

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF PRINTING AND PACKING MANUFACTURES

УДК 676.017

И. Г. Громько¹, А. Н. Кудряшова¹, С. А. Прохорчик¹,
Х. А. Бабаханова², З. К. Галимова²

¹Белорусский государственный технологический университет

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

МЕТОДЫ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ И ПРОФИЛОМЕТРИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ФРАКТАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ЗАПЕЧАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В статье представлен сравнительный анализ методов атомно-силовой микроскопии и профилометрии в исследовании фрактальной неоднородности запечатываемых материалов. С помощью сканирующего зондового микроскопа Solver HV, работающего в полуконтактном режиме, и профилометра-профилографа Hommel Tester T1000 получены профилограммы рельефа поверхности образцов бумаги. В качестве объекта исследования выступали четыре образца бумаги с различным композиционным составом. Приведены параметры шероховатости поверхности образцов бумаги, полученные с помощью атомно-силового микроскопа и профилометра, а также рассчитаны фрактальные размерности структуры бумаги. Применяемые методы исследования позволяют в равной мере использовать их для оценки стохастической структуры запечатываемых поверхностей, хотя метод атомно-силовой микроскопии является более точным, в то время как профилометр передает только общий контур рельефа. При использовании атомно-силовой микроскопии более точные результаты обеспечивает топографическое изображение поверхности образцов бумаги для кадра 3500 нм. Применяемые подходы позволяют учесть вклад структуры материала в распределение крачного слоя, что в конечном итоге окажет влияние на качество печатной продукции.

Ключевые слова: шероховатость, микроструктура, атомно-силовая микроскопия, профилометрия, фрактальная размерность.

Для цитирования: Громько И. Г., Кудряшова А. Н., Прохорчик С. А., Бабаханова Х. А., Галимова З. К. Методы атомно-силовой микроскопии и профилометрии в исследовании фрактальной неоднородности запечатываемых поверхностей // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2024. № 1 (279). С. 5–12.

DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-1.

I. G. Gromyko¹, A. N. Kudryashova¹, S. A. Prokhorchik¹,
Kh. A. Babakhanova², Z. K. Galimova²

¹Belarusian State Technological University

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry

METHODS OF ATOMIC FORCE MICROSCOPY AND PROFILOMETRY IN THE STUDY OF FRACTAL HETEROGENEITY SEALED SURFACES

The article presents a comparative analysis of atomic force microscopy and profilometry methods in the study of fractal heterogeneity of sealed materials. The use of the Solver HV scanning probe microscope operating in semi-contact mode and the Hommel Tester T1000 profilometer-profilograph made it possible to

obtain profilograms of the surface relief of paper samples. Four paper samples with different composition compositions were used as the object of the study. The parameters of the surface roughness of paper samples obtained using an atomic force microscope and a profilometer are given, and the fractal dimensions of the paper structure are calculated. The research methods used allow them to be equally used to assess the stochastic structure of the sealed surfaces, although the atomic force microscopy method is more accurate, while the profilometer transmits only the general contour of the relief. When using atomic force microscopy, a topographic image of the surface of paper samples for a frame of 3500 nm provides more accurate results. The approaches used will allow us to take into account the contribution of the material structure to the distribution of the paint layer, which will ultimately have an impact on the quality of printed products.

Keywords: roughness, microstructure, atomic force microscopy, profilometry, fractal dimension.

For citation: Gromyko I. G., Kudryashova A. N., Prokhorchik S. A., Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K. Methods of atomic force microscopy and profilometry in the study of fractal heterogeneity sealed surfaces. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2024, no. 1 (279), pp. 5–12 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6729-2024-279-1.

Введение. В настоящее время для исследования микрогеометрии запечатываемой поверхности используются разнообразные методы. Одним из них является метод поверхностной микрогеометрии. Именно рельеф поверхности определяет толщину красочного слоя, что в конечном итоге оказывает влияние на значение оптической плотности оттисков. На достаточно шероховатых видах бумаги печатная краска скапливается в углублениях бумажного полотна, в результате чего на поверхность запечатываемого материала переходит ее различное количество. Это приводит к изменению формы и размера растровой точки, что не в полном объеме передает воспроизводимую информацию и приводит к растискиванию [1]. Поэтому определение шероховатости бумаги и использование этих данных позволит прогнозировать перенос краски на запечатываемую поверхность и обеспечивать высокое качество печатной продукции без потерь и искажений мелких деталей изображения.

