

УДК 519.72; 655.2/.3

**Ш. Б. Ташмухамедова¹, И. А. Буланов¹, Х. А. Бабаханова¹,
И. Г. Громыко², С. В. Сипайло²**

¹Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

²Белорусский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСТРОВЫХ СТРУКТУР НА ТОНОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ В ОФСЕТНОЙ ПЕЧАТИ

В статье изучено влияние различных растровых структур на тоновоспроизведение в офсетной печати. Для оценки качества воспроизведения полутоновых изображений при использовании регулярного, стохастического и гибридного растрирования был разработан тест-объект с помощью программ Adobe Photoshop и CorelDRAW. Печатные формы изготовлены на формном оборудовании Agfa Avalon N8-20 по технологии «Computer-to-Plate» с применением цифровых термальных пластин фирмы AGFA. При печатании на офсетной листовой печатной машине Speedmaster CD 102-5 LX использованы серия триадных красок RAPID Platinum и семь видов бумаги различной плотности (офсетная, этикеточная, самоклеящаяся, мелованная глянцевая, мелованная матовая, мелованная, картон). Выявлено, что применение гибридных растров при правильно подобранной линиатуре обеспечивает лучшее сочетание точности тоновоспроизведения и степени детализации изображения относительно других методов растрирования. При использовании технологии гибридного растрирования достигается стабильное воспроизведение растровых точек в разных областях тонового интервала даже при высоких линиатурах раstra, что позволяет существенно повысить детальность воспроизведения изображения по сравнению с регулярным растром, но требует компенсации увеличения растискивания на допечатной стадии.

Ключевые слова: растрирование, регулярный, стохастический, гибридный растр, качество печати, тоновоспроизведение, четкость точек.

Для цитирования: Ташмухамедова Ш. Б., Буланов И. А., Бабаханова Х. А., Громыко И. Г., Сипайло С. В. Оценка влияния растровых структур на тоновоспроизведение в офсетной печати // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2024. № 1 (279). С. 19–26.

DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-3.

**Sh. B. Tashmuhamedova¹, I. A. Bulanov¹, Kh. A. Babakhanova¹,
I. G. Gromyko², S. U. Sipaila²**

¹Tashkent Institute of Textile and Light Industry

²Belarusian State Technological University

EVALUATING THE INFLUENCE OF RASTER STRUCTURES ON TONE REPRODUCTION IN OFFSET PRINTING

The article examines the influence of various raster structures on tone reproduction in offset printing. To assess the quality of reproduction of halftone images using regular, stochastic and hybrid rasterization, a test object was developed using Adobe Photoshop and CorelDRAW programs. Printing plates are made on Agfa Avalon N8-20 plate equipment using “Computer-to-Plate” technology based on digital thermal plates from AGFA. When printing on a Speedmaster CD 102-5 LX offset sheetfed press, a series of RAPID Platinum process inks and seven types of paper of various densities (offset, label, self-adhesive, coated glossy, coated matte, coated, cardboard) are used. It has been revealed that the use of hybrid rasters with correctly selected lineature provides the best combination of tone reproduction accuracy and degree of image detail compared to other rasterization methods. When using hybrid screening technology, stable reproduction of raster dots is achieved in different areas of the tonal interval, even with high raster lineatures, which can significantly increase the detail of image reproduction compared to a regular raster, but requires compensation for increased dot gain at the pre-printing stage.

Keywords: rasterization, regular, stochastic, hybrid raster, print quality, tone reproduction, dot sharpness.

For citation: Tashmuhamedova Sh. B., Bulanov I. A., Babakhanova Kh. A., Gromyko I. G., Sipaila S. U. Evaluating the influence of raster structures on tone reproduction in offset printing. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2024, no. 1 (279), pp. 19–26 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-3.

Введение. Применение растровых структур технологически необходимо для воспроизведения одно- и многоцветных полутоновых изображений

в классических технологиях печати [1, 2]. В настоящее время растрирование изображений выполняется цифровым способом, что позволяет

реализовать различные методы формирования растровой структуры. Существующие методы цифрового растрирования имеют свои достоинства и недостатки, отражающиеся на точности передачи полутонов и графических деталей изображения. Это требует проведения их сравнительного анализа и выработки подходов к повышению качества полиграфической репродукции за счет совершенствования методов и алгоритмов растрирования.

