

УДК 676.017.27

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.172

ОЦЕНКА РАВНОМЕРНОСТИ ФОРМОВАНИЯ МАКРОСТРУКТУРЫ ОФИСНОЙ БУМАГИ

В.В. Абрамова¹, соискатель

А.В. Гурьев², канд. техн. наук, доц.

¹ООО «Сухонский картонно-бумажный комбинат», пл. Печаткина, д. 4, г. Сокол, Вологодская обл., Россия, 162135; e-mail: vabramova@ukobf.com

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: a.guriev@narfu.ru

Проблема качественной и количественной оценки равномерности формирования 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 исследования взаимосвязей между равномерностью структуры и потребительскими свойствами бумаги становится использование принципов и подходов, объединяющих в себе современные достижения технологии бумаги, вычислительные методы и информационные технологии. Результаты подобных мультидисциплинарных исследований способствуют разработке и внедрению в практическую деятельность доступных и экономичных методов контроля, анализа и совершенствования равномерности формирования бумаги. Цель данной работы – апробация разработанного программного обеспечения RareForming для визуализации и анализа однородности распределения компонентов в объеме листа. В качестве объектов исследования была выбрана наиболее массовая 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). Результаты исследования подтверждают необходимость отдельного контроля и регулирования ее потребительских свойств с учетом реальных технологических условий.

Ключевые слова: офисная бумага, макроструктура, формирование, визуализация однородности формирования, программное обеспечение, контроль потребительских свойств бумаги.

Введение

Существует большое количество общенаучных (математических, физических, химических и др.) и специальных методов исследования структуры бумаги как на микро-, так и на макроуровне. В частности, используется разработка физических моделей на основе сочетания упругих, вязких и пластичных элементов, геометрических моделей, представления структуры в виде трехмерной сетки волокон с учетом их ориентации, хлопьеобразования, распреде-

Для цитирования: Абрамова В.В., Гурьев А.В. Оценка равномерности формирования макроструктуры офисной бумаги // Лесн. журн. 2017. № 4. С. 172–186. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.172

ления в плоскости и по толщине листа. При этом принимают различные допущения, границы которых лимитируют возможности применения моделей и математических зависимостей на практике.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что развитие теории структуры и прочности бумаги должно базироваться на использовании прямых визуальных методов анализа и физических измерений при близком геометрическом подобии идеальных волокон модели и реальных волокон в бумажном полотне. По мнению многих авторов [6, 9, 11, 13, 16–18, 22–30], только таким образом может быть установлена прямая причинная зависимость свойств и отдельных характеристик бумаги от ее структурных параметров.

Для исследований микро- и макроструктуры листовых материалов (полимеров, композитов, бумаги) используют гравиметрию [3, 16, 17, 28], рентгенографию [14, 15, 20, 21], электронографию [10], инфракрасную спектроскопию [22, 24], электронную [9] и оптическую [1, 14, 15, 19, 29] микроскопию, ядерный магнитный резонанс [2–5, 7, 8, 14, 19], двойное лучепреломление [3, 4], акустические [6, 8, 11, 29], диэлектрические [3] измерения и др. Выбор метода исследования обусловлен поставленными целями и задачами, т. е. сформулированной и проверяемой гипотезой. Для надежности проверки гипотезы рекомендуется использовать альтернативные инструментальные методы.

Результаты исследований равномерности формирования макроструктуры бумаги, полученные авторами с помощью метода оптического сканирования и анализа изображений в 2-D проекции, показали недостаточно полную возможность качественного сопоставления значений индекса формования (просвета). Прежде всего, это относится к объемной визуализации объектов исследований – промышленных видов бумаги, требующих оптимизации формования. Для практического использования нами предложен дополнительный измерительно-методический инструмент, позволяющий оперативно и качественно анализировать результаты технологического регулирования равномерности формования бумаги, а также программное обеспечение PaperForming для 3-D визуализации и компьютерного анализа данных. Программа PaperForming защищена Свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619551 [12].

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

Недостаточная равномерность просвета офисной бумаги, как правило, приводит к снижению качества струйной и лазерной печати, воспроизводимости копий; нестабильности прохождения бумаги через офисные устройства; приостановке и необходимости перезагрузки процессов; ускорению износа проводящих систем оргтехники и др.

