

## ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МЕЛКИХ ДЕТАЛЕЙ В РАСТРОВОМ ФОТОГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ \*

В оценке качества полиграфической репродукции существенное место занимает точность воспроизведения мелких и малоконтрастных деталей изображения, содержащихся в большинстве реальных черно-белых и цветных оригиналов.

Наиболее распространенным методом выражения качественных возможностей воспроизведения деталей малых размеров является определение разрешающей и выделяющей способности процесса [1].

В научной фотографии проводились весьма детальные исследования разрешающей способности оптических систем и фотоматериалов. Установлено, что разрешающая способность зависит от большого числа факторов: влияния aberrаций, светорассеяния, качества фокусировки, природы и строения светочувствительного слоя, а также явлений, происходящих в нем во время экспонирования и проявления. В виду этого величину разрешающей способности необходимо указывать для строго определенных условий [2].

С точки зрения разрешающей способности идеальной полиграфической репродукцией является такая, при которой наблюдатель может видеть такие же мелкие детали при таких же небольших контрастах, что и в оригинале.

Превращение полутонового изображения в необходимое для высокой и офсетной печати микроштриховое изображение, производимое с помощью фотографического автотипного процесса или электронно-механическим способом, обуславливает специфическое воспроизведение деталей. При этом для имитации полутонового изображения необходимо, чтобы размер растровых элементов был меньше предела разрешающей способности глаза.

На большое принципиальное значение разрешающей способности растров по отношению к линейным деталям указывал еще в 1934 г. И. А. Медовщиков [3] (стр. 172). Однако работ по изучению воспроизведения мелких деталей в репродукционном процессе и особенно по изучению влияния растривания на это воспроизведение было проведено мало.

Известны работы Н. Н. Полянского [4, 5], Х. М. Картрайта и Р. С. Кокса [6], Е. А. Никанчиковой [7], Дж. Йоргенсена и М. Бруно [8], Т. С. Плясуновой [9], З. П. Гамазиной, Н. Н. Полянского, Ю. П. Селиванова [10].

\* В работе принимали участие студенты УПИ М. А. Намака и К. В. Павлунь.

Количественной оценкой воспроизведения мелких деталей в растровом репродукционном процессе может служить растровая разрешающая и выделяющая способность.

\* \* \*

Задачу исследования составляли разработка методики изучения разрешающей и выделяющей способности контактных и проекционных растров и определение на основе этой методики количественных показателей этих характеристик.

Нами изготовлен модельный оригинал, содержащий полутоновый фотоотпечаток с мелкими деталями, лучеобразную круглую миру и штриховую ступенчатую шкалу. Каждое поле этой шкалы состоит из прямых штрихов, расположенных в двух взаимноперпендикулярных направлениях, и замкнутых кольцеобразных линий. Кольцеобразные линии включены в модельный оригинал в связи с тем, что на передачу мелких деталей в растровом процессе влияет направление растровых элементов относительно формы и положения воспроизводимых деталей.

Для определения растровой разрешающей способности каждая ступень штриховой шкалы представлена группой штрихов; для определения выделяющей способности — одним штрихом в позитивном и негативном изображении. Эта ступенчатая штриховая шкала имеет девять ступеней с линиатурой 12, 18, 24, 34, 40, 48, 54 и 60 *лин/см*.

В модельном оригинале штриховые элементы представлены семью интервалами оптических плотностей (1,62—0,04; 1,26—0,04; 0,94—0,04; 0,45—0,04; 1,64—0,34; 1,63—0,73; 1,53—1,05), что необходимо для изучения влияния контрастности изображения и тона окружающего фона на разрешающую и выделяющую способности растрового фотографического процесса.

Изображение тест-объекта представлено на рис. 1.

На репродукционном фотоаппарате ФГ-2М проводилась съемка модельного оригинала с проекционными и контактными растрами на фототехнической пленке ФТ-30 при одинаковых условиях освещения (дуговые фонари) и проявления (в контрастном метолгидрохионовом проявителе). Линиатура проекционных и серых контактных растров была 24, 30, 40, 48, 54 и 60 *лин/см*. Фотографирование модельного оригинала производилось в различных масштабах, что обеспечило большой диапазон линиатур тест-объекта, необходимый для достижения более точных результатов исследования. Диапазон линиатур для определения разрешающей способности находится в границах 9 ÷ 240 *лин/см*, а ширина штрихов для определения выделяющей способности — 0,555 ÷ 0,020 *мм*.