В случае использования регулярного растра (рис. 1, *а*), при котором растровые точки разной площади расположены с равным шагом, возможно обеспечить стабильное воспроизведение растровых точек в формном и печатном процессах, а также воспроизведение однородных областей изображения без графического шума [3–5]. При репродуцировании многоцветных изображений в процессе печати происходит совмещение растровых структур всех четырех базовых цветов СМУК-модели. Из-за наложения регулярных растровых структур появляется посторонний узор – муар, наименьшим проявлением которого является видимая глазом розеточная структура, отвлекающая пользователя от сюжета изображения [6, с. 94–95]. Существуют и используются на практике различные методы для минимизации этого эффекта [7–11]. Одним из методов решения проблемы растровой розетки является увеличение линейности растра, но при этом возрастают тоновые искажения [12]. Использование комбинированного растрирования (сочетание различных видов растров в одном изображении) позволяет исключить или уменьшить образование розеточных структур [13–17].

При комбинированном методе растровая розетка проявляется в меньшей степени за счет использования стохастического растрирования для цветоделенной компоненты черного цвета и корректирования углов поворота регулярного растра для триадных цветов [13]. Если же для репродуцирования многоцветного изображения применяются совместно триадные и смесевые краски, это увеличивает вероятность возникновения муара, так как различие между углами поворота растра уменьшается из-за большого количества красок.

В работе [18] предлагается технология концентрического растрирования, являющегося разновидностью амплитудно-модулированного. В предложенном варианте характер растровой точки меняется в зависимости от тона: от круглого элемента кластерного типа в светах до системы концентрических окружностей в средних тонах и тенях.

В качестве альтернативы стохастическому растрированию для борьбы с муаром предложено использовать муаростойкие растровые структуры на основе квазипериодических мозаик Пенроуза [19].

Таким образом, среди используемых и рекомендуемых технологий растрирования очень сложно выбрать универсальный метод, обладающий высокой технологичностью и при этом обеспечивающий точное воспроизведение полутонов в сочетании с высокой степенью детализации изображения.

Целью данной работы является оценка влияния различных растровых структур на тоновоспроизведение в офсетной печати.

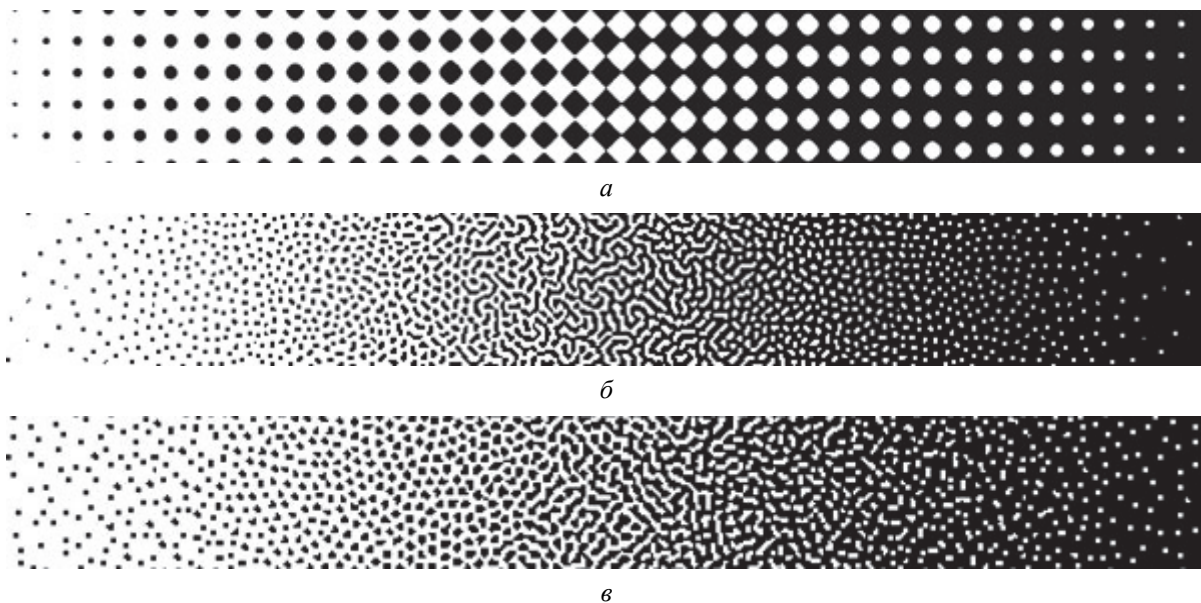


Рис. 1. Растрирование серого клина:
а – регулярный растр с амплитудной модуляцией;
б – стохастический растр с частотной модуляцией; *в* – гибридный растр

