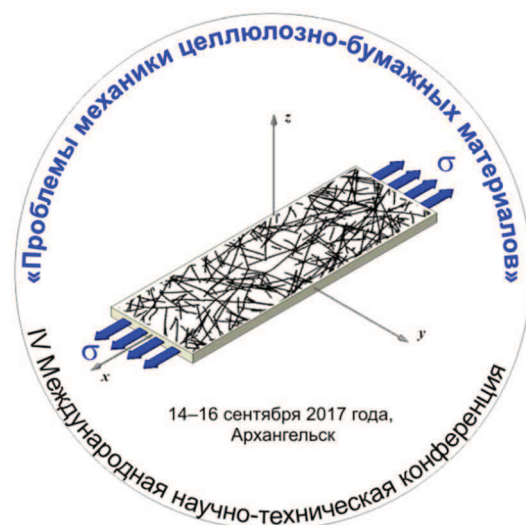




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ



МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА

14–16 сентября 2017 г.

Архангельск
2017

УДК 676.017
ББК 35.77
П 78

Составитель – **Я.В. Казаков**

*Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 17-08-20431\17)*

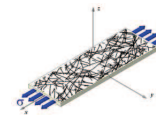
П 78 **Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов:**
материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти про-
фессора В.И. Комарова (Архангельск, 14–16 сентября 2017 г.) /
Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск:
САФУ, 2017. – 377 с.
ISBN 978-5-261-01259

Представлены материалы докладов по фундаментальным и прикладным исследованиям в области механики целлюлозно-бумажных материалов по следующим направлениям: физические основы и методы оценки механического поведения целлюлозно-бумажных материалов; новые технологические решения для повышения уровня механических свойств технической целлюлозы, бумаги и картона; перспективы развития ресурсосберегающих способов получения бумаги и картона из рециркулируемого сырья; нанотехнологии в получении новых видов целлюлозы и бумагоподобных материалов.

УДК 676.017
ББК 35.77

ISBN 978-5-261-01259

© Северный (Арктический)
федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, 2017



ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ ФОРМОВАНИЯ ПРИ ОБЪЕМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МАКРОСТРУКТУРЫ БУМАГИ

В.В. Абрамова¹, А.В. Гурьев²

¹ООО «Сухонский картонно-бумажный комбинат», г. Сокол, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск, Россия

Представлены результаты исследований равномерности промышленных образцов офисной бумаги известного Российского производителя, полученных методом оптического сканирования и авторским программным обеспечением PaperForming.

EVALUATION OF THE FORMATION UNIFORMITY IN THE CASE OF BULK VISUALIZATION OF THE PAPER MACROSTRUCTURE

V.V. Abramova¹, A.V. Guriev²

¹LLC «Suhonsky BPM», Sokol, Russia

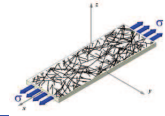
²Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

The results of studies of the uniformity of industrial office paper of the well-known Russian manufacturer. Data obtained by optical scanning using its own software “Paper-Forming”

Проблема качественной и количественной оценки равномерности формования макро- и микроструктуры целлюлозных материалов до настоящего времени находится в стадии решения, как с позиций теоретического обоснования и описания, так и в прикладном (производственном) аспекте.

Одним из основных направлений исследований взаимосвязей между равномерностью структуры и потребительскими свойствами бумаги становится использование принципов и подходов, объединяющих в себе современные достижения технологии бумаги, вычислительных методов и информационных технологий. Результаты подобных мультидисциплинарных исследований способствуют разработке и внедрению в практическую деятельность доступных, экономичных методов контроля, анализа и совершенствования равномерности формования бумаги.