Основная часть. В настоящее время для исследования рельефа поверхности применяются разнообразные приборы, которые отличаются по конструкции и принципу работы. В данной статье изучение микрогеометрии поверхности бумаги выполнялось с помощью профилометра и атомно-силового микроскопа. Атомно-силовая микроскопия относится к группе высокоразрешающих измерительных методов исследования микроструктуры и топографических особенностей материалов. Метод основывается на регистрации притяжения или отталкивания атомов образца и зонда. На кончик балки, несущей кантилевер, направлен луч лазера, отражающийся от поверхности и поступающий в центр регистрирующего устройства, разбитого на четыре сектора. В зависимости от изменения силы взаимодействия кантилевер – поверхность происходит изгиб балки, несущей зонд, и луч лазера отклоняется от центральной позиции в один из секторов детектора. Система обратной связи

изменяет положение кантилевера, возвращая его (и лазер тоже) в «нулевое» центральное положение. Таким образом, регистрируя сдвиг кантилевера, необходимый для возврата лазера в «нулевую» точку, система измеряет топологию поверхности [2–4].

Профилометрия основана на использовании чувствительного датчика, оборудованного тонкой, остро заточенной алмазной иглой с так называемой ощупывающей головкой. Алмазная игла прижимается и перемещается параллельно исследуемой поверхности. В местах возникновения микронеровностей (выступов и впадин) возникают механические колебания измерительной головки иглы. Записанные параметры этого сигнала в точности повторяют неровности на шероховатой поверхности [5, 6].

В данной работе на сканирующем зондовом микроскопе Solver HV, работающем в полуконтактном режиме, были получены профилограммы рельефа поверхности образцов бумаги. Такие же профилограммы были получены с помощью профилометра-профилографа Hommel Tester T1000.

В качестве объекта исследования выступали четыре образца бумаги. Первый образец в качестве основного компонента бумажной массы содержал хлопковую целлюлозу (ХЦ). Следующие три образца содержали добавку, представляющую собой целлюлозную массу из переработанных веток тутового дерева (ТЦ) в количестве 10, 20 и 30% соответственно.

В случае использования метода атомно-силовой микроскопии при прохождении кантилевера над поверхностью бумаги действующая сила изменялась в зависимости от высоты рельефа. Лазер фиксировал изменение силы и выражал величиной изгиба профиль поверхности. Для расчета параметров шероховатости по диагонали кадра проведен разрез. Затем на специальной программе, встроенной в сканирующий зондовый микроскоп, выполнен расчет параметра шероховатости Ra в наноразмерном масштабе.

Данные о шероховатости полученных образцов бумаги представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры шероховатости поверхности образцов бумаги, полученные методом атомно-силовой микроскопии

Размер кадров, нм	Параметры шероховатости поверхности образцов бумаги (ХЦ : ТЦ, %)			
	№ 1 (100)	№ 2 (90 : 10)	№ 3 (80 : 20)	№ 4 (70 : 30)
750	26,95	12,69	18,25	9,76
1500	32,61	17,64	57,01	20,81
3500	67,54	26,82	60,91	42,39

Шероховатость поверхности бумаги анализировали и оценивали по выделенному профилю рельефа через максимальные и минимальные

точки по отрезку прямой, длина которой не превышала базовую.

Топографические АСМ-изображения поверхности образцов бумаги для кадра 3500 нм приведены на рис. 1–4. При этом необходимо отметить, что параметры шероховатости для разных кадров будут различными. В случае, если луч лазера попадал на сплетение нескольких волокон, то параметры шероховатости получались высокими.