Режим экспериментальной съемки с проекционными и контактными растрами обеспечивал получение растровых элементов в светах и тенях одинаковых размеров на всех негативных изображениях контрастного (интервал 1,62—0,04) модельного оригинала. Относительная площадь негативных растровых элементов соответствовала 3—5% в тенях и 95—97% в светах.

Съемка с проекционными растрами производилась по расчетному методу. Съемка с контактными растрами велась при относительном отверстии 1 : 11. Так как светорассеяние в использованном нами репродукционном аппарате снижает интервал освещенности оптического изображения оригинала на 20%, то применялись специально изготовленные серые контактные растры с рабочим интервалом оптических плот-

ностей растровых элементов 1,3. Съемка с контактными растрами производилась с использованием специального пневматического устройства [11, 12].

В результате растрирования воспроизводимые штрихи и кольца тест-объекта приобрели точечную структуру. При их анализе определялась степень штриховой шкалы, на которой штрихи воспроизводятся отдельно и форма кольцевых элементов не искажена. Оказалось, что

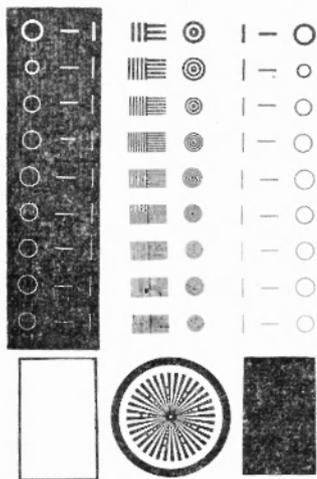


Рис. 1. Изображение тест-объекта.

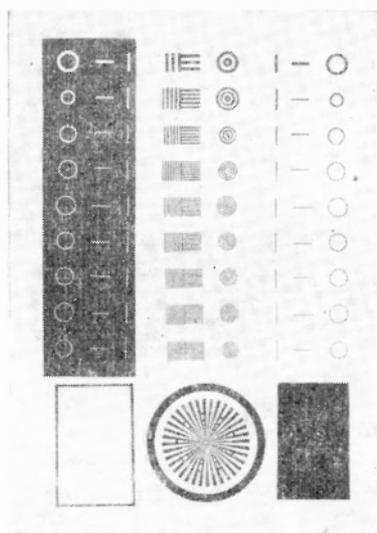


Рис. 2. Растрированное изображение тест-объекта.

определение разрешающей способности лучше вести по растрированному изображению кольцевых элементов.

Разрешающая и выделяющая способности определялись на основании визуального анализа растровых негативов и полученных с них фотоотпечатков. С этой целью изготовлялись также цинкографские копии с копировальным слоем на основе поливинилового спирта. Результаты их анализа дали возможность учитывать копировальные свойства растровых элементов негативов и показали, что в копировальном процессе значение растровой разрешающей и выделяющей способности не изменяется.

Растрированное изображение тест-объекта представлено на рис. 2.

Растровая разрешающая способность ( $R_p$ ) выражалась тем числом линий на сантиметр, при котором элементы тест-объекта на растровом изображении передаются без искажения их кольцеобразной формы, а выделяющая способность выражалась наименьшей толщиной линии, которая воспроизводится при данной линиатуре растра. Выражение растровой разрешающей способности в линиях на сантиметр, а не в линиях на миллиметр, удобно тем, что линиатура растров выражается также числом линий на сантиметр.

Результаты определения растровой разрешающей и выделяющей способности приведены в таблицах 1 и 2. Здесь приведены средние из большого числа экспериментальных данных, полученных при многократных съемках в различных масштабах. Растровая разрешающая способность выражена в *лин/см*, выделяющая — в *мк*.

Таблица 1

Растровая разрешающая способность фоторепродукционного процесса с проекционными и контактными растрами