Основная часть. Для оценки качества воспроизведения полутоновых изображений при использовании различных растровых структур был разработан тест-объект (рис. 2) с помощью программ Adobe Photoshop и CorelDRAW. В состав тест-объекта включены следующие элементы:

1) фотографические изображения, содержащие памятные цвета, в том числе цвет человеческой кожи;

2) объекты, окрашенные в сложные для воспроизведения цвета, в том числе «золото» и «серебро», причем «серебро» может служить и для проверки серого баланса;

3) элементы для контроля качества печати, в том числе тест на достижение серого баланса;

4) позитивные кольцевые миры для красок основных цветов;

5) ступенчатая тоновая шкала, включающая градиционный переход от 0 до 100%.



Рис. 2. Комплексный тест-объект для оценки качества полиграфического воспроизведения

Информация на тест-объекте подвергалась цифровому растриванию с использованием трех методов: регулярного, стохастического и гибридного (при линиатуре 175 lpi). Растровые структуры различных типов были воспроизведены на печатных формах по технологии «Computer-to-Plate». Печатные формы изготавливались в условиях издательско-полиграфического творческого дома «Узбекистан» на формном оборудовании Agfa Avalon N8-20 с использованием термальных пластин фирмы AGFA, которые обеспечивают качество и стабильность процесса печати.

Печать контрольных образцов проводили на полиграфическом предприятии ООО «ANIS POLIGRAF» г. Ташкента (Узбекистан). При печати использовали следующие основные материалы:

– серию быстрозакрепляющихся триадных красок RAPID platinum (Германия);

– семь видов бумаги: офсетную массой 1 м² 80 г, этикеточную и самоклеящуюся массой 1 м²

80 г, мелованную матовую массой 1 м² 105 г, мелованную глянцевую массой 1 м² 115 и 250 г, картон массой 1 м² 300 г.

Печать выполнялась на офсетной листовой печатной машине Speedmaster CD 102-5 LX (Германия), согласно требованиям действующих стандартов.

На полученных оттисках были измерены значения оптической плотности, косвенно характеризующие толщину красочного слоя на поверхности запечатываемого материала. По измеренным значениям оптической плотности сплошных полей (100%) можно оценить общий контраст изображения на разных видах бумаги (таблица).

Значения оптической плотности при использовании различных способов растривания

При стохастическом растривании				При гибридном растривании				При регулярном растривании			
С	М	У	К	С	М	У	К	С	М	У	К
Офсетная, 70 г/м ²											
0,60	0,61	0,69	0,85	0,50	0,53	0,66	0,80	0,44	0,52	0,65	0,80
По ISO 12647-2:2004											
1,0	0,95	0,95	1,25								
Этикеточная, 80 г/м ²											
0,89	0,76	0,94	1,28	0,88	0,71	0,92	1,20	0,67	0,68	0,93	1,20
Самоклеящаяся, 80 г/м ²											
0,60	0,76	0,98	0,89	0,52	0,74	0,96	0,83	0,58	0,67	0,94	0,88
Мелованная глянцевая, 105 г/м ²											
0,77	0,78	1,03	1,24	0,70	0,74	1,05	1,20	0,53	0,66	0,96	1,22
По ISO 12647-2:2004											
1,55	1,50	1,45	1,85								
Мелованная матовая, 115 г/м ²											
1,08	0,90	1,06	1,31	0,88	0,74	0,99	1,27	0,70	0,67	0,94	1,19
По ISO 12647-2:2004											
1,45	1,40	1,25	1,75								
Мелованная, 250 г/м ²											
1,06	1,01	1,06	1,20	0,91	0,97	1,05	1,18	0,80	0,84	1,04	1,09
Картон, 300 г/м ²											
0,70	0,58	0,75	1,13	0,66	0,56	0,74	1,08	0,48	0,52	0,65	1,01

Полученные результаты позволяют сделать выводы об относительно широком динамическом диапазоне изображений, воспроизведенных с применением стохастического растривания, для всех триадных красок. При этом следует учесть, что повышенная подача краски приводит не только к увеличению общего контраста изображения, но и к усилению растискивания растровых точек. Последнее чревато увеличением градиционных искажений и уменьшением контраста в тенях. Это справедливо для всех методов растривания, поэтому при печати не следует превышать нормативных значений оптической плотности плашек.