Высокие значения шероховатости также обусловлены попаданием в зону исследования участков, включающих отдельные макронеоднородности и дефекты структуры. Расхождения между параметрами оказывались минимальными в случае, когда кадр попадал на фибриллизованное волокно с большей удельной поверхностью.

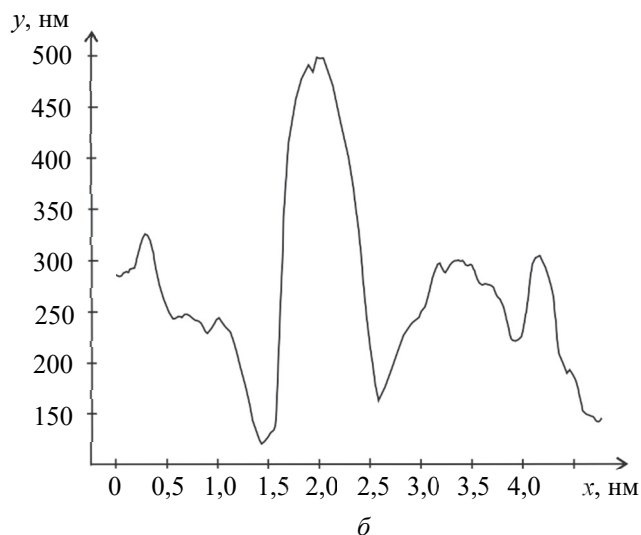
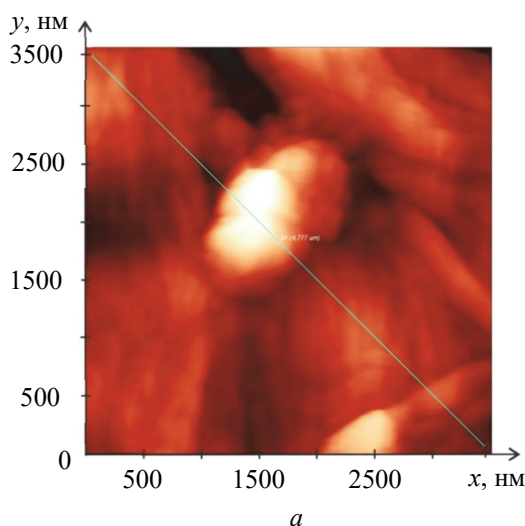


Рис. 1. Поверхность образца бумаги № 1 при кадре 3500 нм:

a – топографическое изображение с выделенной линией; *б* – профиль выделенной линии поверхности

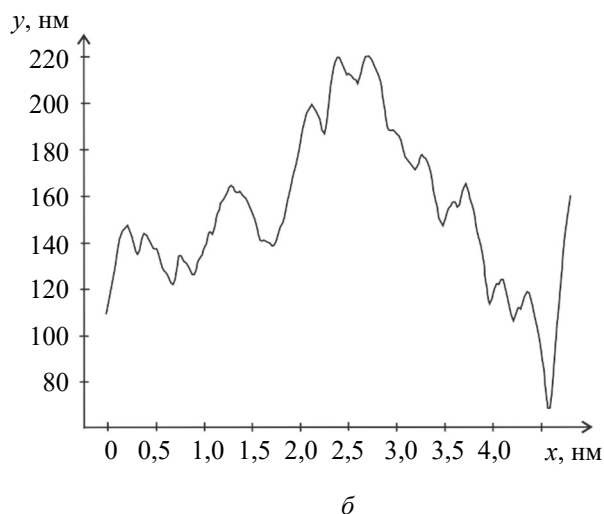
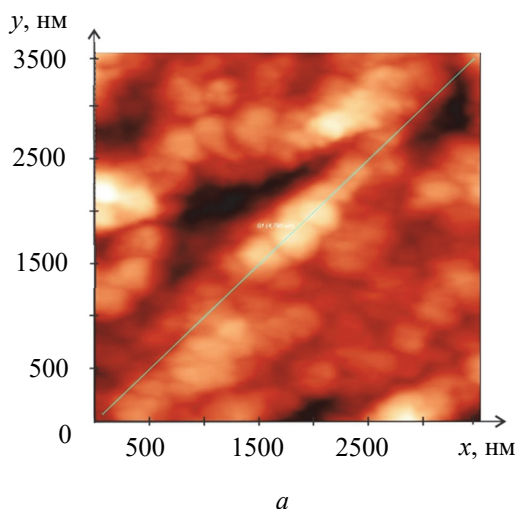


