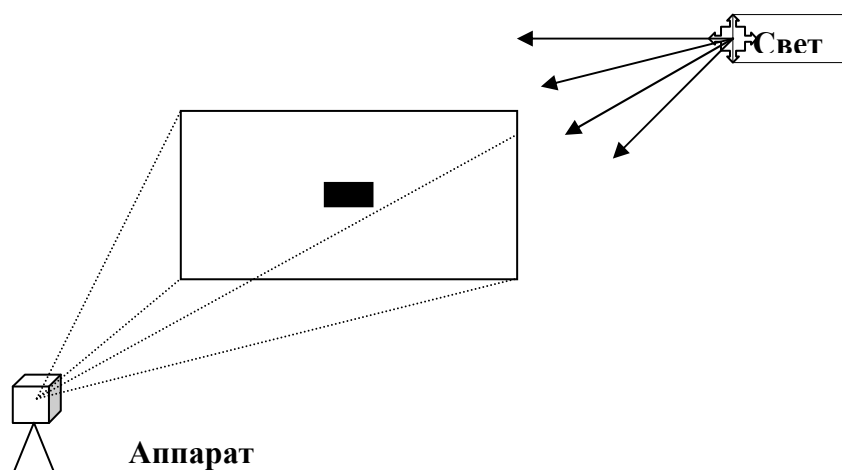
Плотности нам пригодятся, а  $\log H$  мы заменим на  $\Delta EV$  – отклонения от ключевой экспозиции, определяемой эффективной светочувствительностью.

Мы будем пользоваться кривыми негатива и позитива для создания **Кривой Воспроизведения**, по которой можно судить о характере изображения на позитиве. Будут учтены цветовые характеристики света при съёмке, потеря контраста в оптической системе, действие светофильтров. Графические построения позволяют наглядно представить влияние разных этапов процесса воспроизведения, дают возможность оценить, как влияет на результат то или иное изменение условий съёмки и копирования.

Прежде всего, надо провести пробу плёнки и оптической системы. Использование конкретного экспонометрического прибора, пленки, объективов и светофильтров позволит выяснить, как связаны их свойства при построении изображения.

### 3. Съёмка теста.

Для съёмки теста можно использовать равномерно освещенное поле. В центре поля надо создать участок с яркостью около нуля (по показаниям яркомера на 8-9 целых делений диафрагмы ниже, чем в освещённой части). Размер чёрного участка должен занимать около 10% площади изображения в видоискателе. Для съёмки теста удобно использовать экран в виде рамы с натянутым рассеивающим материалом, например Frost. Размер рамы около 1 м на 0,8 м, осветить раму надо контрольным светом, а центральную часть затенить. Можно поместить Frost на окно в помещении, перекрыв центральную часть чёрным листом формата А5.



Съёмка теста проводится для последующих замеров плотностей в негативе и позитиве и графических расчетов светочувствительности и светорассеяния. Для записи результатов измерений, необходимых для оценки влияния светорассеяния, надо приготовить таблицу.



Тест на определение светочувствительности проводится для привязки показаний конкретного измерительного прибора к плёнке. Экспозицию определяем по яркости экрана, при этом на калькуляторе яркомера устанавливаем некоторую предполагаемую светочувствительность, например – указанную на этикетке материала. Достаточно провести съёмку одним объективом. Для проверки точности разметки шкалы диафрагм можно снять пробу с каждым объективом. После обработки должны получиться одинаковые плотности в негативе изображения при каждом объективе, изменение плотности свидетельствует о не правильной разметке шкалы диафрагм. Проявленный негатив теста светочувствительности надо отпечатать на позитивном материале при стандартных для данной лаборатории копировальных потоках (обычно: 25-25-25). Плотности поля изображения экрана в негативе и в позитиве надо записать в первом поле таблицы.

Для оценки влияния светорассеяния проводится съёмка экрана с тёмным центром, что бы уменьшить влияние лишнего света, рекомендуется разместить камеру, экран и небольшой осветительный прибор в затемнённом помещении. При определении экспозиции нужно на 3 деления открыть диафрагму. Это необходимо для получения минимальной плотности негатива выше плотности вуали.

При съёмке каждого плана пробы, надо в поле зрения камеры поместить номер, что бы не перепутать отрезки плёнки при работе на денситометре. Для предлагаемой таблицы номера могут выглядеть так:

1-12, 2-12, 3-12, 4-12, 5-12, 6-12, 7-12

.....

1-100, 2-100, 3-100, 4-100, 5-100, 6-100, 7-100

В результате съёмки теста на оценку светорассеяния получится негатив, на котором посередине тёмного поля расположено светлое. Его размер должен быть около 2,5 мм – это позволяет измерить его плотность с помощью денситометра. При ширине светлого поля тестобъекта 1м, затемнённый участок, размер которого мы определили, применив темное поле формата А3, будет иметь соответствующий размер. Плотности тёмных и светлых участков негатива ( $D_{max}$  и  $D_{min}$ ) надо измерить и занести в таблицу.

#### **4. Построение кривой воспроизведения.**

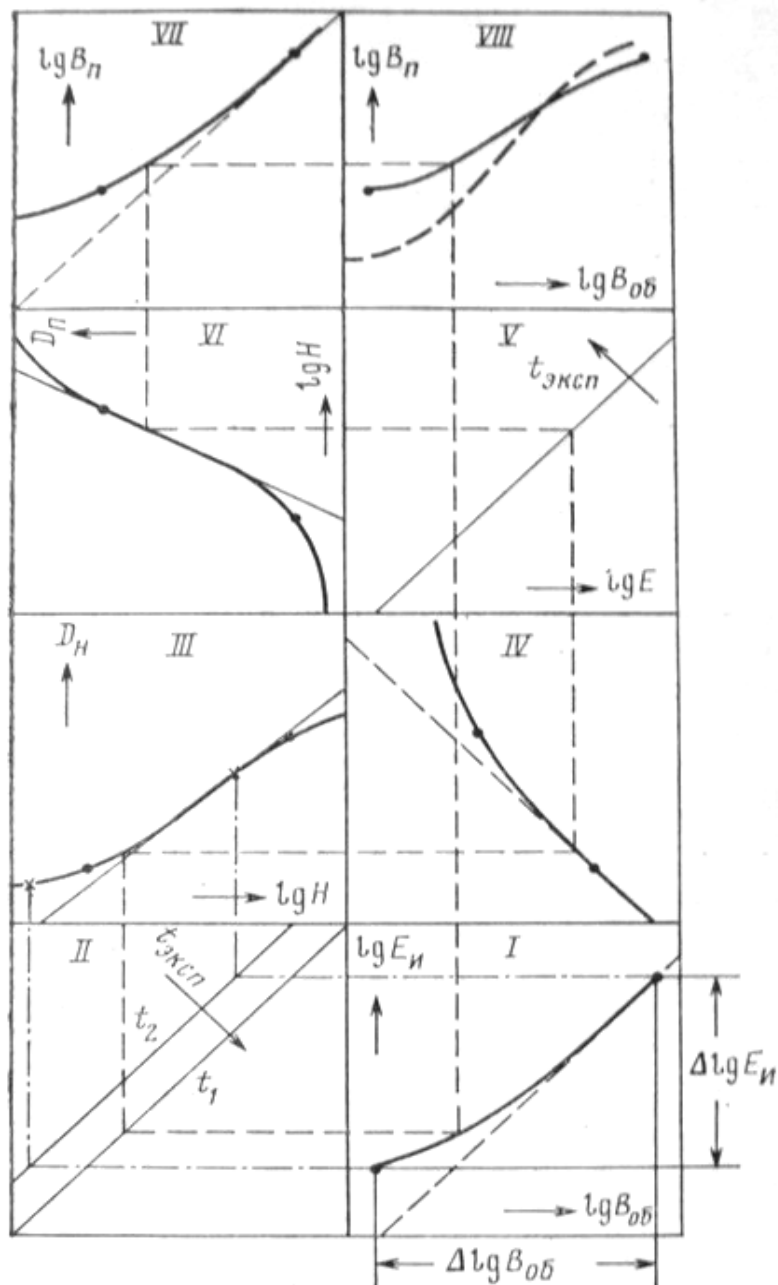
На сенситометрическом бланке по горизонтали показаны логарифмы экспозиций полей сенситограммы. Эти данные можно использовать для определения с помощью формул светочувствительности плёнки. Существует несколько разных стандартов.

Графический расчёт величины эффективной светочувствительности негативной плёнки, с учётом конкретных условий работы, даёт наглядное представление о свойствах плёнки. Величины сенситометрических экспозиций можно будет заменить полезными для практической работы с графиком значениями относительных яркостей объекта.

Мы будем определять светочувствительность, как способность передачи на позитивной плёнке серой детали объекта с относительной яркостью 0,18 плотностью 1,1. При этом печать негатива проводится при 25 копировальном потоке для зелёночувствительного слоя. Нормирование позитива обеспечивает при плотности 1,1 равные плотности для всех слоёв, то есть характеристические кривые пересекаются в этой точке и слои позитивной плёнки дают изображение серого цвета.