Целью данной работы является апробация усовершенствованной методики и программного обеспечения PaperForming для оценки равномерности распределения компонентов макроструктуры в объеме бумажного листа.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования было предложено использовать три группы образцов:

первая – пять видов (торговых марок различных предприятий) офисной бумаги, отобранных в розничной сети;

вторая – четыре разновидности марок (сортов) офисной бумаги одного вида, произведенных на двух бумагоделательных машинах (БДМ) одного предприятия;

третья – пять разновидностей одного вида офисной бумаги, выпущенных на одной БДМ другого российского предприятия.

Для всех перечисленных образцов определены индекс формования (I_f), индекс просвета (I_n) и другие характеристики оптической неоднородности, выполнена их обработка и компьютерная визуализация в 2-D и 3-D проекциях с использованием разработанного программного обеспечения PaperForming.

Индекс формования является основным количественным показателем оптической неоднородности структуры бумаги, измеряемой с помощью анализатора формования PTA-Line Formation Tester, который рассчитывается как интегральная характеристика совокупности флокулов по шести классам размеров: 1, 2, 3, 6, 10, и 16 мм.

Индекс просвета представляет собой совокупный комплексный параметр распределения яркости образца в проходящем свете относительно среднего значения, рассчитываемый по гистограмме распределения тоновых уровней яркости в проходящем свете как отношение высоты гистограммы к ее ширине.

Между значениями I_f и I_n существует обратная линейная корреляционная зависимость, поскольку первичные результаты измерений для их расчета базируются на одном физическом принципе – оптическом сканировании материала в проходящем свете в видимой спектральной области.

Кроме того, у исследуемых образцов определяли толщину (δ , мкм), плотность (ρ , г/см³), зольность (Z , %), а также отдельные показатели физико-механических свойств, преимущественно отражающие прочность и деформационное поведение бумаги при растяжении: разрывную длину (L , м); сопротивление излому (I , ч.д.п.); трещиностойкость (FT , Дж/м); разрушающее напряжение (σ_p , МПа); деформацию разрушения (ϵ_p , %); удельную энергию адсорбции (TEA , Дж/м²); работу разрушения (A_p , мДж); начальный модуль упругости (E_1 , МПа); жесткость при растяжении (S_t , кН/м).

Именно растягивающие нагрузки испытывает бумага потребительских форматов при прохождении через проводящие системы оргтехники.

Схема укрупненного алгоритма обработки исходной измерительной информации оптического сканирования при реализации процедуры визуализации приведена рис. 1.