Рис. 2. Поверхность образца бумаги № 2 при кадре 3500 нм:

a – топографическое изображение с выделенной линией; *б* – профиль выделенной линии поверхности

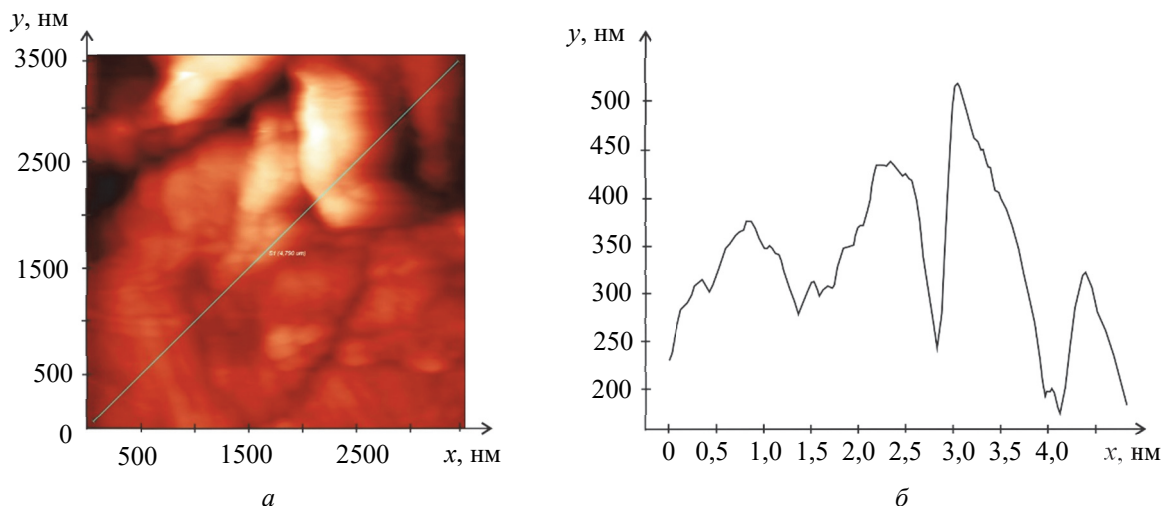


Рис. 3. Поверхность образца бумаги № 3 при кадре 3500 нм:
 а – топографическое изображение с выделенной линией; б – профиль выделенной линии поверхности