Влияние вида растровой структуры и ее параметров на тоновоспроизведение при печати оценивалось по воспроизведению растровых полей ступенчатых шкал, отпечатанных красками основных цветов. Для оценки использовались показатели относительной площади растровых точек на оттиске в процентах и ее прирост по сравнению с номинальным значением. В современных международных стандартах общепринятым названием показателя прироста относительной площади растровой точки является Tone Value Increase (TVI), который представляет собой разницу между относительной площадью растровой точки на оттиске и ее исходным значением. Типовые кривые градационных искажений, характеризуемых параметром TVI, для разных видов бумаги приведены в стандарте на офсетную печать ISO 12647-2:2013 как в графическом виде, так и в виде степенных математических моделей. При обработке экспериментальных данных результаты денситометрических измерений были пересчитаны в значения относительной площади растровой точки по формуле Мюррея – Девиса, а затем вычислены значения прироста относительной площади на

оттиске. Кривые градационных искажений, соответствующие воспроизведению различных растровых структур на матовой мелованной бумаге, приведены на рис. 3.

Результаты эксперимента показали, что наибольшие градационные искажения характерны для стохастического метода растривания. Это объясняется существенно меньшим размером растровой точки по сравнению с другими методами растривания и, как следствие, большим относительным увеличением точки на оттиске. Наименьший прирост относительной площади присущ регулярному методу растривания, что обусловлено достаточно большими размерами растровой точки и ее меньшими геометрическими искажениями на оттиске. Однако следует иметь в виду, что качество полиграфической репродукции характеризуется не только тоновоспроизведением, но и способностью воспроизвести мелкие графические элементы исходного изображения. С этой точки зрения регулярный растр уступает альтернативным методам растривания, так как имеет ограничения на использование более высоких линиатур раstra.