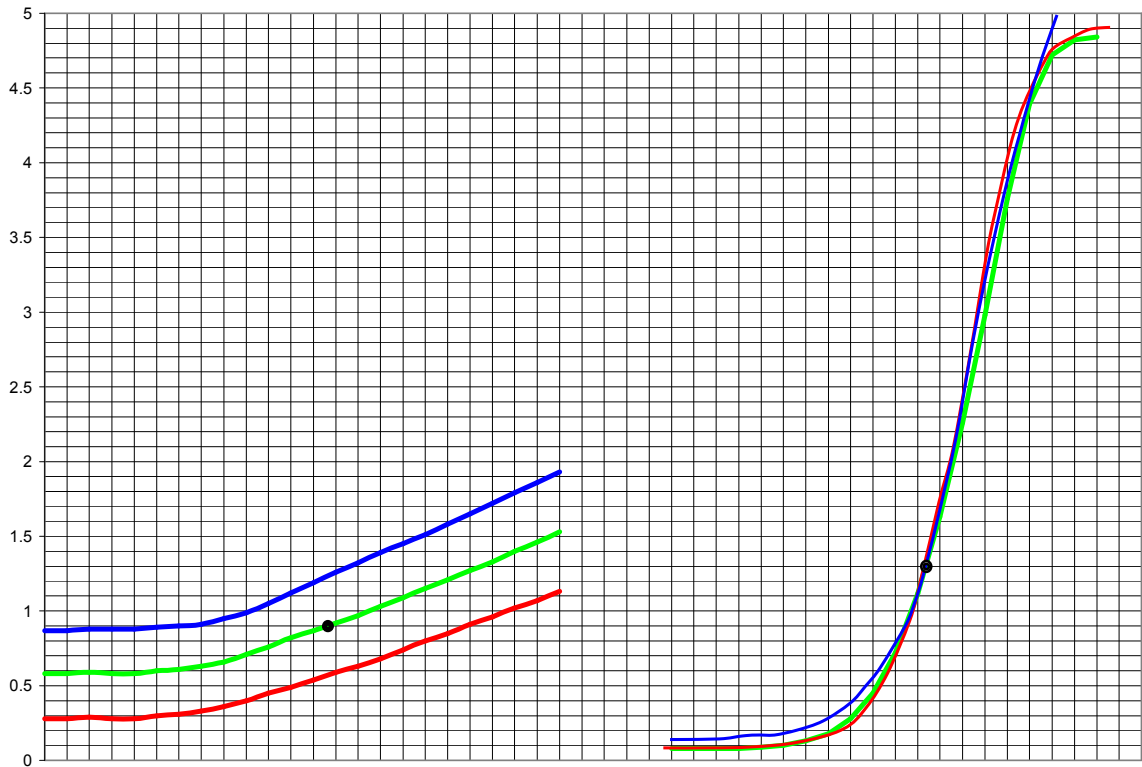
Построение кривой воспроизведения, по сути, является отражением процесса печати позитива.

В литературе по теории фотопроцесса (В.А. Зернов «Фотографическая сенситометрия») приводится цепочка графиков, показывающая взаимное влияние этапов процесса на результат воспроизведения деталей объекта. Практическое использование такого представления мне кажется сложным.

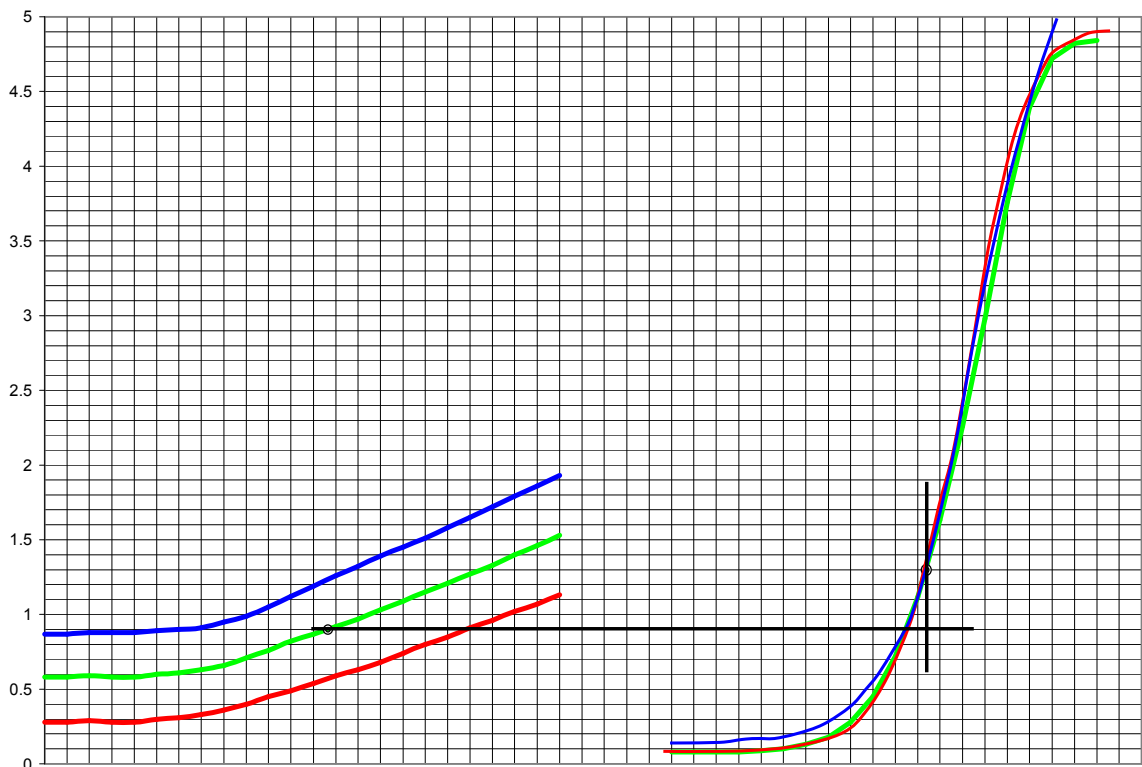


Особенностью предлагаемого метода является объединение на одном бланке графиков процессов. Это даёт возможность наглядно связать результаты измерений в практической работе с конкретными объективами и плёнкой.

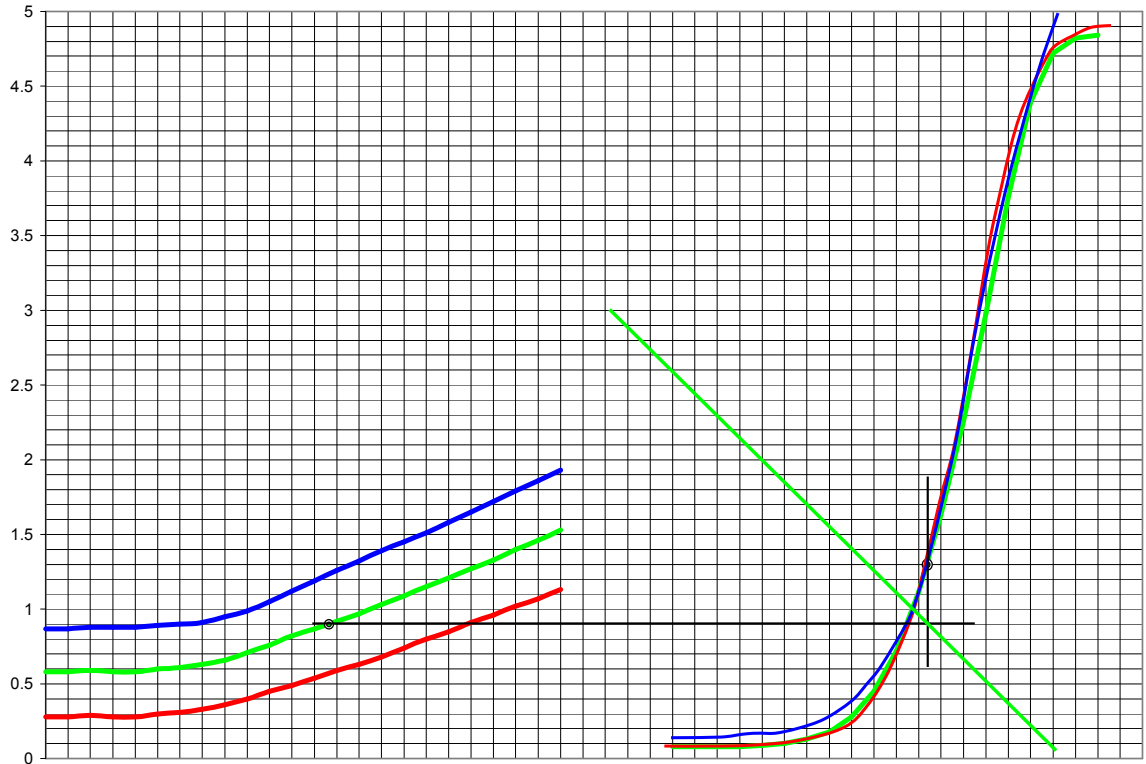
Каждый элемент объекта, выраженный на графике его относительной яркостью, производит в негативе некоторую плотность. Позитив изображения тестобъекта должен печататься при копировальных потоках 25-25-25. В результате измерения плотностей изображения нашего теста для зелёночувствительного слоя в негативе и позитиве, можно нанести на график точки, соответствующие этим плотностям.