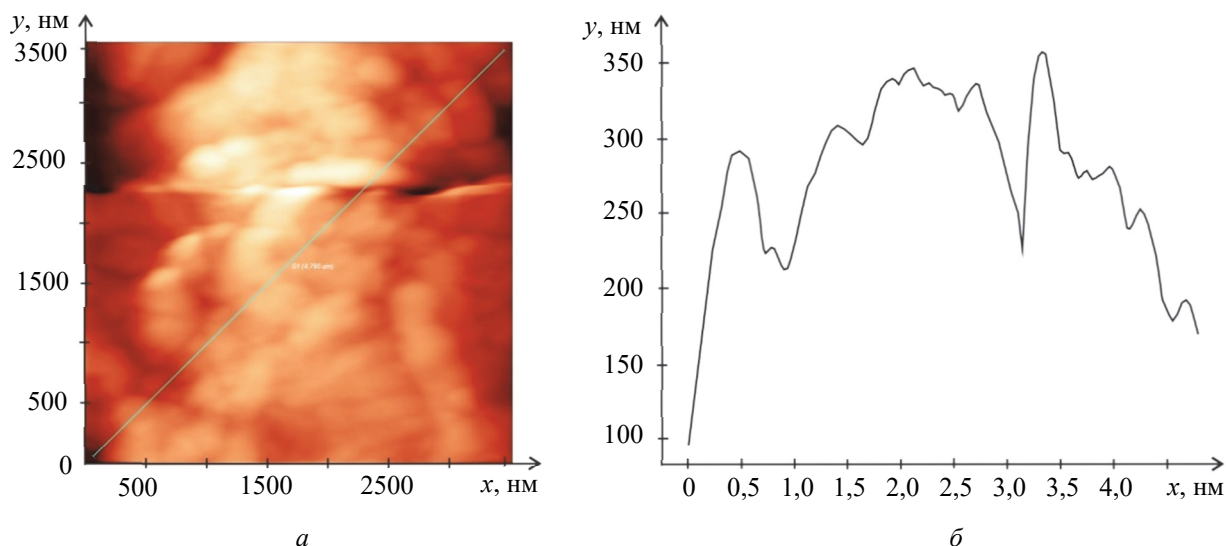


Рис. 4. Поверхность образца бумаги № 4 при кадре 3500 нм:
 а – топографическое изображение с выделенной линией; б – профиль выделенной линии поверхности

Как показывают данные топографических изображений, чем выше находится деталь рельефа, тем она светлее. Затемненные участки на снимках характеризуют достаточную однородность и плотность структуры.

Таким образом, используемый метод анализа поверхности бумаги с помощью атомно-силовой микроскопии позволил оценить микрогеометрию поверхности по параметрам шероховатости в наноразмерном масштабе и по прямому изображению профиля на основе перепадов рельефа на топографических изображениях.

Следующим этапом исследования было получение профилограмм для каждого анализируемого образца с помощью профилометра-профилографа.

Профилограммы исследуемых образцов бумаги представлены на рис. 5–8.

Параметры шероховатости поверхности образцов бумаги, полученные с помощью профилометра, приведены в табл. 2.

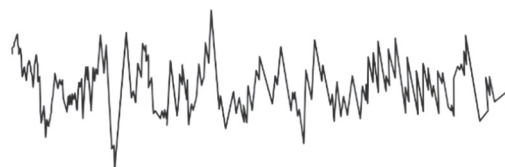


Рис. 5. Профилограмма образца бумаги № 1

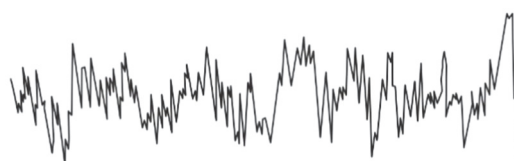


Рис. 6. Профилограмма образца бумаги № 2

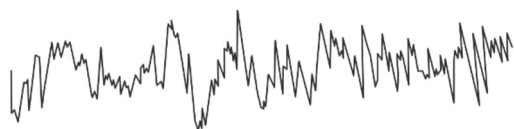


Рис. 7. Профилограмма образца бумаги № 3

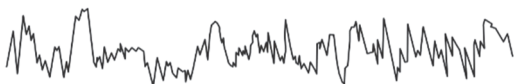


Рис. 8. Профилограмма образца бумаги № 4

Таблица 2

Параметры шероховатости поверхности образцов бумаги, полученные с помощью профилометра

Образец, состав бумаги ХЦ : ТЦ, %	R_a	R_z	R_{max}
№ 1 (100)	2,049	11,950	14,723
№ 2 (90 : 10)	1,649	9,717	13,940
№ 3 (80 : 20)	2,890	15,973	18,820
№ 4 (70 : 30)	2,113	11,417	13,543

Полученные профилограммы с помощью атомно-силового микроскопа и профилометра после последующей обработки позволили рассчитать показатель фрактальной размерности, характеризующий неоднородность структуры запечатываемой поверхности, значения которого приведены в табл. 3 [7–14].