Неоднородность структуры бумаги можно назвать фундаментальной характеристикой, которая зависит от природы волокна, композиции целлюлозы, характеристик бумагоделательной машины и параметров бумажного производства. Поскольку формирование – одно из немногих бумажных свойств, которые могут быть оценены визуально, производственники в течение долгого времени полагались на эту визуальную оценку, чтобы



оценить качество готовой продукции. Разработанное программное обеспечение для комплексной обработки данных оптического сканирования позволяет всесторонне анализировать и наглядно моделировать структуру участков полотна и экспортировать массивы данных для представления исследованных структур в объёмных (3-D) проекциях.

Для практического использования в работе предложен измерительно-методический инструмент, позволяющий оперативно проводить качественный анализ результатов технологического регулирования равномерности формования бумаги, а также программное обеспечение *PaperForming* для 3-D визуализации и компьютерного анализа данных.

Схема укрупненного алгоритма обработки исходной измерительной информации оптического сканирования при реализации процедуры визуализации приведена рис. 1. Обрабатываемые данные заключены в прямоугольники, процедуры обработки – в эллипсовидные блоки. Поток управления, определяющий порядок вычислительных действий показан сплошными стрелками, потоки данных – пунктирами.

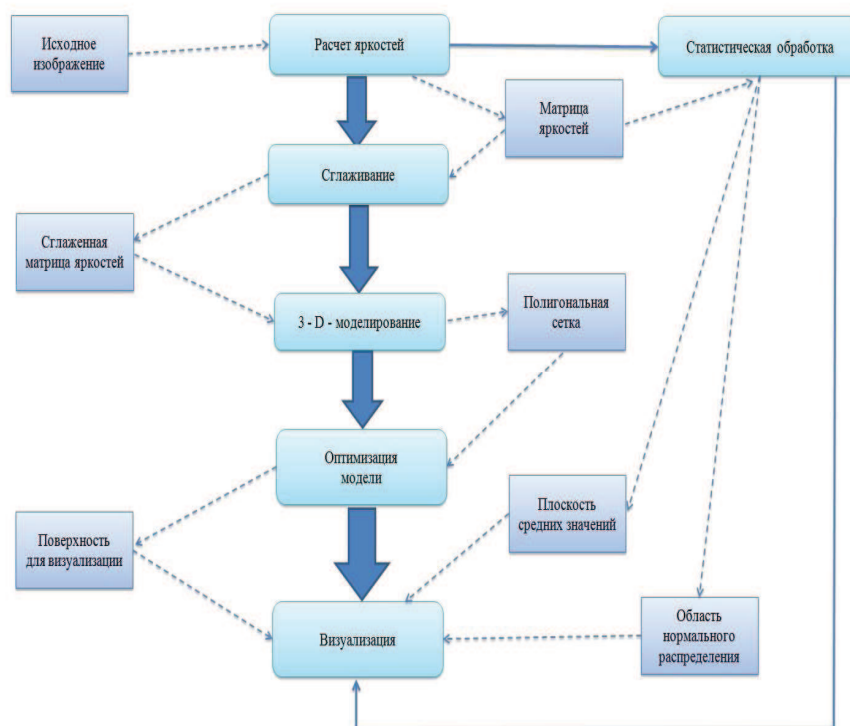
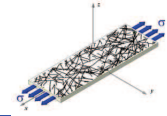


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки данных для визуализации изображения на основе оптического сканирования структуры бумаги

Для визуального анализа выбросов яркости в пространство моделирования вводятся дополнительные объекты: плоскость средних значений и область нормального распределения. Данная область строится как парал-



лелепипед, центрированный по среднему значению яркости и имеющий высоту $\pm 2\sigma$ (среднеквадратических отклонений яркости).

При регулировании технологических параметров, направленных на повышение равномерности структуры бумаги применение метода объемного моделирования позволяет наглядно отслеживать и фиксировать достигаемый эффект, а также формировать соответствующую базу данных 3-D изображений материала

Программа *PaperForming* защищена Свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619551 [1].

Усовершенствованный метод, не уступая другим с точки зрения продолжительности анализа и чувствительности к изменению равномерности структуры целлюлозных материалов в широком диапазоне, является более конкурентоспособным по затратам.