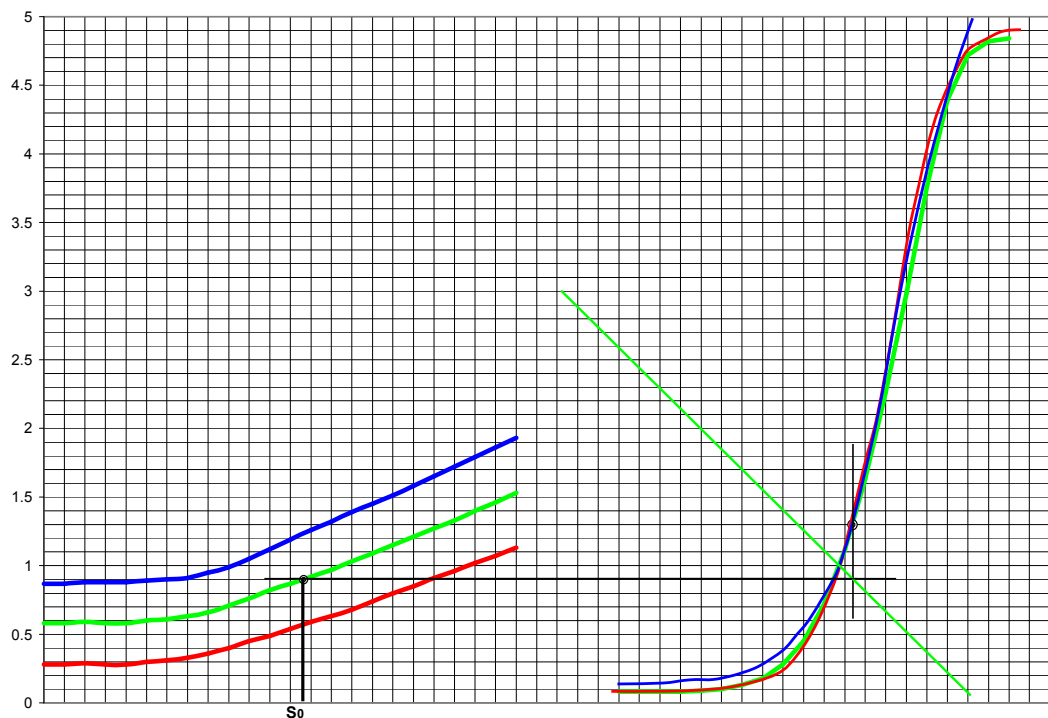
В примере, показанном на графиках, для зелёночувствительного слоя получились плотности: в негативе  $D_n = 0,9$ , в позитиве  $D_p = 1,3$  после печати позитива при копировальных потоках 25-25-25, Это - **контрольные плотности**. Съёмки теста производилась с экспозицией, соответствующей предполагаемой светочувствительности. Проведём горизонталь через точку контрольной плотности негатива и вертикаль через соответственную точку в позитиве.



Можно сказать, что при данном режиме печати, эти плотности связаны между собой копировальным потоком. Точка пересечения горизонтали и вертикали определяет положение диагонали поворота, положение которой по вертикали, отражает силу света при копировании – номер копировального потока. Эта диагональ является графическим изображением копировального потока 25.



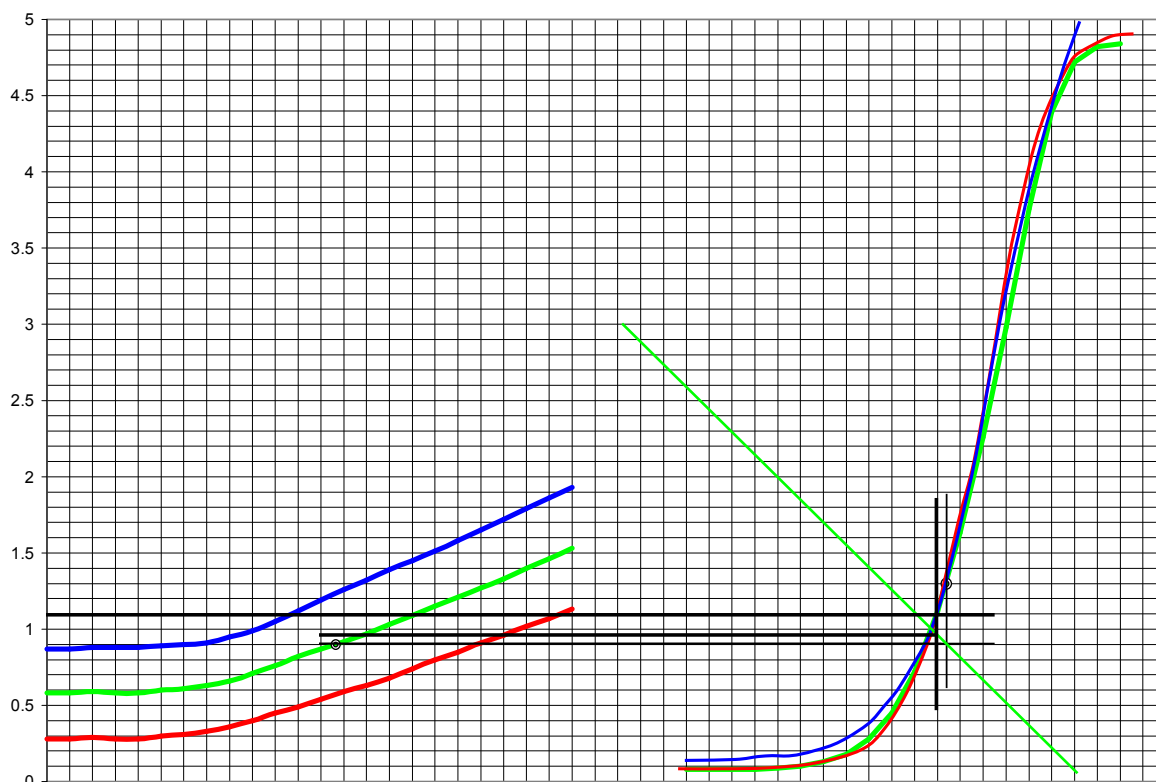
Плотности, полученные в негативе и позитиве, созданы при экспозиции, установленной в результате измерения яркости теста при предполагаемой светочувствительности. Вертикаль, проведенная через плотность в негативе  $D_n$ , показывает на горизонтальной шкале графика её величину.



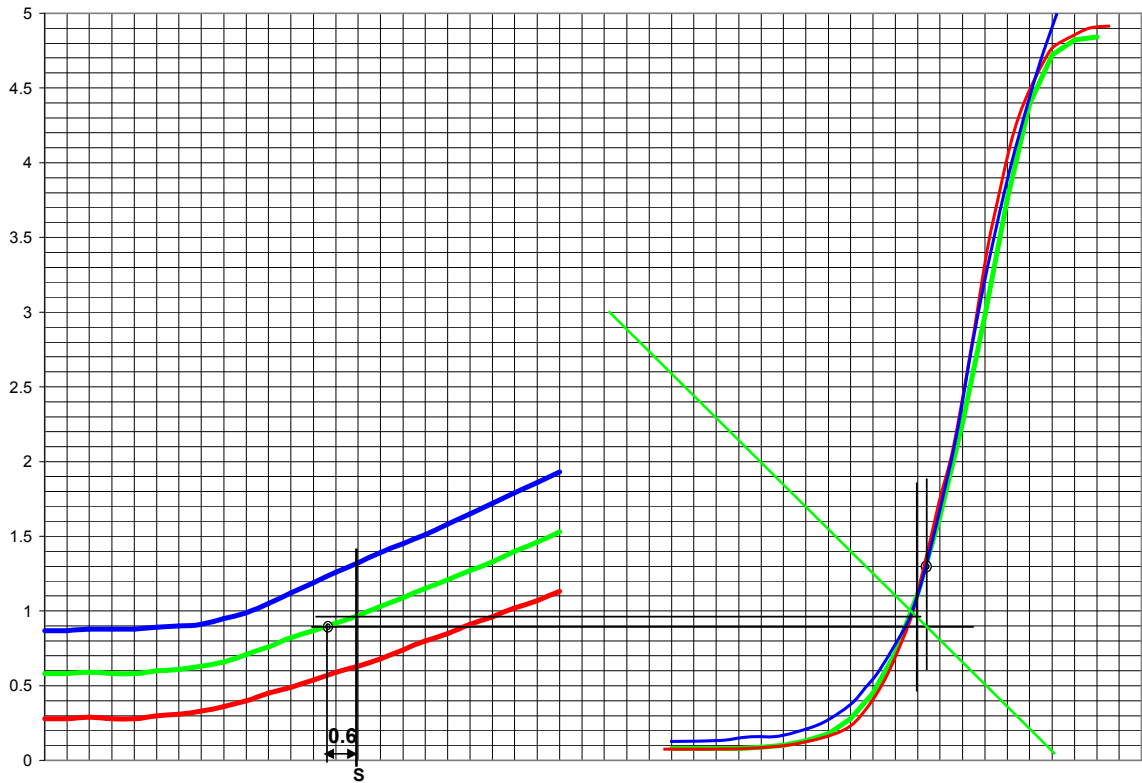
Любая горизонталь, проведённая от кривой негатива до диагонали копировального потока и далее до кривой позитива, показывает величину плотности в позитиве, полученную при исходной экспозиции (относительной яркости объекта) и данном режиме печати.

В предлагаемом примере в результате съёмки теста получилась плотность в позитиве  $D_p = 1,3$ . Для получения в позитиве плотности 1,1 нужно изменить экспозицию при съёмке. То есть светочувствительность плёнки должна оцениваться другим значением. Используя полученную графически связь: негатив – копировальный поток – позитив, найдём положение вертикали экспозиции, соответствующее светочувствительности плёнки, необходимой для получения в позитиве плотности 1,1.