Линиатура растра, <i>лин/см</i>	Вид растра	Характеристика модельного оригинала							
		$D_{\max} = 1,62$ $D_{\min} = 0,04$ $U_{\text{нт.}} = 1,68$	$D_{\max} = 1,26$ $D_{\min} = 0,04$ $U_{\text{нт.}} = 1,22$	$D_{\max} = 0,91$ $D_{\min} = 0,01$ $U_{\text{нт.}} = 0,9$	$D_{\max} = 0,45$ $D_{\min} = 0,04$ $U_{\text{нт.}} = 0,41$	$D_{\max} = 1,61$ $D_{\min} = 0,34$ $U_{\text{нт.}} = 1,30$	$D_{\max} = 1,63$ $D_{\min} = 0,73$ $U_{\text{нт.}} = 0,90$	$D_{\max} = 1,53$ $D_{\min} = 1,05$ $U_{\text{нт.}} = 0,48$	
24	Проекционный	12	12	11	10	14	13	12	
	Контактный	16	14	12	11	17	15	13	
30	Проекционный	16	14	13	13	17	16	15	
	Контактный	20	18	16	14	21	18	16	
40	Проекционный	23	21	19	18	25	23	19	
	Контактный	27	25	23	20	27	24	21	
48	Проекционный	28	26	24	21	30	27	24	
	Контактный	33	30	27	24	33	29	29	
54	Проекционный	32	29	26	24	33	29	27	
	Контактный	38	35	31	27	37	34	30	
60	Проекционный	36	32	30	27	37	34	30	
	Контактный	44	40	36	31	44	38	32	

Таблица 2

Растровая выделяющая способность фоторепродукционного процесса с проекционными и контактными растрами

Линиатура растра, <i>лин/см</i>	Вид растра и характер изображения тест-объекта			
	проекционный растр		контактный растр	
	позитивное изображение	негативное изображение	позитивное изображение	негативное изображение
24	154	81	140	70
30	128	68	117	58
40	93	48	84	41
48	72	38	63	31
54	61	32	53	27
60	53	28	45	23

Грубость эксперимента составляет 3—4% для растров с мелкой линиатурой (60, 54 и 48 *лин/см*) и 6—8% для растров с крупной линиатурой (40, 30 и 24 *лин/см*).

Зависимость растровой разрешающей способности от линиатуры применяемого раstra и характера тест-объекта изображена на рис. 3.

На рис. 4 приведена сравнительная характеристика контактных и проекционных растров по разрешающей и выделяющей способности.

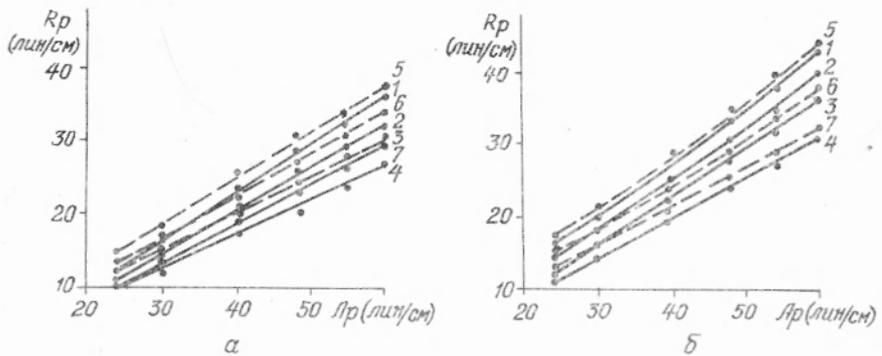


Рис. 3. Зависимость растровой разрешающей способности от линиатуры растров:

*a* — проекционного; *б* — контактного. Оптические плотности тест-объектов: 1 —  $1,62 - 0,04 = 1,58$ ; 2 —  $1,26 - 0,04 = 1,22$ ; 3 —  $0,94 - 0,04 = 0,90$ ; 4 —  $0,45 - 0,04 = 0,41$ ; 5 —  $1,64 - 0,34 = 1,30$ ; 6 —  $1,63 - 0,73 = 0,90$ ; 7 —  $1,53 - 1,05 = 0,48$ .

Для сравнения в таблице 3 приводятся данные о разрешающей способности при воспроизведении контрастного изображения тест-

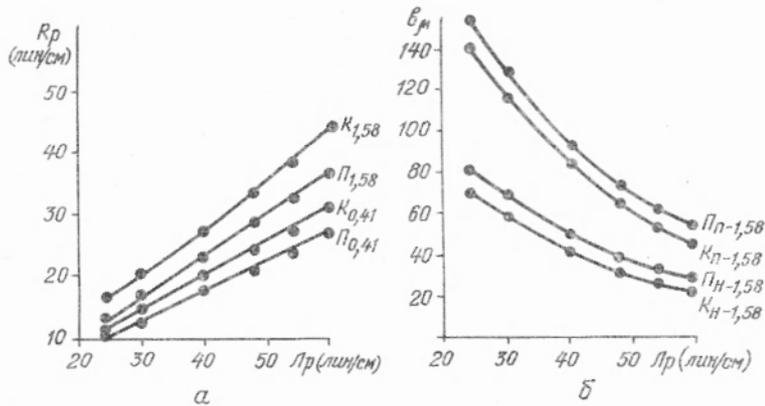


Рис. 4. Сравнительная характеристика контактных и проекционных растров:

*a* — по разрешающей способности, *б* — по выделяющей способности.