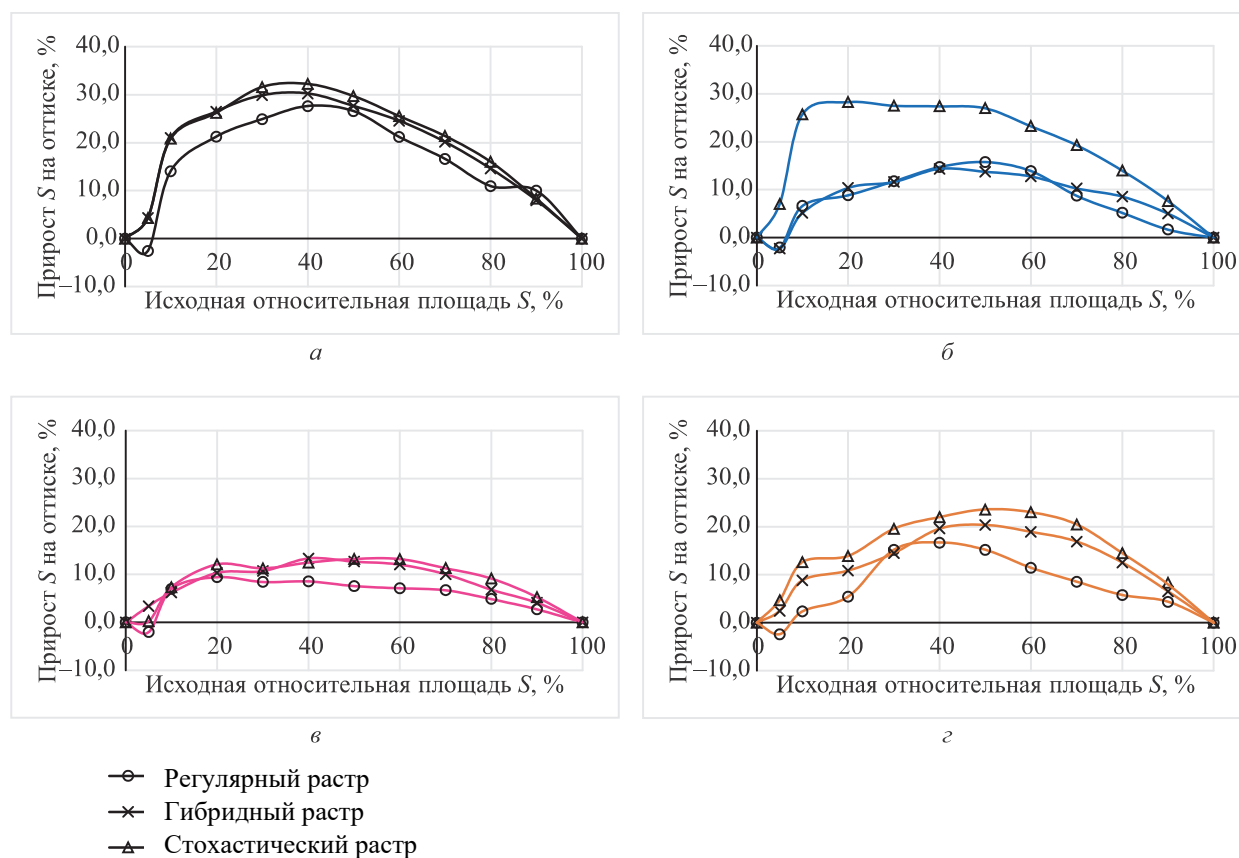


Рис. 3. Кривые градационных искажений при печати на матовой мелованной бумаге с использованием различных методов растривания:
 а – печать черной краской; б – печать голубой краской; в – печать пурпурной краской;
 г – печать желтой краской

В случае классического регулярного растра печать с повышенной линиатурой вызовет увеличение растискивания, т. е. градационных искажений, а также приведет к риску пропадания тоновых деталей в высоких светах и глубоких тенях изображения. Последнего недостатка лишен гибридный растр, так как в крайних областях тонового интервала растровая точка перестает изменяться по размеру, оставаясь воспроизводимой, а начинает реализовываться частотный принцип передачи полутонов. Это позволяет существенно повысить линиатуру растра при гибридном растрировании и тем самым улучшить детальность воспроизведения изображения, но требует компенсации повышенного растискивания на допечатной стадии. Современные растровые процессоры выводных устройств позволяют реализовать такую компенсацию программным путем и привести кривую градационных искажений на оттиске к типовому варианту, характерному для более низких линиатур растра.

Наблюдаемые на рис. 3 отличия в значениях градационных искажений при печати красками разных цветов могут быть объяснены различным количеством подаваемой краски, что сочетается с приведенными в таблице значениями оптической плотности плашек.

Стабильность тоновоспроизведения в печатном процессе зависит в том числе от резкости краев растровых точек на печатной форме и на оттиске. При нечетких краях растровых элементов даже небольшие колебания в подаче краски и увлажняющего раствора могут приводить к заметным тоновым искажениям. Для получения информации о четкости и резкости краев растровых элементов очень важно правильно выбрать исследовательское оборудование [20]. Современный растровый электронный микроскоп обеспечивает большую

глубину резкости и степень увеличения. Тем не менее он не может быть использован при анализе качества воспроизведения многокрасочных оттисков по причине слишком малой отображаемой области оттиска, в которую не помещается достаточное количество растровых элементов. Растровые точки, их размер и расположение можно исследовать с помощью оптической микроскопии в силу наличия большого поля зрения.

Для изучения четкости растровых элементов использовался оптический микроскоп Motic BA210, головная часть которого состоит из бинокулярной насадки с наклоном 30° и возможностью поворота на 360° , оснащенной цифровой камерой 3,0 Мп и широкопольными окулярами N-WF10x/20 с диоптрийной регулировкой. Микрофотографии оттисков, содержащих растровые структуры трех видов (регулярного, стохастического и гибридного), представлены на рис. 4 и 5.