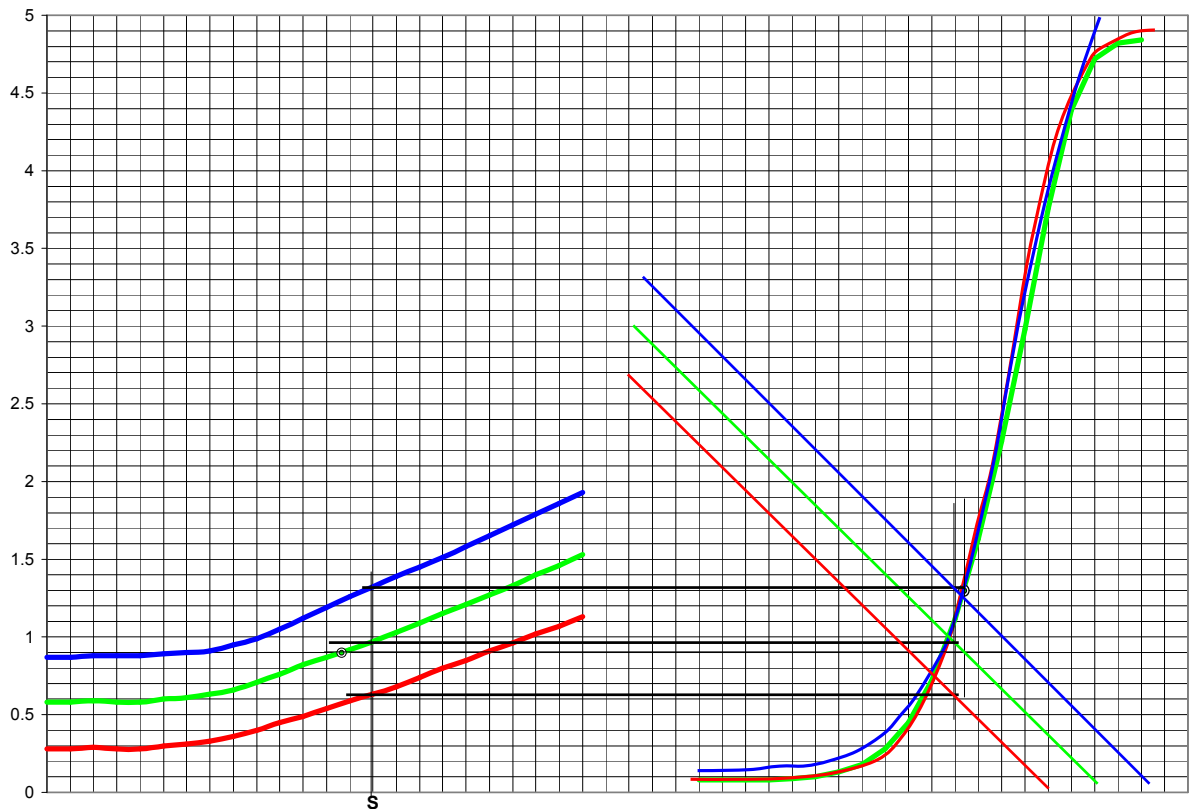
Для этого проведем вертикаль от плотности 1,1 в позитиве до диагонали копировального потока и далее вернёмся на кривую негатива



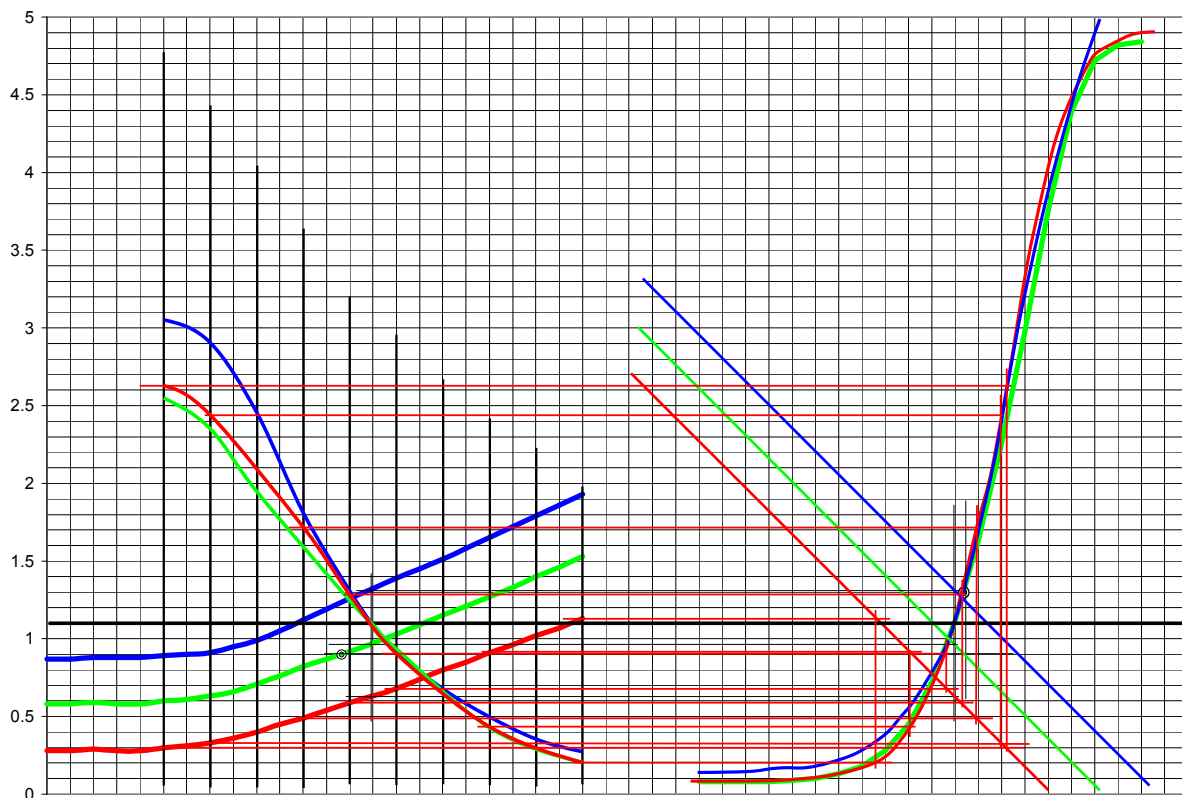
Точка пересечения горизонтали с кривой негатива показывает положение вертикали экспозиции, необходимой для получения в позитиве плотности 1,1 при новом значении светочувствительности. Проведём вертикаль **эффективной светочувствительности**, соответствующую относительной яркости объекта 0,18. При такой светочувствительности после печати позитива с копировальным потоком 25 для зелёночувствительного слоя в позитиве получится плотность 1,1. Её величина в данном примере на 0,6 по оси меньше предполагаемой



При экспозиции, соответствующей этой вертикали образуются некоторые плотности в сине- и красно- чувствительных слоях. Проекция этих плотностей на вертикаль, проходящую через плотность 1,1 в позитиве, даст положение точек, преломления экспозиций для сине- и красно- чувствительных слоёв. При печати позитива эти экспозиции произведут в позитиве плотность 1,1.

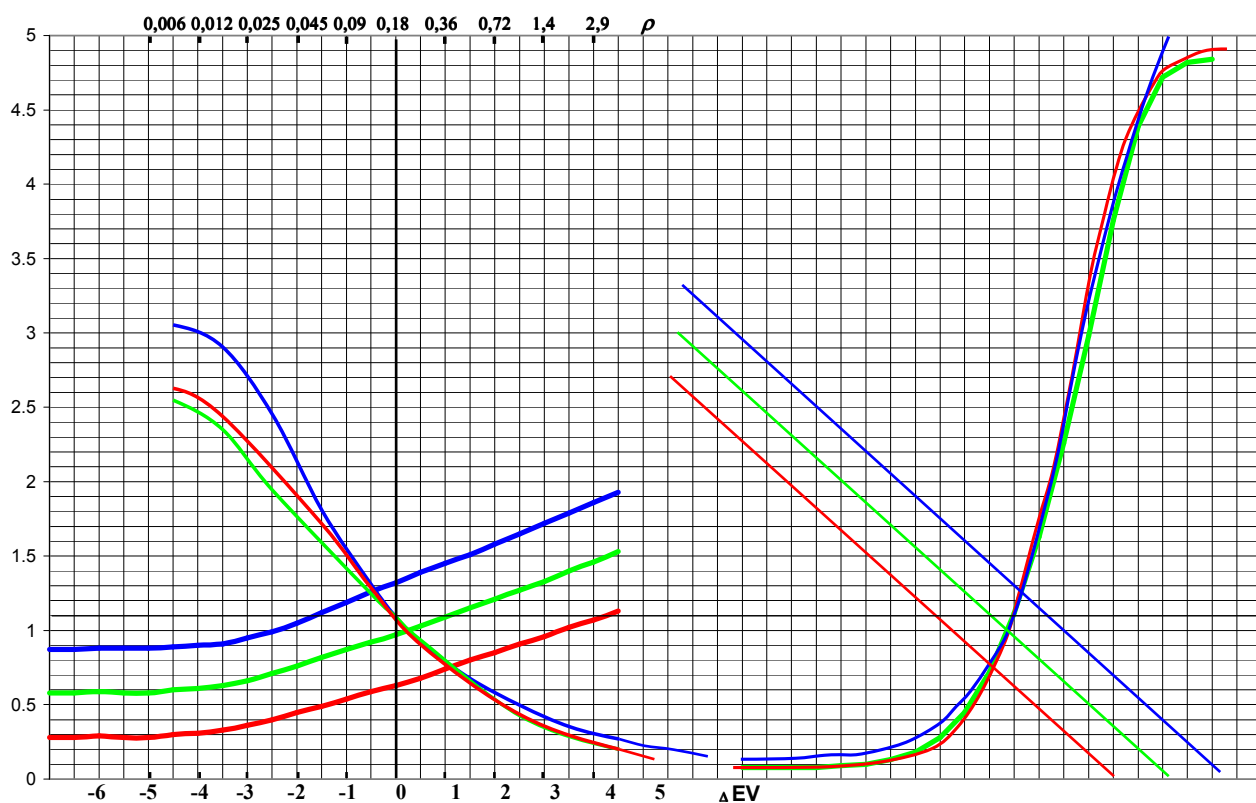


Диагонали копировальных потоков пересекают вертикаль, проходящую через точку с плотностью 1,1 в позитиве на уровне соответственных плотностей негатива. Каждой точке плотности негатива соответствует при данной светочувствительности и копировальном потоке плотность в позитиве. На вертикалях экспозиций (относительных яркостей объекта) можно показать точки плотностей позитива. Соединив эти точки, мы получим **кривую воспроизведения** для зелёно-, сине- и красночувствительного слоя.