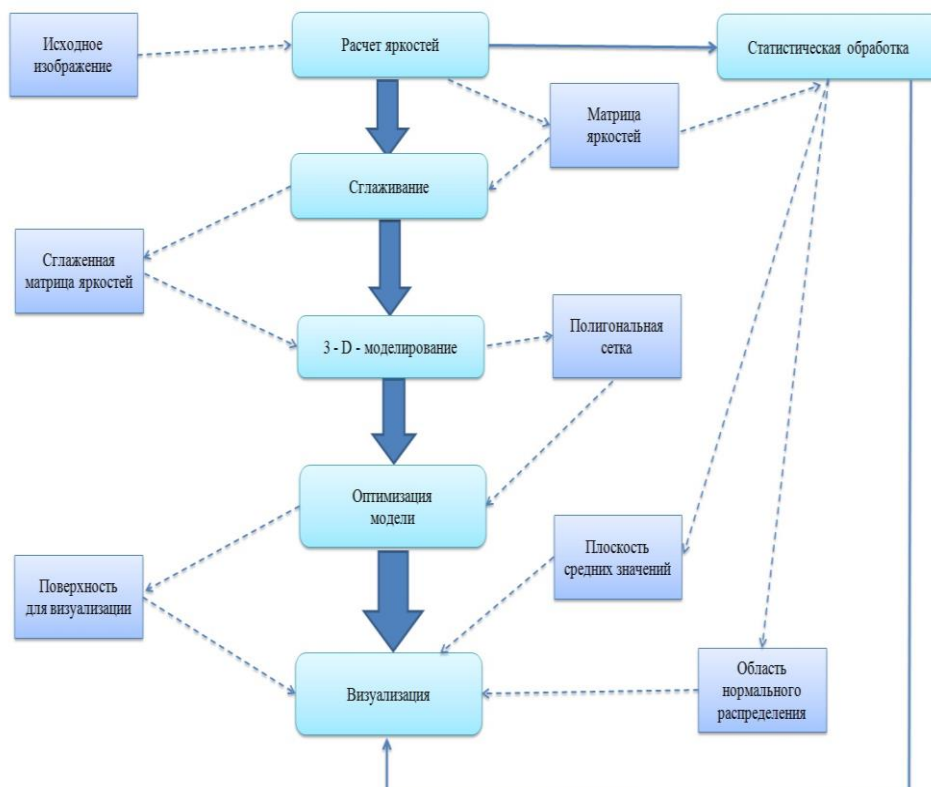


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки данных для визуализации изображения на основе оптического сканирования структуры бумаги (обрабатываемые данные заключены в прямоугольники, процедуры обработки – в эллипсовидные блоки; поток управления, определяющий порядок вычислительных действий, показан сплошными стрелками, потоки данных – пунктирными)

Для визуального анализа выбросов яркости в пространство моделирования вводятся дополнительные объекты: плоскость средних значений и область нормального распределения, которая строится как параллелепипед, 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.

Результаты исследования и их обсуждение

Средние значения и стандартные отклонения индекса формирования групп образцов офисной бумаги представлены на рис. 2. Для образцов второй и третьей групп на графиках также показаны границы размаха данных в вы-

борках (красные линии на рис. 2 б, в). В соответствие с использованным методом оценки оптической неоднородности структуры бумаги, равномерность формирования тем выше, чем ниже значение I_{ϕ} .