В качестве объектов исследования для практической апробации разработанного метода приняты наиболее массовые виды белых бумаг – офисная бумага потребительского формата А4. Очевидно, что равномерность формирования структуры такой бумаги является одним из главных параметров, определяющих устойчивую эксплуатацию современной высокопроизводительной офисной техники (принтеров, копировальных аппаратов, сканеров, многофункциональных устройств).

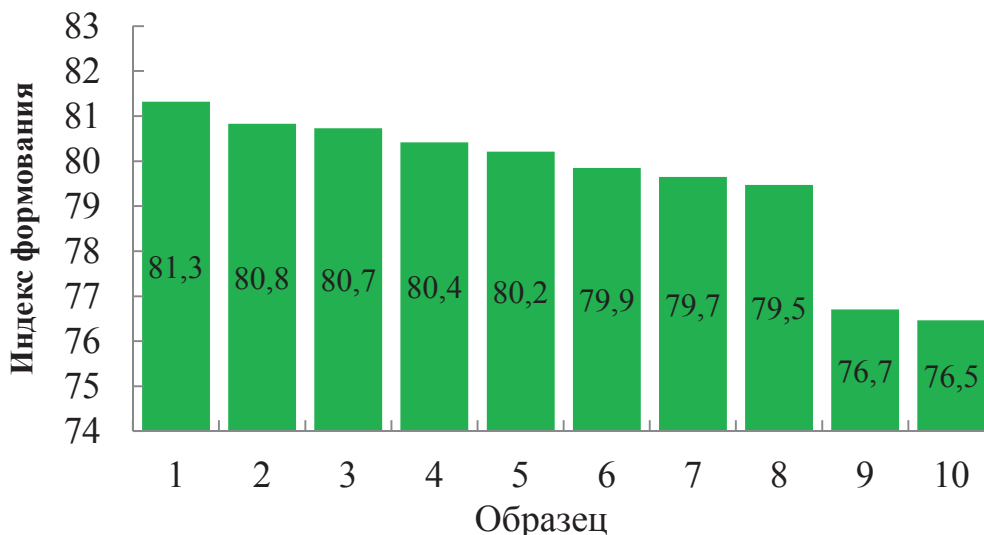
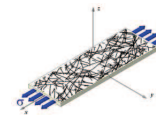


Рис. 2. Значения индекса формирования образцов офисной бумаги, произведенной на одной БДМ

Для образцов офисной бумаги, выпущенных на одной БДМ известного российского предприятия определен индекс формирования (I_{ϕ}), который является основным количественным показателем оптической неоднород-



ности структуры бумаги, измеряемой с помощью анализатора *РТА* и рассчитываемый, как интегральная характеристика совокупности флокул по шести классам размеров – 1, 2, 3, 6, 10, и 16 мм, рис.2.

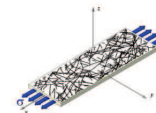
Как следует из полученных данных, разработанный метод позволяет сопоставлять равномерность формирования макроструктуры отдельных марок одного вида, производимых на определенной БДМ, колебания качества формирования внутри выборки бумаги одного производителя относительно лучшего образца могут отличаться и составлять до 6 %.

Данные анализа распределения флокул по классам размеров для группы образцов офисной бумаги продемонстрировали справедливость принципа дополнительной оценки качества формирования, предложенного в исследовании [2]. Для того чтобы нивелировать влияние абсолютных значений индекса формирования в исследованном диапазоне качества просвета, значения количества флокул в отдельных классах размеров, были преобразованы в относительную форму (в доли от значения I_{ϕ}). Преобразованные данные для исследуемых образцов проиллюстрированы на рис. 3.