Таблица 3

Сравнительная характеристика растровой разрешающей способности фотоинкографского и электрогравировального процессов

Линиатура раstra, лин/см	Способ воспроизведения			
	фотоинкографский		электрогравировальный	
	с контактным растром	с проекционным растром	при точечной структуре	при линейной структуре
40	27	23	21	—
48	33	28	27	24
54	38	32	—	27

объекта с помощью контактных и проекционных растров, а также на электрогравировальных автоматах с линейной и точечной структурой. Данные по электрогравированию получены Я. С. Маруняком.

Анализ растрованных изображений тест-объекта показал, что растровую разрешающую способность, как отмечалось выше, лучше всего определить по кольцеобразным элементам. Это объясняется тем, что на разрешение влияет направление расположения растровых элементов относительно детали изображения.

Воспроизведение мелких деталей при растривании зависит от соизмеримости величины детали и растрового элемента. Для разрешения требуется, чтобы величина растрового элемента была равна размеру детали или меньше его. При тест-объекте с бесконечным контуром растровая разрешающая способность должна равняться линиатуре применяемого растра.

В наших опытах растровая разрешающая способность несколько меньше линиатуры растра. Это объясняется определенным (конечным) контрастом тест-объекта, влиянием факторов, обуславливающих величину разрешающей способности оптической системы и фотослоев, а также светорассеянием при растривании. Таким образом, растровые разрешающая и выделяющая способности увеличиваются с увеличением числа линий растра.

Более высокие разрешающая и выделяющая способности контактных растров, в сравнении с проекционными, объясняются тем, что последние при растривании находятся на некотором расстоянии от светочувствительного слоя. При этом происходит светорассеяние в зоне между фотослоем и растром, вызываемое отражением света от их поверхностей. Это обуславливает градационные и графические искажения оптического и затем фотографического изображения воспроизводимой мелкой детали.

Более высокая растровая разрешающая способность при работе с контактными растрами обуславливает четкую передачу мелких дефектов оригинального изображения и его ретуши. Поэтому к качеству оригиналов и их ретуши должны предъявляться повышенные требования.

Из опытных данных видно, что с уменьшением контраста воспроизводимой детали растровая разрешающая способность уменьшается.

Некоторые изменения растровой разрешающей и выделяющей способности при постоянном интервале оптических плотностей воспроизводимых деталей, в случае изменения оптической плотности окружающего фона или в зависимости от того, позитивный или негативный характер имеет деталь на окружающем фоне, вызываются изменяющимся светорассеянием. Чем выше яркость окружающего воспроизводимую мелкую деталь фона, тем больше искажающее влияние светорассеяния.

Как стало очевидно из проведенного анализа, растровая разрешающая способность зависит от градиента растровой плотности в отдельных зонах воспроизводимого интервала плотностей мелких деталей. Следовательно, на величину разрешающей способности влияют режим растровой фотографии с проекционным растром и характер распределения оптических плотностей элемента контактного растра при растривании с ним.

Полученные данные показывают, что при выборе линиатуры растра недостаточно руководствоваться лишь характеристикой применяемой в данном случае бумаги и способом печатания. Необходимо строго учитывать и растровую разрешающую способность.

Используя известные приемы математической обработки экспериментальных данных, основанные на применении метода наименьших квадратов, мы получили зависимости растровой разрешающей способности ( $\bar{K}_r$ ) от линиатуры применяемого растра ( $L$ ) и характера объекта съемки, выраженного интервалом оптических плотностей его деталей ( $I$ ) при определенных условиях растривания. Эта зависимость может быть записана в виде

$$R_p = a(I)L + b(I), \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  — функции, зависящие от особенностей репродукционного процесса (способа растривания, степени искажения изображения в системе фотоаппарат—фотослой и др.) и подлежащие определению для каждого конкретного случая.