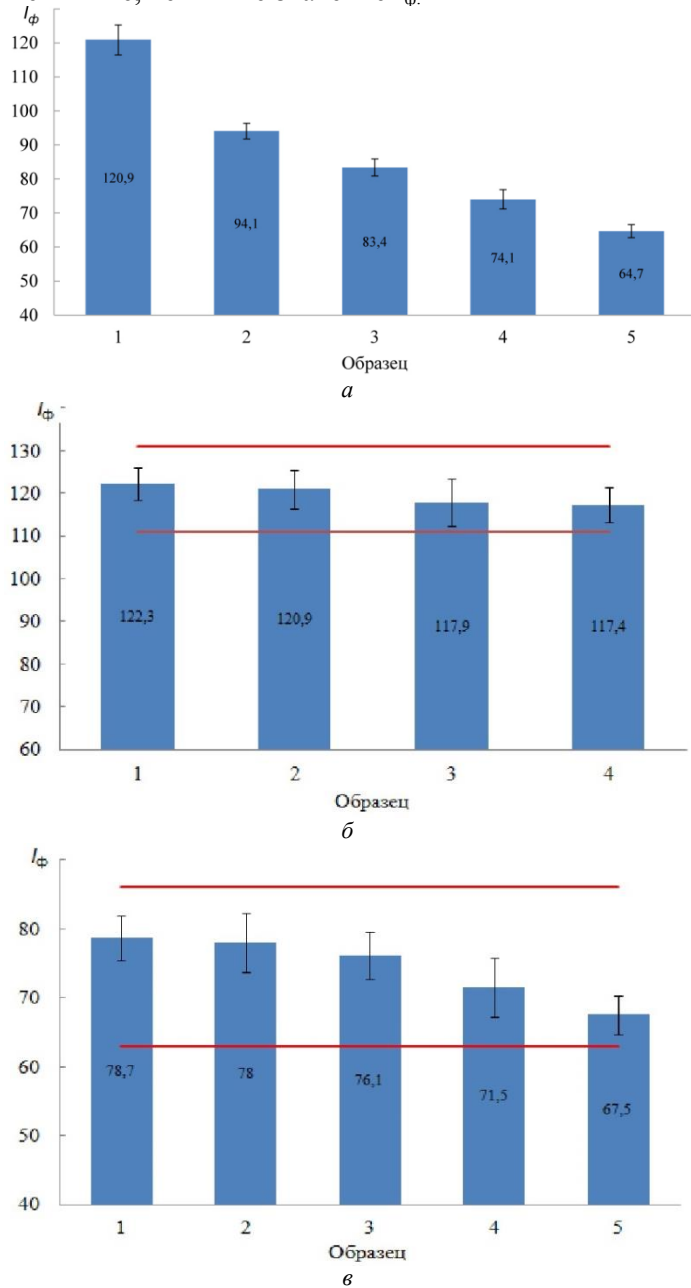


Рис. 2. Средние значения и стандартные отклонения индекса формирования образцов офисной бумаги: а – бумага разных производителей; б – бумага одного вида; в – бумага, произведенная на одной БДМ

Как следует из полученных данных, разработанный метод позволяет сопоставлять равномерность формирования макроструктуры как различных видов бумаги, выработанных на разных БДМ, так и отдельных марок одного вида, произведенных на определенной БДМ. В первой группе наиболее равномерной структурой характеризуются образцы 5, качество просвета которых по сравнению с продукцией другого предприятия (образец 1) в количественном выражении практически в 2 раза выше (рис. 2, а).

Колебания качества формирования внутри выборки бумаги одного производителя относительно лучшего образца также могут быть существенными и составлять от 5...6 % (рис. 2, б) для второй группы и до 15...17 % (рис. 2, в) для третьей группы.

Указанные количественные различия равномерности просвета очевидны и при компьютерной визуализации однородности формирования макроструктуры образцов в исследованных группах в виде 2-D и 3-D проекций, а также при анализе распределения флокул по классам размеров (табл. 1).

Таблица 1

Визуализация равномерности формирования и распределение флокул по классам размеров для офисной бумаги различных предприятий-изготовителей

Показатель	Образец бумаги				
	1	2	3	4	5
Проекция: 2-D					
3-D					
Класс размеров флокул, мм:					
1	43,6	41,4	30,4	27,2	24,2
2	26,3	19,4	14,8	19,4	16,6
3	34,0	23,2	17,3	18,6	13,5
6	3,9	6,1	7,8	0,5	1,1
10	9,7	1,5	10,0	3,9	3,1
16	3,5	2,4	3,1	4,6	6,2

Наиболее показательно это проявляется у первой группы образцов офисной бумаги, т. е. в случае, когда диапазон количественного изменения индекса формирования структуры имеет достаточно широкие границы. На иллюстрациях в табл. 1 визуально прослеживается повышение равномерности макроструктуры на просвет при оценке как в плоскости, через которую осуществлялось оптическое сканирование, так и в объемном представлении макроструктуры листа после компьютерной обработки на основе амплитудно-частотного анализа Фурье.

Данные анализа распределения флокул по классам размеров для той же группы образцов офисной бумаги продемонстрировали справедливость принци-

па дополнительной оценки качества формования, предложенного в исследовании [22]. Для того, чтобы нивелировать влияние абсолютных значений индекса формования 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 образцов различных производителей показаны на рис. 3.

Наиболее равномерным снижением количества флокул в классах размеров от 1 до 3 мм и одновременно монотонным изменением доли флокул во всем диапазоне классов размеров характеризуется структура образца 5, который, как показано выше, имеет минимальное значение индекса формования и наилучший просвет в выборке. Образец 4 по характеру распределения флокул по классам размеров уступает образцу 5 за счет сопоставимости доли флокул в классах 2 и 3 мм. Остальные образцы, отличавшиеся более низкой равномерностью формования (более высокими значениями I_{ϕ}), в классах размеров от 1 до 16 мм имели хаотичное распределение количества (доли) флокул.