По результатам визуальной оценки микрофотографий можно сделать вывод, что наиболее четкое воспроизведение 1%- и 5%-ных растровых точек в светах характерно для гибридного растрирования, а затем для регулярного растра.

Как видно из рис. 5, по визуальной четкости воспроизведения 20%- и 60%-ных растровых точек в светах и средних тонах растровые структуры можно привести в следующей последовательности:

- 1) гибридный растр;
- 2) регулярный растр;
- 3) стохастический растр.

Худшее визуальное восприятие изображения при стохастическом растрировании объясняется неравномерностью окраски из-за скопления растровых элементов и небольшими размерами самих растровых точек.

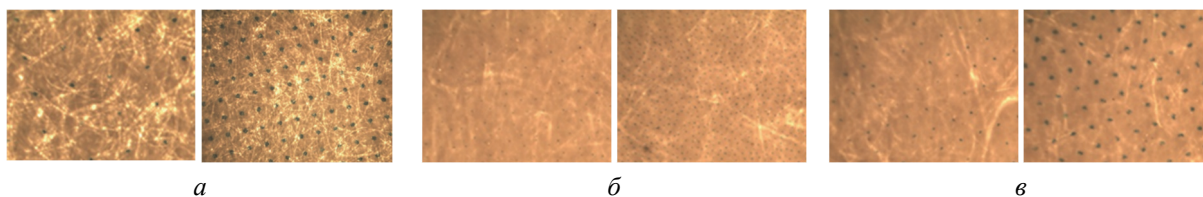


Рис. 4. Микрофотографии 1%- и 5%-ных растровых точек на оттисках с применением различных методов растрирования: а – регулярного; б – стохастического; в – гибридного

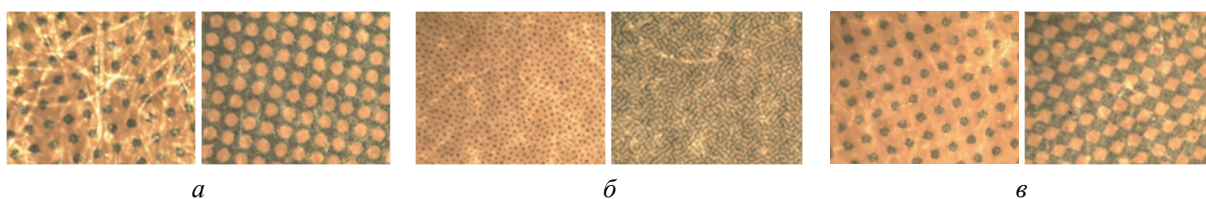


Рис. 5. Микрофотографии 20%- и 60%-ных растровых точек на оттисках с применением различных методов растрирования: а – регулярного; б – стохастического; в – гибридного

В целом визуальная оценка четкости краев растровых элементов носит элемент субъективности и не может служить основанием для категоричных выводов. Для повышения объективности оценки в будущем следует рассмотреть возможность математической обработки оцифрованных микрофотографий.

Заключение. Оценка результатов эксперимента показала, что применение гибридных растров при правильно подобранной линиатуре обеспечивает лучшее сочетание точности тоно-

воспроизведения и степени детализации изображения относительно других методов растрирования. При использовании технологии гибридного растрирования достигается стабильное воспроизведение растровых точек в разных областях тонового интервала даже при высоких линиатурах растра, что позволяет существенно повысить детальность воспроизведения изображения по сравнению с регулярным растром, но требует компенсации увеличения растискивания на допечатной стадии.