При использовании для растривания в репродукционном аппарате контактных растров зависимость (1) принимает вид

$$R_p = (0,46 + 0,20I)L - 2,7 + 0,5I, \quad (2)$$

а при использовании проекционных растров —

$$R_p = (0,4 + 0,16I)L - 0,4 - 2,4I. \quad (3)$$

Сравнение экспериментальных данных с рассчитанными по приведенным зависимостям (2) и (3) показывает отклонения, не выходящие за границы ошибки эксперимента.

Сравнение данных разрешающей и выделяющей способностей, полученных нами, с данными других авторов [6, 7, 9] показывает, что они различаются незначительно.

В работе Е. А. Никанчиковой [7] показано, что пробелы воспроизводятся точнее, чем штрихи. Это аналогично суждению о лучшей передаче негативного изображения мелких деталей, чем позитивного.

Из таблицы 3 видно, что разрешающая способность при воспроизведении на электрогравировальных автоматах ниже разрешающей способности воспроизведения с помощью растров. Причем точечная структура электрогравирования дает большую разрешающую способность, чем линейная.

Экспериментальная работа и ее обсуждение позволяют сделать следующие выводы:

1. Экспериментально определены растровая разрешающая и выделяющая способности при использовании контактных и проекционных растров в 24, 30, 40, 48, 54 и 60 *лин/см*.

2. Установлено, что растровая разрешающая и выделяющая способности зависят от условий растривания и контраста мелких деталей объекта съемки.

3. Контактные растры обладают большей разрешающей способностью по сравнению с проекционными растрами, а также точечным и линейным электрогравированием.

4. Растровая разрешающая способность зависит от направления расположения растровых элементов относительно мелких деталей. Поэтому ее следует определять по кольцеобразным элементам тест-объекта.

5. Растровая разрешающая и выделяющая способности не одинаковые при постоянном интервале оптических плотностей воспроизводимых деталей при изменениях силы тона окружающего фона. Так, при сером фоне они выше, чем при белом, и для негативного изображения больше, чем для позитивного.

6. Дано объяснение изменению растровой разрешающей способности от ряда факторов: вида растра, способа и условий растривания, контраста деталей объекта съемки, силы тона окружающего фона.

7. Получена математическая зависимость для определения разрешающей способности при растривании проекционными и контактными растрами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Л. Бурмистров. Разрешающая способность фотографических слоев. Труды ГОИ, том X, вып. 90, 1934.
2. Л. М. Матиясевиц. Фотографические свойства проявленного изображения и передача фотографическими слоями мелких деталей. В кн. «Современное развитие фотографических процессов», «Искусство», М., 1960.
3. И. А. Медовщиков. Исследование растрового негативного процесса. Труды НИИ ОГИЗ, вып. 2, М., 1935.
4. Н. Н. Полянский. О разрешающей способности фототехнических слоев: «Полиграфическое производство», 1954, № 6.
5. Н. Н. Полянский. Разрешающая способность фотографических слоев с двухромовокислыми солями. Научные труды МПИ, Сб. IV, М., 1956.
6. H. M. Cartwright, R. S. Cox. Letterpress Halftone Gradation and Resolution. Rangroze Annual, 1954, XLVIII.
7. Е. А. Никанчикова. О воспроизведении текста офсетным способом, «Полиграфическое производство» № 4 за 1957 г.
8. Дж. Йоргенсен, М. Бруно. Оценка качества изображения в офсетной печати. В кн. «Вопросы оценки качества полиграфических оттисков», перевод с английского, ИЛ, М., 1961.
9. Т. С. Плясунова. Влияние линнатуры растра на графическую точность деталей изображения и муар на репродукциях высокой печати. Тезисы докладов XVIII научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава МПИ, М., 1963.
10. З. П. Гамзина, Н. Н. Полянский, Ю. П. Селиванов. О допустимой точности воспроизведения при светокопировании, «Полиграфия», 1964, № 6.
11. Ю. П. Яхимович. Разрешающая способность фотопроцесса с контактными и проекционными растрами, «Полиграфическое производство», 1963, № 4.
12. Б. В. Коваленко, Ю. П. Яхимович. Авторское свидетельство СССР № 157605.

#### REPRODUCTION OF THE SMALL DETAILS IN THE SCREEN PHOTOGRAPHIC PROCESS

*U. P. JAKHIMOVICH*

On the basis of analysis of the screen separation and dissolution abilities the mathematical dependence for the determination of the dissolving ability in screening with the projection and contact screens is derived.

---