Таблица 3

Фрактальная размерность структуры бумаги

Метод исследования	Фрактальная размерность D для образцов бумаги			
	№ 1 100	№ 2 90 : 10	№ 3 80 : 20	№ 4 70 : 30
Атомно-силовая микроскопия	2,339	2,315	2,454	2,496
Профилометрия	2,480	2,504	2,587	2,436

Как показывают полученные данные, используемые методы исследования демонстрируют достаточно близкие результаты. Учитывая, что профилометрия относится к контактным методам исследования и зонд представляет собой остро заточенную иглу, приводимую в поступательное движение по определенной траектории относительно исследуемой поверхности, точность и ограничения метода контактной профилометрии во многом определяются параметрами используемого зонда. В случае близкорасположенных микронеровностей зонд профилометра, скользя по их вершинам, будет передавать только общий контур рельефа. Кроме того, для обеспечения высокой

точности измерения рельефа объект должен иметь область поверхности с четкой границей перепада высот. Также объект измерений может отличаться существенной шероховатостью или волнистостью поверхности, соизмеримой со значением определяемого перепада высот. В случае малых перепадов высот при использовании контактной профилометрии не всегда удается определить данный перепад, особенно при высокой степени шероховатости и наличии загрязнений на поверхности образца. Поэтому метод атомно-силовой микроскопии в этом случае является более точным и предпочтительным.

Данные профилометра обеспечивают получение более высоких значений фрактальной размерности. Анализ профиля поверхности исследуемых образцов показывает, что неровности, образованные первичными и вторичными элементами структуры, могут быть классифицированы с точки зрения формирования следующих геометрических погрешностей: микронеровностей, определяющих микрогеометрию поверхности; волнистости, а также макронеровностей, определяющих отклонения действительной формы поверхности от заданной [15].

Современные способы печати, используемые в полиграфической отрасли, предъявляют жесткие требования к свойствам бумаги. В связи с этим особое внимание уделяется не только совершенствованию технологии получения бумаги с заданными свойствами, которая позволит обеспечить высокую графическую и градиционную точность при печатании, но и методикам исследования ее структуры.

Микрогеометрия поверхности оказывает большое влияние на характер контакта формы с запечатываемым материалом и на качество печатной продукции, поскольку будет определять количество краски, подаваемой на печатную форму, ее переход и оптические характеристики оттиска [16]. Это также позволит сопоставить восприятие и расход краски для различных видов бумаги не при одной и той же толщине слоя краски, а в интервале рабочих и избыточных толщин слоя, что является немаловажным при выходе на стабильный режим работы при настройке печатной машины. Поэтому для обеспечения безостановочной работы печатного оборудования следует использовать бумагу с известными или же изученными заранее свойствами. При оценке качества печатной продукции необходимо руководствоваться комплексным подходом, который позволяет учитывать ряд факторов, влияющих на процесс взаимодействия бумаги с краской, к которым относится влияние структуры поверхности запечатываемого материала на точность воспроизведения оттисков.

Заключение. Результаты исследований подтвердили тот факт, что методы для определения шероховатости бумаги, такие как профилометрия и атомно-силовая микроскопия, могут быть использованы в равной степени. При этом основным требованием к качеству поверхности бумаги остается однородность ее макроструктуры. Такая ровная поверхность должна одновременно обладать высокой развитой микро- и субмикроструктурой.

Пределы значений микронеровностей и величин фрактальной размерности будут определяться размерами воспроизводимых элементов изображения. При этом важным условием формирования красочного слоя является равномерность его распределения. Чем выше равномерность слоя по толщине, тем точнее передаются отдельные детали изображения. Однако такая точность обеспечивается в случае печатания на высокогладкой бумаге. В случае использования шероховатых видов бумаги контуры элементов приобретают неравномерный характер. Также профиль распределения красочного слоя характеризуется неоднородностью. Именно поэтому точность методов исследования микропрофиля запечатываемой поверхности позволит учесть вклад неоднородности структуры материала в распределение красочного слоя и в конечном

итоге окажет влияние на качество печатной продукции.