При печати позитива сила света в копировальном аппарате регулируется величиной копировального потока. Для каждой зоны (красной, зелёной, синей) существует 50 ступеней – номеров потоков. Увеличение силы света на одну ступень даёт приращение в 0,025 раза. Вертикальный сдвиг диагонали копировального потока на 0,1 даёт изменение на 4 ступени копировального потока.

На горизонтальную ось графика можно нанести в соответствии с законом удвоения величины относительных яркостей объекта  $\rho$  и значения  $\Delta EV$  – отклонений от ключевой относительной экспозиции в объекте, соответствующей эффективной светочувствительности.



Полученные кривые воспроизведения тонов объекта в позитиве позволяют судить о характере цвета в тенях и светах изображения. В данном случае видно, что тени будут коричневыми из-за преобладания плотностей в синечувствительном слое. Известно, что в синечувствительном слое образуется жёлтый краситель, в зелёночувствительном – пурпурный, в красночувствительном – голубой.

По кривым воспроизведения можно судить о контрасте и широте изображения тонов объекта. Контраст выражен на графике углом наклона кривых. Измеряют контраст величиной тангенса угла наклона. Для нормального восприятия контраст позитива фотоотпечатка должен быть равен 1. При проекции значение контраста должно быть равно 2. Эти данные получены в результате опроса контрольной группы наблюдателей, которым было предложено определить качество изображения. Изображение представляло некоторый нормально освещённый объект. Творческий подход к изображению может требовать другого контраста.

На графике видно, в каком диапазоне могут быть изображены детали объекта. В данном примере сенситометрическая экспозиция не обеспечила отображение высоких плотностей негатива. Однако они изображаются на позитиве. Следует продлить вправо кривую воспроизведения, приблизительно продолжая характер склонения кривых до достижения минимальной плотности позитива. Этой плотностью ограничивается широта воспроизведения светлой части. Тёмные детали нормального по относительной яркости объекта изображаются до плотности равной 3. Более высокие плотности позитива пропадают при проекции из-за засветки экрана ввиду светорассеяния в системе проектора. Однако, если объект тёмный, засветка уменьшается и возможно изображение на экране деталей в плотностях позитива выше 3. Ограничение плотностью 3 широты изображения при проекции обусловлено предположением, что коэффициент светорассеяния системы кинопроектора близок к 1%. Меньшие величины вряд ли возможны, за исключением проекции на специальный экран поляризованного изображения (например – стереокино). Высокое светорассеяние при проекции ухудшает воспроизведение тёмных деталей, широта изображения уменьшается. Засветка экрана, как и киноплёнки при съёмке,

зависит не только от коэффициента светорассеяния, но и от относительной средней яркости объекта. Поэтому светлые изображения при проекции в большей степени засвечивают экран, что ведёт к потере деталей в тенях независимо от возможности воспроизведения системы негатив-позитив.

Воспроизведение тонов объекта, графически показанное в данном примере, построено без учёта цветности света при съёмке, не учтено так же действие светорассеяния в системе объектив, камера.

## 5. Влияние светорассеяния.

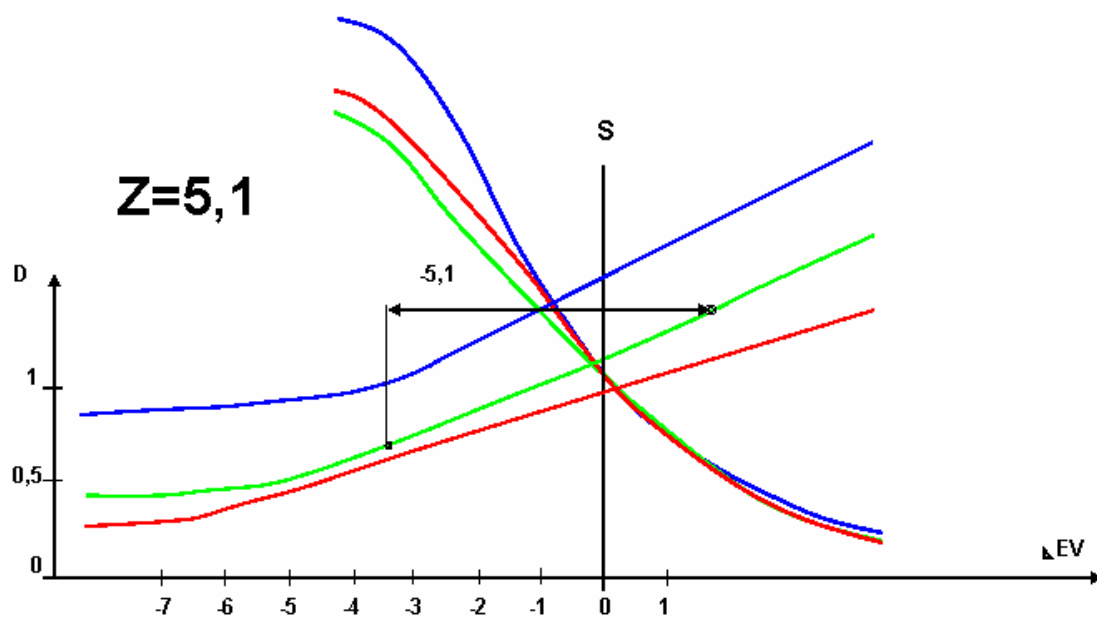
Часть света, попадая на объектив и внутренние поверхности аппарата, рассеивается и равномерно засвечивает изображение. Контраст изображения в тенях снижается. Изменяется форма характеристической кривой негатива и соответственно форма кривой воспроизведения. Последствия рассеяния света ввиду отражения от внутренних деталей аппарата рассчитать не представляется возможным. Мы будем рассматривать действие света, рассеянного в оптике.

При расчёте экспозиции мы выбираем в объекте деталь, которая должна создать плотность в позитиве 1,1. Её относительная яркость будет равна 0,18. Объект в целом может давать столько же света, как равномерно освещённое поле с относительной яркостью 0,18, или быть в среднем более или менее светлым. В общем случае это не влияет на установку экспозиции при съёмке, так как, выбрав «ключевое» поле, мы придём ему значение относительной яркости 0,18. В остальном объект может быть, как светлым так и тёмным, соответственно будет выглядеть изображение.

Но на величину засветки негатива из-за светорассеяния большая или меньшая относительная яркость объекта влияет так же, как коэффициент светорассеяния. Нам придется пользоваться значением логарифма светорассеяния. Вычислять его не потребуется. Мы будем применять его графическое представление. Назовём его **фактором светорассеяния Z**. Фактор светорассеяния – это расстояние по горизонтали нашего графика в единицах делений диафрагмы ( $\Delta EV$ ) от положения плотности темной части негатива нашего теста до плотности светлой части.

Результаты измерения плотностей тёмной и светлой частей негатива занесены в таблицу. Точки соответствующие этим плотностям надо нанести на график. Расстояние между этими точками по горизонтальной оси равно величине **Z**.

На графике показаны точки соответствующие плотностям в негативе и расстояние между ними. Горизонтальная ось размечена в величинах ступеней **EV** – это количество делений диафрагмы по шкале экспозиционных значений яркомера. В режиме измерения  $\Delta EV$  яркомер показывает насколько делений диафрагмы относительная яркость детали объекта отличается от ключевой, которая, как мы уже знаем, равна 0,18.



Значение  $Z$  – это характеристика светорассеяния данного объектива. Действие светорассеяния будет разным в зависимости от относительной яркости объекта в среднем. Светлые объекты дадут более высокий уровень засветки, чем тёмные. Для определения средней относительной яркости объекта при данной экспозиции можно измерить, как освещён объектив.