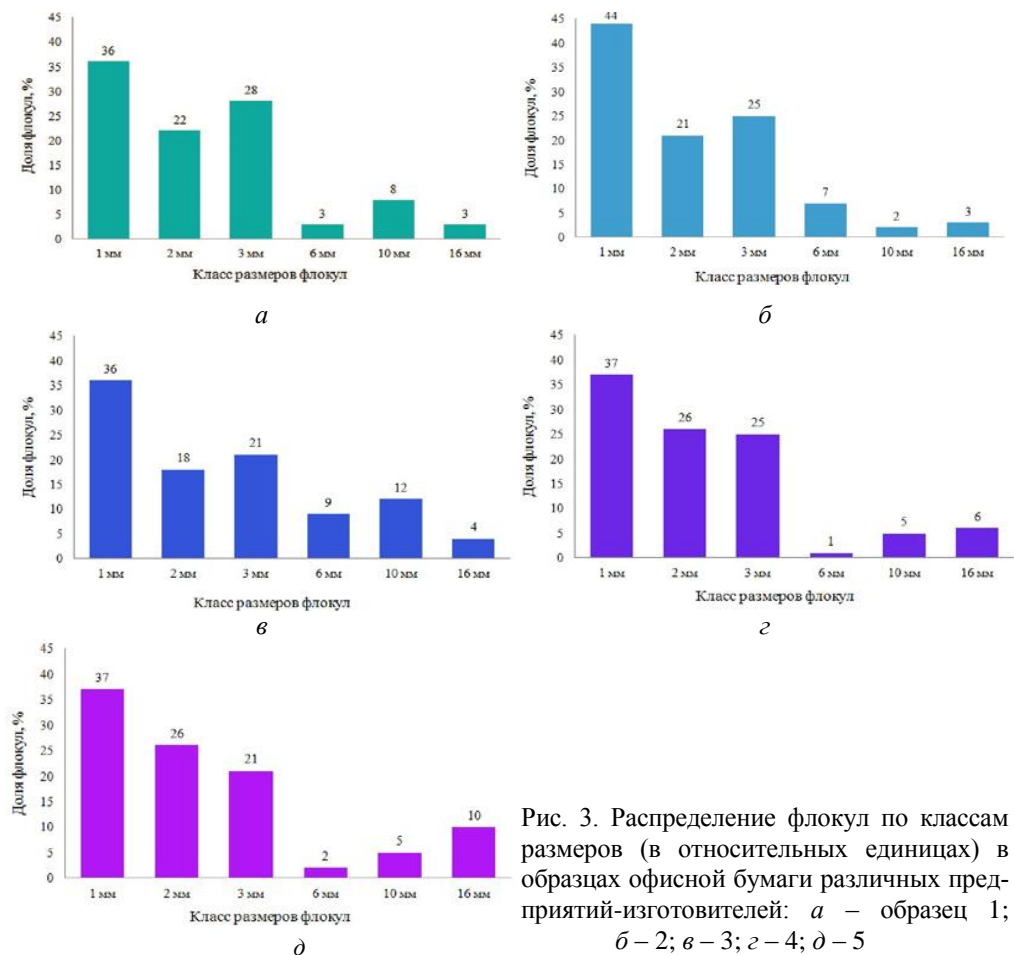


Рис. 3. Распределение флокул по классам размеров (в относительных единицах) в образцах офисной бумаги различных предприятий-изготовителей: а – образец 1; б – 2; в – 3; г – 4; д – 5

При проведении исследований равномерности формирования макроструктуры бумаги значимым является вопрос о взаимосвязях между характеристиками просвета и показателями физико-механических свойств образцов. Несмотря на очевидность теоретического положения о том, что с улучшением равномерности формирования повышаются сомкнутость структуры и количество межволоконных контактов и связей в бумаге, многофакторность и разнонаправленность влияющих параметров применительно к отдельным видам и технологиям, как правило, не позволяют установить однозначные воспроизводимые зависимости.

Это проявилось и для исследованных образцов офисных видов бумаги. Отсутствие однозначных зависимостей демонстрируют данные, полученные при физико-механических испытаниях бумаги различных предприятий-изготовителей (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели равномерности формирования и свойства офисной бумаги
различных предприятий-изготовителей**