Появление новых запечатываемых материалов с различным композиционным составом и отсутствие данных о характеристиках микрогеометрии поверхности не всегда позволяет обеспечить стабильность и высокое качество печатной продукции. Из всех существующих статистических теорий только теория фракталов имеет возможность описывать переходные структурные состояния. Кроме того, данная теория позволяет учесть геометрические и физико-механические свойства структурных элементов, а также основные параметры технологического процесса изготовления материала. Теория фракталов дает возможность описывать все многообразие структур в системе, хорошо отражает специфику структуры и является перспективной для описания свойств неоднородных материалов. Использование комплексного показателя фрактальной размерности позволяет учесть стохастический характер исследуемых материалов, расширить границы в исследовании микроструктуры запечатываемых поверхностей, а также прогнозировать и управлять технологическим процессом печатания и качеством печатных оттисков.

Список литературы

1. Технология печатных процессов / А. Н. Раскин [и др.]. М.: Книга, 1989. 301 с.
2. Атомно-силовая микроскопия – современный метод определения шероховатости целлюлозно-бумажной продукции / М. Г. Михалева [и др.] // Химия и химическая технология переработки растительного сырья: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения профессора Резникова В. М. Минск, 10–12 окт. 2018 г. Минск, 2018. С. 126–130.
3. Исследование шероховатости бумаги из вторичного сырья методом атомно-силовой микроскопии / Х. А. Бабаханова [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20, № 5. С. 661–666.
4. Жуков М. В. Контроль структуры различных видов бумаги методом атомно-силовой микроскопии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1 (89). С. 44–49. DOI: 10.1016/j.snbt.2011.09.086.
5. Прямой метод контроля качества поверхности мелованных видов бумаги / А. А. Кирсанкин [и др.] // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 159–163.
6. Direct method of paper surface quality inspection with the addition of secondary raw materials / Z. K. Galimova [et al.] // Textile Journal of Uzbekistan. 2020. No. 3. P. 77–82. DOI: 10.14258/jcprm.2016041415.
7. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 656 с.
8. Кулак М. И. Фрактальная механика материалов. Минск: Выш. шк., 2002. 304 с.
9. Кулак М. И., Ничипорович С. А., Медяк Д. М. Методы теории фракталов в технологической механике и процессах управления: полиграфические материалы и процессы. Минск: Бел. наука, 2007. 419 с.
10. Пиотух И. Г., Пласконная Н. В., Медяк Д. М. Влияние фрактальных особенностей микроструктуры поверхности на краскоемкость печатной бумаги // Издательско-полиграфический комплекс на пороге третьего тысячелетия: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21–23 нояб. 2001 г. Минск, 2001. С. 110–117.
11. Громыко И. Г. Влияние фрактальной структуры этикеточных видов бумаги и картона на процесс краскопереноса // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. 2009. Вып. XVII. С. 21–24.
12. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Фракталы в исследованиях взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания // Автоматический контроль и автоматизация производственных

процессов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25–26 окт. 2000 г. Минск, 2000. С. 249–251.

13. Пиотух И. Г. Учет фрактальной неоднородности поверхностей печатного контакта при расчете материалов печатного процесса // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. 2003. Вып. XI. С. 65–69.

14. Пиотух И. Г., Боровец Т. А., Медяк Д. М. Статистическое обоснование фрактальной структуры поверхностей печатного контакта // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. 2004. Вып. XII. С. 43–46.

15. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания. М.: Книга, 1965. 368 с.

16. Бобров В. И. Анализ показателей качества оттиска с параметрами микрогеометрии поверхности // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2011. № 4. С. 3–15.

References

1. Raskin A. N., Romeykov I. V., Biryukova N. D., Muratov Yu. A., Efremova A. N. *Tekhnologiya pechatnykh protsessov* [Technology of printing processes]. Moscow, Kniga Publ., 1989. 301 p. (In Russian).

2. Mikhaleva M. G., Vtyurina D. N., Nikol'skiy S. N., Stovbun S. V., Zholnerovich N. V., German N. A., Nikolaychik I. V. Atomic force microscopy is a modern method for determining the roughness of pulp and paper products. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya pererabotki rastitel'nogo syr'ya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora Reznikova V. M.* [Chemistry and chemical technology of processing plant raw materials: materials of the International scientific and technical conference, dedicated to the 100th anniversary of the birth of professor Reznikov V. M.]. Minsk, 2018, pp. 126–130 (In Russian).

3. Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Investigation of the roughness of recycled paper by atomic force microscopy. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2020, vol. 20, no. 5, pp. 661–666 (In Russian).

4. Zhukov M. V. Control of the structure of various types of paper by atomic force microscopy. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2014, no. 1 (89), pp. 44–49 (In Russian). DOI: 10.1016/j.snb.2011.09.086.

5. Kirsankin A. A., Mikhaleva M. G., Nikol'skiy S. N., Musokhranova A. V., Stovbun S. V. Direct method for controlling the surface quality of coated types of paper. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2016, no. 4, pp. 159–163 (In Russian).

6. Galimova Z. K., Babakhanova Kh. A., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Direct method of paper surface quality inspection with the addition of secondary raw materials. *Textile Journal of Uzbekistan*, 2020, no. 3, pp. 77–82. DOI: 10.14258/jcprm.2016041415.

7. Mandel'brot B. *Fraktal'naya geometriya prirody* [Fractal geometry of nature]. Moscow, Institut of komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2002. 656 p. (In Russian).

8. Kulak M. I. *Fraktal'naya mekhanika materialov* [Fractal mechanics of materials]. Minsk, Vysheysshaya shkola Publ., 2002. 304 p. (In Russian).

9. Kulak M. I., Nichiporovich S. A., Medyak D. M. *Metody teorii fraktalov v tekhnologicheskoy mekhanike i protsessakh upravleniya: poligraficheskiye materialy i protsessy* [Methods of fractal theory in technological mechanics and control processes: polygraphic materials and processes]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2007. 419 p. (In Russian).

10. Piotukh I. G., Plaskonnaya N. V., Medyak D. M. The influence of fractal features of the surface microstructure on the ink capacity of printed paper. *Izdatel'sko-poligraficheskiy kompleks na poroge tret'yego tysyacheletiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Publishing and Printing Complex on the threshold of the third millennium: materials of the International scientific and technical conference]. Minsk, 2001, pp. 110–117 (In Russian).

11. Gromyko I. G. The effect of the fractal structure of label types of paper and cardboard on the process of paint transfer. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series IX, Publishing and Printing, 2009, issue XVII, pp. 21–24 (In Russian).

12. Kulak M. I., Bobrova O. P., Piotukh I. G. Fractals in the studies of the interaction of paper and ink in the printing process. *Avtomaticheskii kontrol' i avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Automatic control and automation of production processes: materials of the International scientific and technical conference]. Minsk, 2000, pp. 249–251 (In Russian).

13. Piotukh I. G. Taking into account the fractal heterogeneity of the printed contact surfaces when calculating the materials of the printing process. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series IX, Publishing and Printing, 2003, issue XI, pp. 65–69 (In Russian).

14. Piotukh I. G., Borovets T. A., Medyak D. M. Statistical substantiation of the fractal structure of printed contact surfaces. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series IX, Publishing and Printing, 2004, issue XII, pp. 43–46 (In Russian).

15. Kozarovitskiy L. A. *Bumaga i kraska v protsesse pechataniya* [Paper and ink in the process of printing]. Moscow, Kniga Publ., 1965. 368 p. (In Russian).

16. Bobrov V. I. Analysis of quality indicators of an impression with parameters of surface microgeometry. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing], 2011, no. 4, pp. 3–15 (In Russian).

Информация об авторах

Громыко 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

Кудряшова Алина Николаевна – магистрант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kudryashova@belstu.by

Прохорчик Сергей Александрович – декан факультета заочного образования, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: prohorchik@belstu.by

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

Галимова Зулфия Камилловна – доктор философии по техническим наукам, доцент кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: z.galimova8282@mail.ru

Information about the authors

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

Kudryashova Alina Nikolaevna – Master's degree student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kudryashova@belstu.by

Prokhorchik Sergey Aleksandrovich – Dean of the Faculty of Correspondence Education, PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wood Products. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: prohorchik@belstu.by

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

Galimova Zulfiya Kamilovna – 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: z.galimova8282@mail.ru

Поступила 15.01.2024