Список литературы

1. Кузнецов Ю. В. Технология обработки изобразительной информации. СПб.: Петербургский институт печати, 2002. 312 с.
2. Андреев Ю. С., Макеева Т. А. Резкостные свойства растровых структур // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2006. № 1. С. 3–13.
3. Литунов С. Н. Анализ способов растрирования тоновых изображений // Омский научный вестник. 2006. № 2. С. 160–161.
4. Щаденко А. А. Адаптивное растровое преобразование изображений в автотипной полиграфической технологии // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2009. № 1. С. 59–68.
5. Костюк И. В. Методы оценки эффективности технологии адаптивного растрирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. М., 2010. 20 с.
6. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства. М.: МГУП, 2003. 1280 с.
7. Макеева Т. А. Четкость в полиграфической растровой репродукции – формирование и управление: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. М., 2006. 24 с.
8. Гурьянова О. А., Крылова М. А. Исследование возникновения объектного муара при использовании различных систем нерегулярного и гибридного растрирования // Вестник Московского государственного университета печати. 2010. № 11. С. 58–63.
9. Гурьянова О. А. Разработка методологии процесса выбора растрирования в полиграфических устройствах допечатной обработки изображений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. М., 2015. 25 с.
10. Пухова Е. А. Разработка методов градиционных преобразований в процессе допечатной подготовки изображений к полиграфическому воспроизведению: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13, 05.13.06. М., 2015. 25 с.
11. Севрюгин В. Р. Научные и методологические основы воспроизведения бинарных изображений в процессах поэлементной записи полиграфических репродукционных систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.13. М., 2013. 39 с.
12. Чеботарева И. Б., Чеботарев Р. И., Шкарлат В. Ю. Проблемы качественной печати при использовании гибридного растрирования // Электронний архів відкритого доступу Харківського національного університету радіоелектроніки. URL: <https://openarchive.nure.ua/bitstreams/3b8c7a33-9c13-4143-939e-408cd71a031c/download> (дата обращения: 13.11.2023).
13. Щёголев И. О растровом выборе. Часть 4. Сказочная. Углы поворота или наклона растра // КомпьюАрт. 2010. № 5. С. 28–31.
14. Гудилин Д. Гибридные растры, или «Мичуринские» опыты в полиграфии // КомпьюАрт. URL: <https://compuart.ru/article/8704> (дата обращения: 13.11.2023).
15. Гудилин Д. Растрирование в ритме самбы // Мир этикетки. URL: <https://www.labelworld.ru/%D1%8F%D0%BD%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C-2003-%D0%B3/rastrirovanie-v-ritme-samby> (дата обращения: 13.11.2023).
16. Гурьянова О. А., Андреев Ю. С. Выбор нерегулярных растров для репродуцирования изображений, содержащих в своем составе регулярную составляющую // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2013. № 5. С. 46–51.
17. Способ полиграфического воспроизведения цветных изображений с использованием нерегулярного растра: пат. RU 2290679 / С. Н. Литунов, Б. Ф. Грибановский, С. А. Щеглов. Опубл. 27.12.2006.

18. Юлдашев Ю. Н. Исследование растров с концентрической структурой точки // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-rastrov-s-konsentricheskoy-strukturoy-tochki/viewer> (дата обращения: 13.11.2023).

19. Кацман В. Д. Моделирование муаростойкого растра на основе квазипериодических структур // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2012. № 5. С. 22–29.

20. Анисович А. Г., Маркевич М. И., Малышко А. Н. Некоторые особенности микроскопического исследования неметаллических объектов // Литье и металлургия. 2020. № 2. С. 75–80.

References

1. Kuznetsov Yu. V. *Tekhnologiya obrabotki izobrazitel'noy informatsii* [Processing technology of graphic information]. St. Petersburg, Peterburgskiy institut pechati Publ., 2002. 312 p. (In Russian).

2. Andreev Yu. S., Makeeva T. A. Sharpness properties of raster structures. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing], 2006, no. 1, pp. 3–13 (In Russian).

3. Litunov S. N. Analysis of methods for rasterizing tone images. *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2006, no. 2, pp. 160–161 (In Russian).

4. Shchadenko A. A. Adaptive raster conversion of images in autotype printing technology. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing], 2009, no. 1, pp. 59–68 (In Russian).

5. Kostyuk I. V. *Metody otsenki effektivnosti tekhnologii adaptivnogo rastrirovaniya. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [Methods for assessing the effectiveness of adaptive rasterization technology. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Moscow, 2010. 20 p. (In Russian).

6. Kippkhan G. *Entsiklopediya po pechatnym sredstvam informatsii. Tekhnologii i sposoby proizvodstva* [Encyclopedia of Printed Media. Technologies and production methods]. Moscow, MGUP Publ., 2003. 1280 p. (In Russian).

7. Makeeva T. A. *Chetkost' v poligraficheskoy rastrovoy reproduksii – formirovaniye i upravleniye. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [Precision in printed raster reproduction – formation and management. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Moscow, 2006. 24 p. (In Russian).