Показатель	Образец бумаги				
	1	2	3	4	5
I_{ϕ}	121	94	83	74	65
I_{Π}	1,6	1,9	2,1	2,2	2,3
δ , мкм	102	97	104	98	104
ρ , г/см ³	0,81	0,84	0,77	0,82	0,77
Z , %	13,1	13,9	12,8	14,4	13,6
L , м	6400/2800	7100/2100	7200/2600	5200/2800	6500/2700
I , ч.д.п.	213/77	201/38	163/29	53/40	123/37
FT , Дж/м	0,18/0,27	0,11/0,20	0,13/0,13	0,14/0,12	0,12/0,16
σ_p , МПа	51,7/22,7	59,7/17,7	54,5/20,0	42,4/22,3	49,8/20,4
ε_p , %	1,53/3,97	2,14/4,97	2,02/3,81	2,12/6,43	1,79/3,78
TEA , Дж/м ²	48,1/64,7	78,6/65,0	74,2/57,4	57,8/104,1	57,7/57,9
A_p , мДж	72/97	118/97	111/86	87/156	87/87
E_1 , МПа	5150/1850	5150/1500	5200/1800	4100/1450	5050/1850
S_1 , кН/м	524/188	502/145	541/185	400/145	522/193

Примечание. В числителе приведены данные для образцов в машинном направлении (MD), в знаменателе – в поперечном направлении (CD).

Деформационное поведение структуры исследованных образцов при статическом одноосном растяжении с постоянной скоростью приложения нагрузки в машинном и поперечном направлениях иллюстрируют зависимости, приведенные на рис. 4.

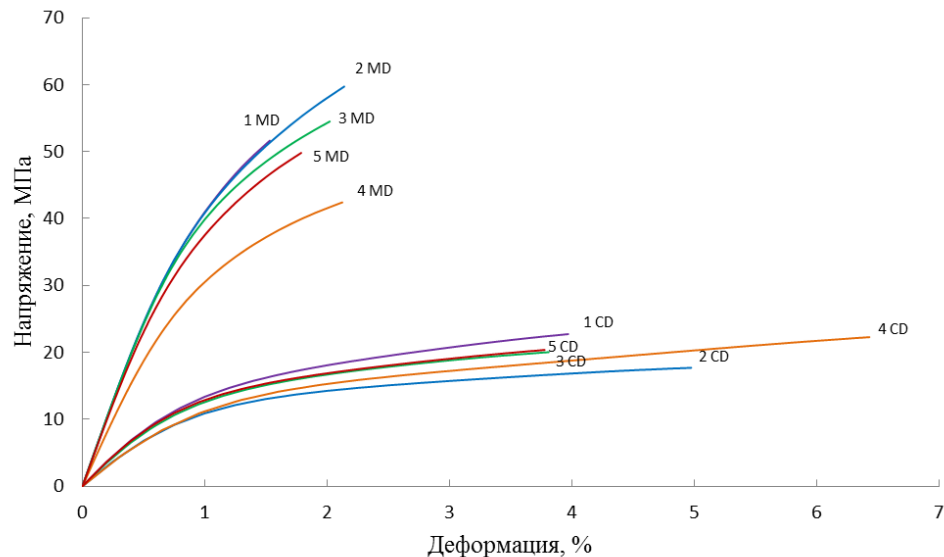


Рис. 4. Зависимость «напряжение–деформация» образцов (1–5) офисной бумаги разных предприятий-изготовителей при растяжении в MD и CD направлениях

Последовательный и попарный анализ свойств образцов офисной бумаги, отличающихся равномерностью формования, и образцов, имеющих сопоставимые характеристики просвета, позволил выявить следующие особенности в совокупностях показателей.

Как следует из табл. 2, образцы офисной бумаги 1 и 5, отличающиеся практически двукратной разницей индекса формования, имеют близкие значения характеристик прочности и деформативности при растяжении. Такие показатели, как разрывная длина, разрушающее напряжение, работа разрушения, начальный модуль упругости, жесткость при растяжении отличаются у них не более, чем на 3...5 %. Это относится к образцам, испытанным и в машинном, и в поперечном направлениях. Отметим, что зольность образца 5 составляет 13,6 %, а образца 1 – 13,1 %, Это не является критическим различием в процессе формирования уровня прочности при растяжении.

Зависимости «напряжение–деформация» (рис. 4), полученные по результатам испытаний при растяжении образцов 1 и 5 офисной бумаги, имеют близкое расположение в случае машинного направления и практически совпадают для поперечного направления. Это свидетельствует о сопоставимости показателей деформативности и прочности структуры обсуждаемых образцов несмотря на существенное различие в качестве ее формования.