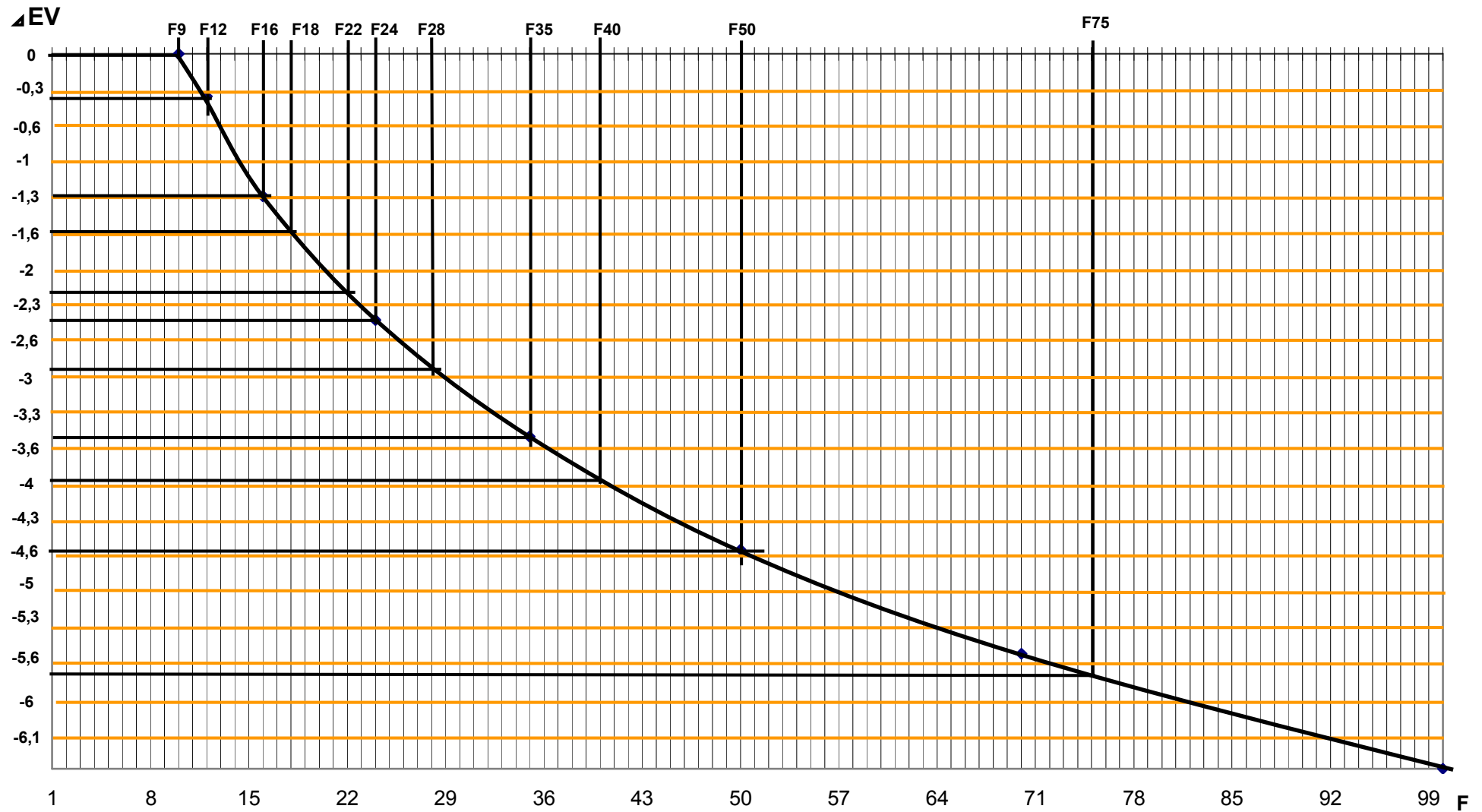
Расчёт величины светорассеяния с использованием замера экспозиции на поверхности объектива даёт возможность приблизительной оценки количества рассеянного света. Более точные данные мы бы получили при измерении света на выходном зрачке объектива, но это невозможно из-за особенности конструкции объективов. Часть света перекрывается оправой объектива, так же, как блендой, особенно это характерно для длиннофокусных объективов. Для получения результатов близких к реальным надо предельно ограничить поток света. Свет за пределами угла поля зрения объектива, хотя и создаёт повышенную освещённость на поверхности объектива, но может повышать засветку рассеянным светом не значительно, и такое влияние дополнительного света рассчитать невозможно. При съёмке со снижающими контраст светофильтрами оценка влияния светорассеяния по замеру освещённости на поверхности системы объектив - светофильтр более эффективна, так как освещённость светофильтра влияет на уровень засветки соответственно предлагаемому методу расчёта. Светорассеяние у просветлённых объективов происходит главным образом из-за фильтров и в этом случае предлагаемый метод более эффективен. Для того чтобы влияние светорассеяния поддавалось расчёту, и эти данные можно было использовать для изменения контраста изображения при съёмке надо защищать объектив от лишнего света.

В зависимости от угла поля зрения объектива, при данной экспозиции, мы меняем его освещённость, применяя бленду. Объект, отражающий свет в среднем, как серое поле с  $\rho = 0,18$ , создаёт некоторую минимальную освещённость на поверхности объектива, то есть такую освещённость, которую имел бы объектив при полном отсечении блендой части пространства объекта за пределами поля зрения.

Эту освещённость мы назовем **нормой освещённости**.

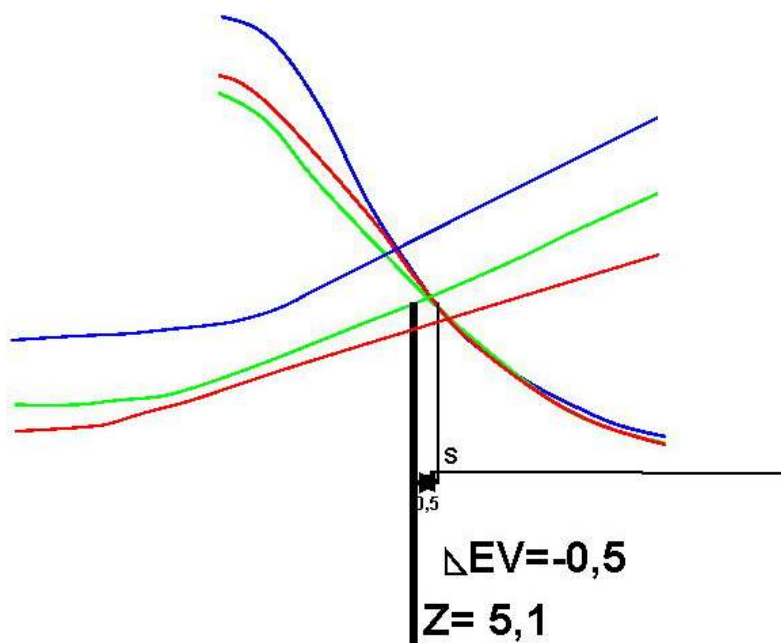
На графике показаны нормы освещённости для разных объективов. Формулы и ход построения приведены во второй части работы.

# Норма освещённости объектива

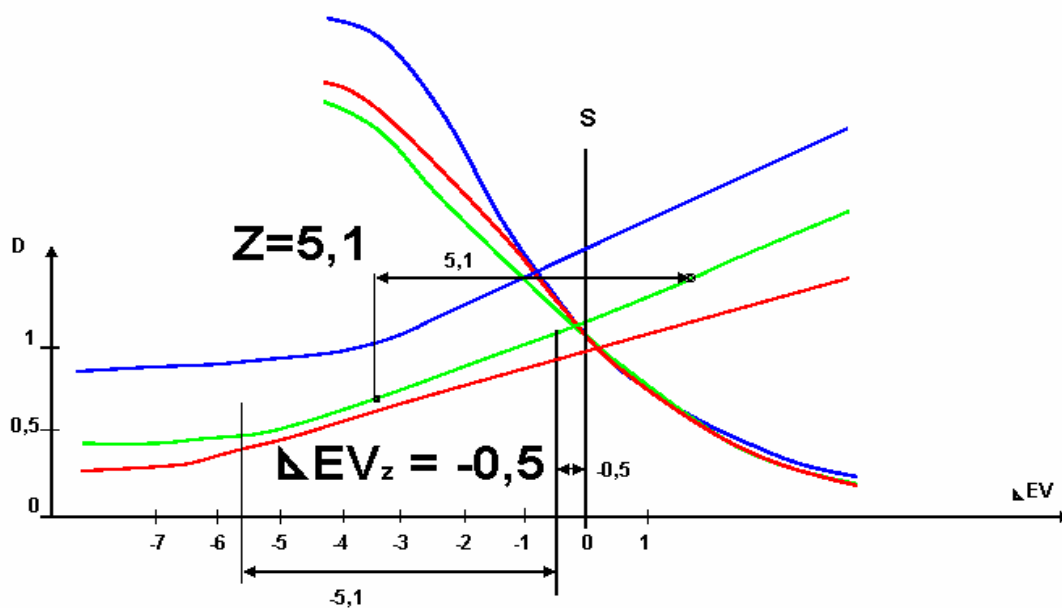


В практике съёмки возможны разные варианты соотношения экспозиции и средней относительной яркости объекта. Если разница  $\Delta EV$ , определённая по освещённости объектива соответствует его норме освещённости, то мы имеем дело с нормальным объектом, его средняя относительная яркость равна 0,18. При других результатах – объект тёмный или светлый.

Уровень засветки определяется графически, как экспозиция, отдалённая от вертикали средней относительной яркости объекта на величину  $Z$ . Вертикаль средней относительной яркости объекта сдвигается вправо или влево от ключевой относительной яркости в зависимости от яркости объекта. Например: экспозиция, определённая по освещённости объектива, в соответствии с его **нормой освещённости** отличается от нормы на  $-0.5$  ступени  $EV$ . Значит, вертикаль средней относительной яркости сдвинется влево на  $0,5$  от ключевой относительной яркости.