8. Gur'yanova O. A., Krylova M. A. Study of the occurrence of object moire when using various systems of irregular and hybrid rasterization. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta pechati* [Bulletin of the Moscow State University of Printing], 2010, no. 11, pp. 58–63 (In Russian).

9. Gur'yanova O. A. *Razrabotka metodologii protsessa vybora rastrirovaniya v poligraficheskikh ustroystvakh dopechatnoy obrabotki izobrazheniy. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [Development of a methodology for the process of selecting screening in printing devices for pre-press image processing. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Moscow, 2015. 25 p. (In Russian).

10. Pukhova E. A. *Razrabotka metodov gradatsionnykh preobrazovaniy v protsesse dopechatnoy podgotovki izobrazheniy k poligraficheskomu vosproizvedeniyu. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [Development of methods of gradation transformations in the process of prepress preparation of images for printing reproduction. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Moscow, 2015. 25 p. (In Russian).

11. Sevryugin V. R. *Nauchnyye i metodologicheskiye osnovy vosproizvedeniya binarnykh izobrazheniy v protsessakh poelementnoy zapisi poligraficheskikh reproduksionnykh system. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [Scientific and methodological foundations of reproducing binary images in the processes of element-by-element recording of printing reproduction systems. Abstract of thesis DSc (Engineering)]. Moscow, 2013. 39 p. (In Russian).

12. Chebotareva I. B., Chebotarev R. I., Shkarlat V. Yu. Problems of quality printing when using hybrid rasterization. Available at: <https://openarchive.nure.ua/bitstreams/3b8c7a33-9c13-4143-939e-408cd71a031c/download> (accessed 13.11.2023) (In Russian).

13. Shchegolev I. O. About raster selection. Part 4. Fabulous. Angles of rotation or tilt of the raster. *Komp'yutArt* [Computer Art], 2010, no. 5, pp. 28–31 (In Russian).

14. Gudilin D. Hybrid rasters, or “Michurinsky” experiments in printing. Available at: <https://compuart.ru/article/8704> (accessed 13.11.2023) (In Russian).

15. Gudilin D. Rasterization in the rhythm of samba. Available at: <https://www.labelworld.ru/%D1%8F%D0%BD%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C-2003-%D0%B3/rastrirovaniye-v-ritme-samby> (accessed 13.11.2023) (In Russian).

16. Gur'yanova O. A., Andreev Yu. S. Selection of irregular rasters for reproducing images containing a regular component. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing], 2013, no. 5, pp. 46–51 (In Russian).

17. Litunov S. N., Gribanovskiy B. F., Shcheglov S. A. A method of printing reproduction of color images using an irregular raster. Patent RU 2290679, 2006 (In Russian).

18. Yuldashev Yu. N. Study of rasters with a concentric point structure. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-rastrov-s-kontsentriceskoy-strukturoy-tochki/viewer> (accessed 13.11.2023) (In Russian).

19. Katsman V. D. Modeling a moire-resistant raster based on quasiperiodic structures. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing], 2012, no. 5, pp. 22–29 (In Russian).

20. Anisovich A. G., Markevich M. I., Malyshko A. N. Some features of microscopic examination of non-metallic objects. *Lit'ye i metallurgiya* [Casting and metallurgy], 2020, no. 2, pp. 75–80 (In Russian).

Информация об авторах

Ташмухамедова Шижоат Боситовна – докторант кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: shijoat0803@gmail.com

Буланов Исмаил Абдулмуминович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: i.bulanow@gmail.com

Бабаханова Халима Абишевна – доктор технических наук, профессор кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: halima300@inbox.ru

Громько Ирина Григорьевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gromyko@belstu.by

Сипайло Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: svsip@yandex.by

Information about the authors

Tashmuhamedova Shizhoat Bositovna – post-doctoral student, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: shijoat0803@gmail.com

Bulanov Ismail Abdumuminovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: i.bulanow@gmail.com

Babakhanova Khalima Abishevna – DSc (Engineering), Professor, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: halima300@inbox.ru

Gromyko Irina Grigor'yevna – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gromyko@belstu.by

Sipaila Siarhei Uladzimiravich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: svsip@yandex.by

Поступила 15.01.2024