С другой стороны, сопротивление излому образца 1 как в машинном, так и в поперечном направлении практически в 2 раза выше, чем у образца 5. Основной причиной данного факта, по-видимому, является более высокая проч-

ность волокон, используемых в композиции образца 1. В пользу этого утверждения свидетельствует более высокий уровень трещиностойкости в машинном и поперечном направлениях образца 1 по отношению к образцу 5.

Заслуживает обсуждения совокупность характеристик равномерности формования и показателей физико-механических свойств образцов 3 и 4, которые имеют минимальное отличие в характеристиках просвета (I_n и I_ϕ) по сравнению с любыми другими парными сопоставлениями образцов выборки. При этом образец 4 отличается низкими значениями прочности при растяжении и сопротивления излому в машинном направлении. Образец 3, напротив, демонстрирует одни из самых высоких среди всей выборки значения разрывной длины, разрушающего напряжения, работы разрушения, модуля упругости и жесткости при растяжении в машинном направлении. Сопротивление излому образца 3 в машинном направлении превышает данный показатель для образца 4 более чем в 3 раза. Следует отметить, что зольность образца 4 составляет 14,4 %, что на 1,6 % выше, чем у образца 3, а в целом – это наибольшее значение среди всех образцов выборки. Однако подобное различие в содержании наполнителя не является определяющей причиной более низких прочностных свойств образца в машинном направлении.

Значения деформации разрушения и расположение зависимостей «напряжение–деформация» для образца 4 в направлениях MD и CD (рис. 4) свидетельствуют о том, что ему присуща специфическая степень анизотропии свойств. Она проявляется в виде высокой растяжимости в поперечном направлении (деформация разрушения – 6,43 %) и низкой прочности при растяжении в машинном направлении (разрушающее напряжение – 42,4 МПа).

Заключение

Таким образом, при использовании на практике предложенного метода оценки равномерности просвета в целях контроля качества формирования макроструктуры целлюлозно-бумажных материалов следует максимально стабилизировать факторы и параметры, влияющие на отдельные группы потребительских свойств данного 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 с учетом используемой технологии производства на определенной бумаго- или картоноделательной машине.

Представленные примеры сопоставления комплекса свойств образцов офисной бумаги потребительского формата А4, включающего просвет, прочность и деформативность, в целом подтверждают необходимость отдельного контроля и регулирования различных групп потребительских свойств с учетом реальных технологических условий и производственных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамова В.В., Гурьев А.В., Попов А.И., Рудалев А.В., Тюпин А.А.* Теоретические основы и практическая реализация объемного моделирования равномерности макроструктуры бумаги // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы II Междунар. науч.-техн. конф., 10–12 сент. 2013 г. Архангельск: САФУ, 2013. С. 71–75.
2. *Белоглазов В.И., Гурьев А.В., Комаров В.И.* Анизотропия деформативности и прочности тарного картона и методы ее оценки / под ред. В.И. Комарова. Архангельск: АГТУ, 2005. 252 с.
3. *Вайсман Л.М.* Структура бумаги и методы ее контроля. М.: Лесн. пром-ть, 1973. 152 с.
4. *Галактионов Б.В., Иванова Е.И., Сырников Ю.П., Ферсман И.А., Царев Н.Н.* Объективная оценка просвета бумаги // Изв. СПбЛТА. 1995. № 3. С. 117–131.
5. *Дероум Э.* Современные методы ЯМР для химических исследований: пер. с англ. М.: Мир, 1992. 403 с.
6. *Зеленова С.В.* Влияние структуры целлюлозно-бумажных материалов на их деформационные и прочностные свойства: дис. ... канд. техн. наук: Архангельск, 2007. 152 с.
7. *Зеленова С.В., Казаков Я.В., Комаров В.И.* Сравнительная характеристика структурной неоднородности различных видов бумаги и картона // Фундаментальные исследования в технических университетах: материалы X Всерос. конф. по проблемам науки и высш. школы, 18–19 мая 2006 г. СПб.: Политехн. ун-т, 2006. С. 350–351.
8. *Казаков Я.В., Зеленова С.В., Комаров В.И.* Влияние неоднородности структуры на характеристики жесткости картонов-лайнеров // Лесн. журн. 2007. № 3. С. 110–121. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Комаров В.И.* Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск: АГТУ, 2002. 440 с.
10. *Леонтьев В.Н.* Методы и средства совершенствования печатных свойств бумаги в системе «бумага – краска – оттиск»: учеб. пособие. СПб.: СПбГУРП, 2009. 170 с.
11. *Николаев Е.С.* Влияние процессов массоподготовки и формования на равномерность макроструктуры бумаги: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2015. 184 с.
12. *Рудалев А.В., Попов А.И., Тюпин А.А., Гурьев А.В., Абрамова В.В.* Программа для визуализации и анализа равномерности формования макроструктуры бумаги и картона (PaperForming): свидетельство о гос. регистрации № 2013619551. Дата регистр.: 09.10.2013.
13. *Смолин А.С.* Макроструктура бумаги – измерение, формирование, влияние // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1999. № 7-8. С. 26–28.
14. *Сташкявичус Ю.-А.Ю.* Непосредственное исследование структуры бумаги и картона // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1976. № 4. С. 15.
15. *Сташкявичус Ю.-А.Ю.* Анизотропия прочности бумаги и методы ее оценки: дис. ... д-ра техн. наук. Л., 1984. 210 с.
16. *Финкельштейн Г.Э.* Неоднородность бумаги и потребительские свойства // Бум. пром-сть. 1972. № 10. С. 21–22.
17. *Финкельштейн Г.Э., Фляте Д.М.* Структура бумаги: [науч.-техн. инф.] / М-во ЦБП СССР, ЦНИИТЭИлеспром. М.: ЦНИИТЭИлеспром, 1969. – 52 с.
18. *Фляте Д.М.* Свойства бумаги. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 680 с.