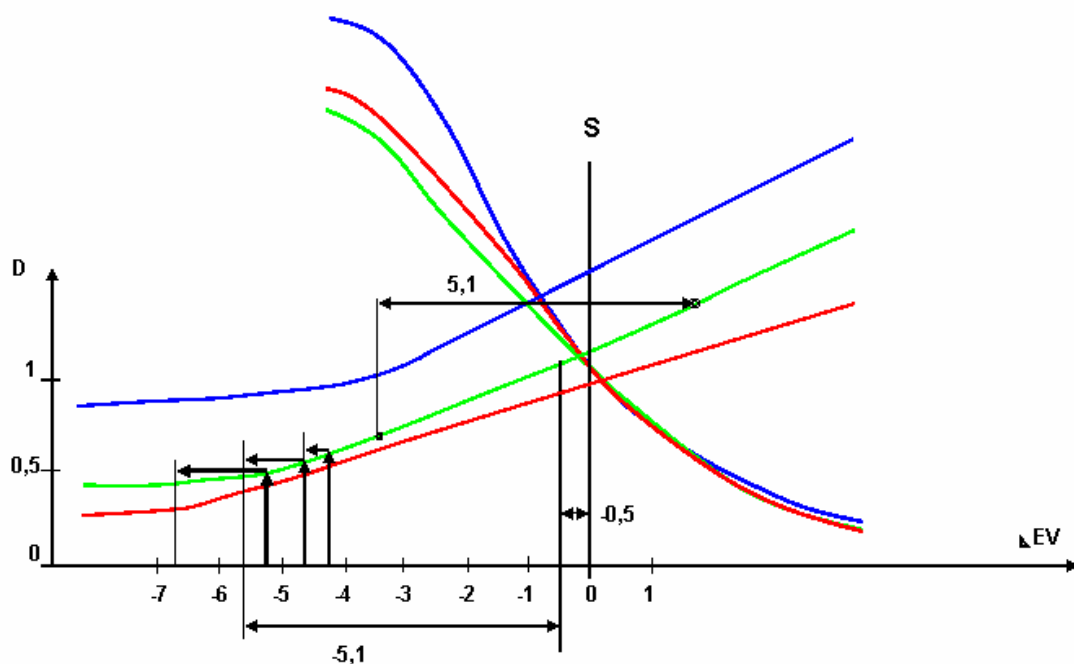
Далее на графике надо отложить влево от полученной средней относительной яркости объекта значение  $Z$ .



На этом расстоянии находится экспозиция засветки от светорассеяния. Действие



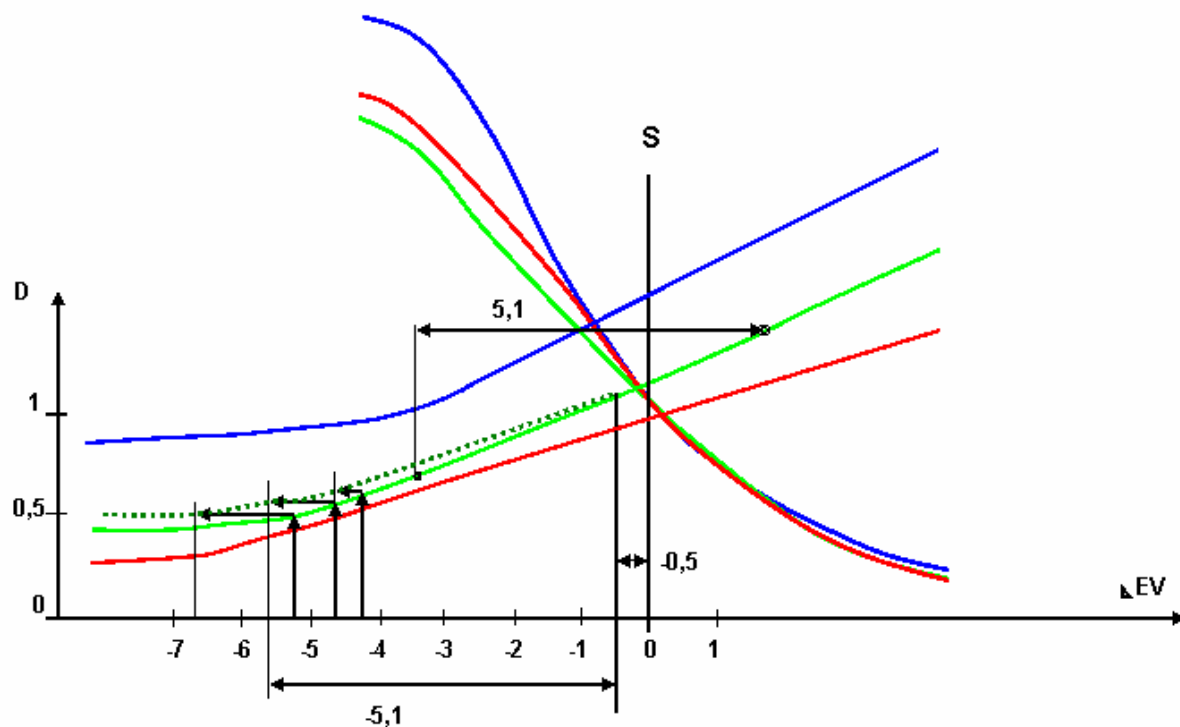
Действие света для вертикали экспозиции в 2 раза меньшей, чем уровень засветки, будет в 1,5 раза больше, чем по вертикали засветки.



Минимум света определяется уровнем засветки. Поэтому вуаль негатива будет иметь значение, которое имел негатив при экспозиции равной действию засветки.

Чем выше уровень экспозиции, тем в меньшее количество раз изменяется количество света, так как кратно большим величинам прибавляется постоянная величина рассеянного света. При экспозиции, равной средней относительной яркости объекта, увеличение плотности негатива не происходит. При больших величинах плотность негатива не значительно снижается.

Можно построить кривую негатива с учётом действия засветки, соединив точки плотностей в соответствии с приведёнными соображениями.



Этот простой метод построения характеристической кривой негатива с учетом действия светорассеяния можно использовать при светорассеянии меньше 10%. При больших величинах требуется изменение положения точек отсчёта при построении вертикали засветки. Подробнее об этом – во 2 части.

Свет, падающий на объектив, может иметь цветовую температуру, отличающуюся от рекомендованной для данной плёнки. Возможна различная степень засветки зональных слоев негатива. Для учёта цветности рассеянного света надо промерить плотности негатива в синей и красной зонах спектра и строить эффективные кривые негатива в соответствии с зональными факторами светорассеяния. Обычно разница по цвету между светом, падающим на объект и светом, отражённым от объекта на объектив не велика. Поэтому в нашем тесте цветность не учитывается.

Понимание результата действия рассеянного света позволяет регулировать контраст с помощью светофильтров, снижающих контраст изображения. Светорассеяние снижает контраст в тенях изображения. Указание производителей светофильтров на возможность снижения контраста в светах не вполне корректно. На самом деле при снижении контраста в тенях, вследствие засветки изображения рассеянным светом, общая плотность позитивного изображения снижается. Чтобы позитив не стал слишком светлым, экспозицию при съёмке надо уменьшить, таким образом, в светах появляется больше деталей, создаётся впечатление лучшей проработки, что и относят за счёт снижения контраста в светах. Светофильтры Black Promist, по описанию фирмы снижающие контраст в светах, имеют значительную плотность (около 0,3). Такой фильтр примерно в 2 раза снижет экспозицию, но, за счёт рассеяния света, общая плотность негатива и позитива в тенях не меняется, если, как указано в инструкции, не менять экспозицию при съёмке.

Для снижения контраста также применяются светофильтры Low Contrast, Ultra Contrast и Soft Contrast. Они отличаются различным характером краевого контраста на границе тёмного и светлого. Ultra Contrast даёт наиболее резкую границу. С фильтрами этой серии свет минимально «заливает» границу тени.

## **6. Цветность света. Влияние цветности света на кривую воспроизведения.**

Кривые воспроизведения, построенные по результатам сенситометрических испытаний, показывают, как будет выглядеть изображение серых тонов объекта при освещении его светом со стандартной цветовой температурой. Реальные условия съёмки могут отличаться по цветности света от стандартных. В этом случае нужно по горизонтали сдвинуть кривые зональных слоёв негатива в соответствии с изменившимися условиями. Принимая во внимание различный по цвету свет в разных частях объекта, надо выбрать участок, который освещен в соответствии с замыслом «белым светом». Серые и белые детали здесь должны выглядеть в изображении не окрашенными. Это будет свет **ключевой цветности**. Измеряя его цветность, мы можем внести изменения в расположение характеристических кривых негатива.

Цветомер надо привести в режим замера разницы между измеряемым и стандартным светом.