Рис. 3. Распределение флокул по классам размеров (в относительных единицах) в образцах офисной бумаги

При исследованиях равномерности формирования макроструктуры бумаги значимым является вопрос о взаимосвязях между характеристиками просвета и физико-механическими показателями образцов продукции. Несмотря на очевидность теоретического положения о том, что с улучшением равномерности формирования повышается сомкнутость структуры и



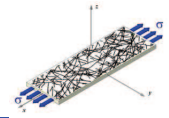
количество межволоконных контактов и связей в бумаге, многофакторность и разнонаправленность влияющих параметров применительно к отдельным видам и технологиям, как правило, не позволяет установить однозначные, воспроизводимые зависимости.

Таблица 1. Характеристики равномерности формования, распределение флокул по классам размеров и свойства офисной бумаги массой 1 м² 80 г произведенных на одной БДМ

Показатель	Образец бумаги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плотность, г/м ²	79,3	79,4	78,9	78	79,5	80,2	79,5	80	80,1	80,5
Толщина, мкм	105	106	102	102	103	104	105	107	103	103
Зольность, %	20,5	20,4	20,5	20,5	20,5	20,8	21	20,6	20,8	21
Жесткость в поперечном направлении	66	66	54	66	57	64	53	61	58	67
Воздухопроницаемость, мл/мин	1030	975	957	999	1020	1000	993	938	1020	1040
Разрывная длина, м	6520	6350	6630	6540	6410	6530	6190	6820	6440	6610
Прочность на разрыв, кН/м, в поперечном направлении	2,47	2,57	2,31	2,35	2,29	2,26	2,04	1,71	1,8	2,1
Индекс формования	81,3	76,5	80,2	76,7	80,7	79,7	79,9	79,5	80,4	80,8
1 мм	30,3	29,9	28,8	29,3	27,8	24,1	26,7	27,8	28,3	25,3
2 мм	18,8	16,7	17,9	17,7	18,1	16,2	17,9	18,0	19,8	17,4
3 мм	22,78	19,6	21,1	20,5	22,0	19,8	21,5	21,9	23,2	21,2
6 мм	3,2	2,0	4,7	4,0	4,7	6,1	6,1	5,1	3,5	5,9
10 мм	3,0	2,0	4,1	3,2	3,5	7,8	4,0	3,4	1,3	5,1
16 мм	3,3	6,4	3,5	2,0	4,5	5,7	3,7	3,3	4,3	6,0

В частности, это проявилось и для исследованных образцов офисных видов бумаги. Отсутствие однозначных зависимостей демонстрируют данные, полученные при физико-механических испытаниях бумаги различных предприятий-изготовителей. Значения характеристик основных свойств офисной бумаги, индекс формования и распределение флокул по классам размеров представлены в табл. 1.

Представленные примеры сопоставления комплекса свойств образцов офисной бумаги потребительского формата А4, включающего харак-



теристики просвета и прочности, в целом подтверждают необходимость раздельного контроля и регулирования различных групп потребительских свойств с учетом реальных технологических условий и производственных параметров.

Таким образом, при практическом использовании предложенного метода оценки равномерности просвета с целью контроля качества формирования макроструктуры целлюлозно-бумажных материалов, следует максимально стабилизировать факторы и параметры, влияющие на отдельные группы потребительских свойств заданного вида продукции. Каждый из факторов, способных улучшать равномерность структуры бумаги (композиция по волокну, степень помола, фракционный состав полуфабрикатов, химические вспомогательные вещества, зольность и др.) необходимо регулировать индивидуально и с учетом используемой технологии производства на определенной бумагоделательной или картоноделательной машине.

Список литературы

1. Рудалёв А.В., Попов А.И., Тюпин А.А., Гурьев А.В., Абрамова В.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619551 «Программа для визуализации и анализа равномерности формирования макроструктуры бумаги и картона» (PaperForming). Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 09.10.2013.
2. Cresson T., Luner P. Characterization of paper formation, part 2: The texture analysis of paper formation, *Tappi Journal* 73(12), pp. 175–184, 1990.