При условии изменения цветности света по закону температурных источников в пределах  $\pm 200\text{mK}$ , достаточно точно можно смещать кривые негатива по оси  $\Delta EV$  в соответствии с соотношениями:

Для синечувствительного слоя на  $0,0093 \Delta LB$

Для красочувствительного слоя на  $-0,0073 \Delta LB$

Для зелёночувствительного слоя на  $-0,002 \Delta LB$

### Пример

Цветомер показывает  $\Delta LB = -100 \text{ m}\mu\text{r}$ ,

Вычисляем смещение

Для синечувствительного слоя:  $(-100) \times 0,0093 = 0,93$

Для красочувствительного слоя:  $(-100) \times (-0,0073) = 0,73$

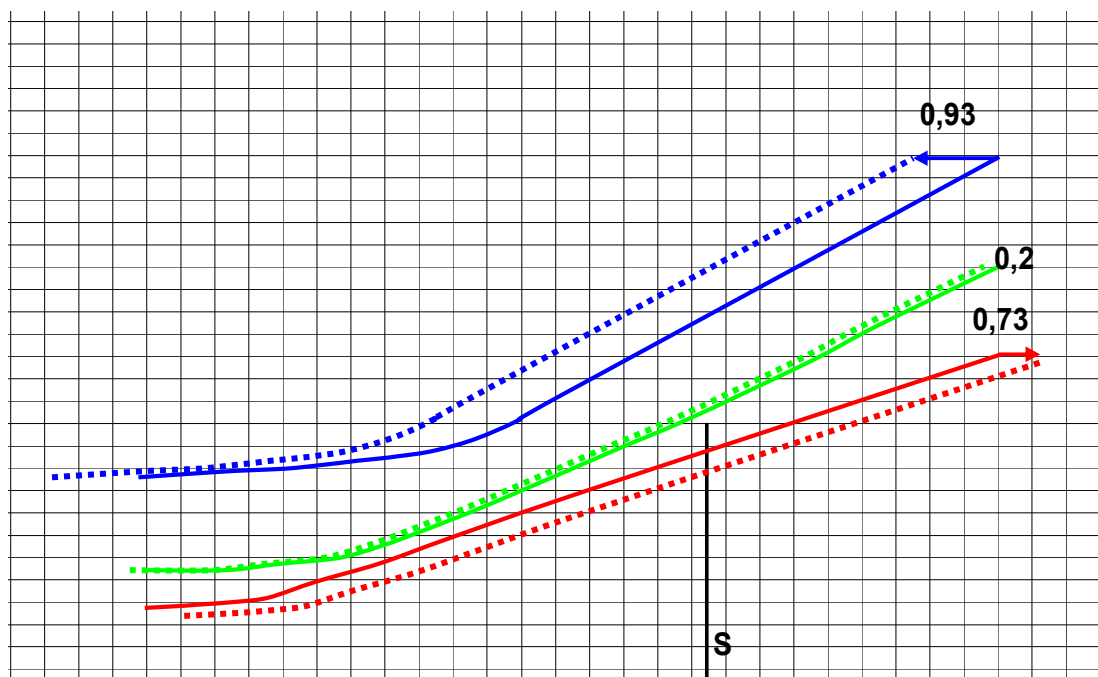
Для зелёночувствительного слоя:  $(-100) \times (0,002) = 0,2$

На графике нужно сместить исходные кривые

Для синечувствительного слоя: на  $0,93$  влево

Для красочувствительного слоя: на  $0,73$  вправо

Для зелёночувствительного слоя: на  $0,2$  влево



Соотношения действительны для изменения положения кривых при отличии цветности света от сенситометрического стандарта в указанных пределах:  $\pm 200 \text{ m}\mu\text{r}$ .

Измерение цветности света надо проводить в режиме **LB** и **CC**. Температурные источники: небо, солнце, лампы накаливания — дадут в режиме **CC** показания близкие к 0. Нетемпературные: люминесцентные, газовые лампы — покажут при измерении отклонение от нулевого значения, характерного для температурных. Происходит смещение экспозиции в зелёной зоне. Экспозиметр при этом показывает суммарную экспозицию.

В режиме измерения по величине отклонения света по цветности от температурного - **CC**- цветомер Minolta даёт показания декамайредах. То есть число, взятое с прибора надо умножить на 10 и получатся майреды. В приведённых формулах для расчёта сдвига кривых негатива  $\Delta CC$  включено с учётом этого обстоятельства, то есть умножать на 10 не надо.

Изменение цветности света, измеренное в режиме **СС** ведёт к сдвигу кривых по оси  $\Delta EV$  соответственно:

Для синечувствительного слоя на  $-0,00053 \Delta CC$

Для зелёночувствительного слоя на  $0,001 \Delta CC$

Для красночувствительного слоя на  $-0,00053 \Delta CC$

При одновременном изменении по **СС** и по **LB** следует применить соотношения:

Для синечувствительного слоя на  $0,0028 \Delta LB - 0,00053 \Delta CC$

Для красночувствительного слоя на  $-0,0022 \Delta LB - 0,00053 \Delta CC$

Для зелёночувствительного слоя на  $-0,0006 \Delta LB + 0,001 \Delta CC$

Извините, даже в первой части проще не изложишь. Впрочем, можно воспользоваться цветовым графиком, чтобы не делать вычислений.

## 7. Цветовой график.

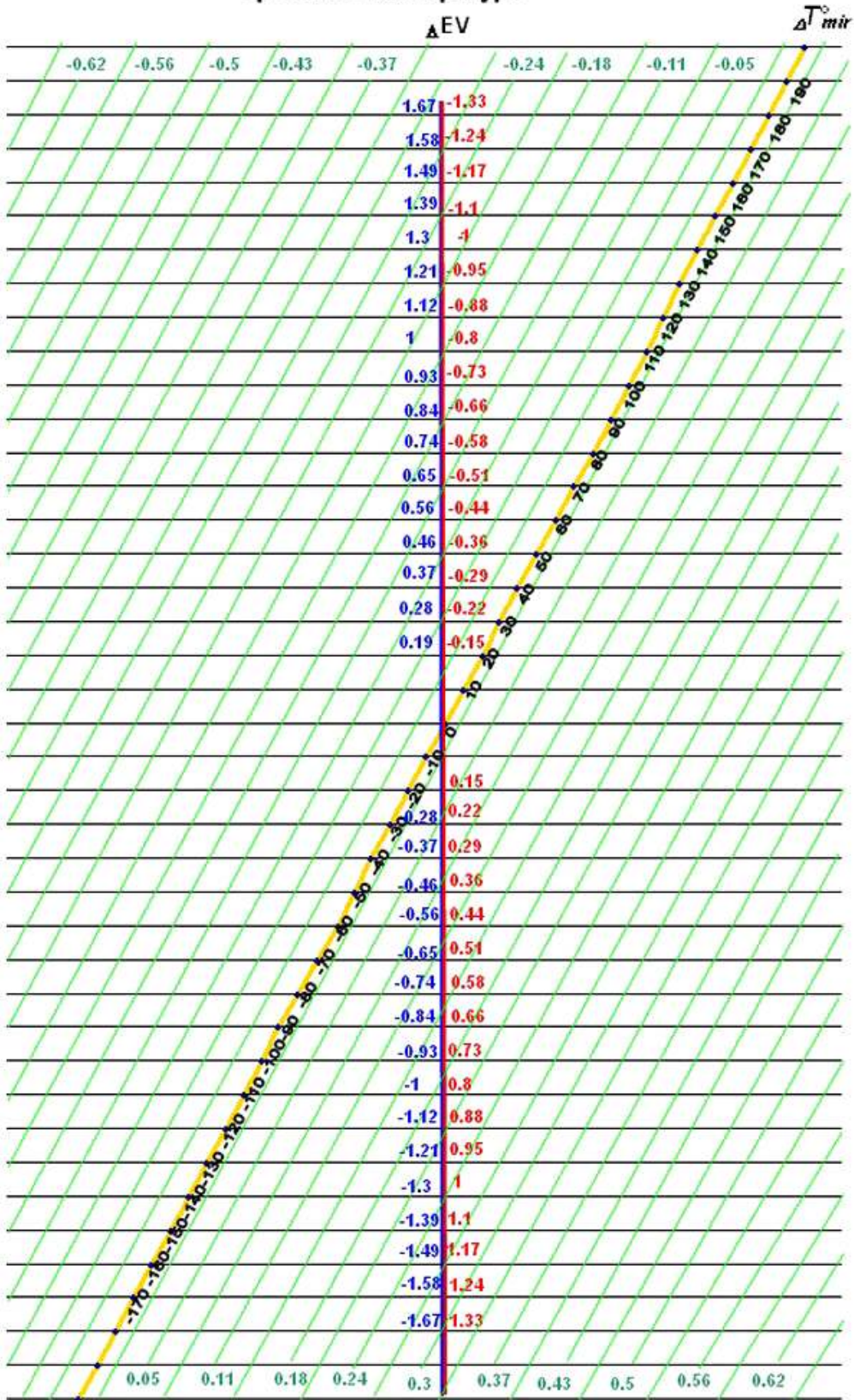
Объект составляют детали разного цвета. Измерение цветности деталей объекта в операторской практике не производится. Обычные цвета, с которыми мы имеем дело, отображаются плавными сплошными спектральными характеристиками и воспроизводятся так же, как серые неселективные поля.

Однако, как и цветность света, освещающего объект, цветность деталей может быть выражена в соответствии с понятием цветовой температуры и нетемпературного смещения.

Различные представления цветового пространства, применяемые в полиграфии для определения цветового охвата красителей, представляют для оператора лишь теоретический интерес.

В 1953 году С. А. Друкер предложил представление цветовых характеристик с помощью цветофотографических коэффициентов. На их основе можно построить график цветовой температуры, поле которого составляют точки, в которых общая фотографическая энергия не меняется. Опуская тонкости построения и соотношение цветофотографических коэффициентов по осям, мы можем пользоваться этим графиком для вычислений результатов изменения цветности. Линию цветовой температуры разметим в майредах точками с шагом в  $10 \text{ m}i\ddot{r}$ . Отклонения зональных кривых определяются на графике по положению точки на плоскости (в соответствии с показаниями цветомера по **LB** и **СС**). Проекция от точки на вертикаль показывает отклонение для красной и синей зоны, диагональная проекция на одну из горизонталей даёт отклонение в зелёной зоне. Плюс или минус направляют отклонение вправо или влево.

## Цветовая температура



Сдвиг кривых, изменение их формы от светорассеяния меняют характер изображения, отображаемый кривой воспроизведения.

Как видите, все этапы процесса связаны между собой определёнными отношениями. Мы можем всё проследить на графиках – без формул и вычислений, используя экспонометр и цветомер.

Всё связано всё относительно...