19. Ambertec Beta Formation Tester. Ambertec OY, Espoo, Finland, 1990.
20. *Bernie J.P., Douglas W.J.M.* Local Grammage Distribution and Formation of Paper by Light Transmission Image Analysis // *Tappi Journal*. 1996. Vol. 79, no. 1. Pp. 193–202.
21. *Bernie J.P., Romanetti J.L., Douglas W.J.M.* Use of Components of Formation for Predicting Print Quality and Physical Properties of Newsprint // *Proc. 86th Annual Meeting Pulp and Paper Technical Association of Canada*. Montreal, Que, Canada, 2000, Pp. A285–A291.
22. *Cresson T., Luner P.* The Characterization of Paper Formation. Part 2: The Texture Analysis of Paper Formation // *Tappi Journal*. 1990. Vol. 73(12). Pp. 175–184.
23. *Cresson T., Luner P.* The Characterization of Paper Formation. Part 3: The Use of Texture Maps to Describe Paper Formation // *Tappi Journal*. 1991. Vol. 74(2). Pp. 167–175.
24. *Cresson T., Tomimasu H., Luner P.* The Characterization of Paper Formation. Part 1: Sensing Paper Formation // *Tappi Journal*. 1990. Vol. 73(7). Pp. 153–159.
25. *Kajanto I.M., Komppa A., Ritala R.K.* How Formation Should be Measured and Characterized // *Nordic Pulp and Paper Research Journal*. 1989. Vol. 4, no. 3. Pp. 219–228.
26. *Kallmes O.J., Ayer J.A.* Light Scanning System Provides Qualitative Formation Measurement // *Pulp & Paper*. 1987. Vol. 61(4). Pp. 99–105.
27. *Kallmes O., Bernier G., Perez M.* A Mechanistic Theory for the Load Elongation Properties of Paper // *Paper Technology and Industry*. 1977. Vol. 18(7). Pp. 222–228; Vol. 18(8). Pp. 243–245; Vol. 18(9). Pp. 283–285; Vol. 18(10). Pp. 328–331.
28. *Komppa A., Ebeling K.* Correlation between the Areal Mass and Optical Densities in Paper // *The Role of Fundamental Research in Papermaking: Proc. 7th Fund. Res. Symp.* Ed. by J. Brander. London, UK, 1983. Vol. 2. Pp. 603–633.
29. *Nikolaev E.* Formation Potential of Different Type Pulps and Paper Processes // *PaPSaT Yearbook*. 2007. Pp. 49–53.
30. *Zhao R.H., Kerekes R.J.* Pressure Distribution between Forming Fabrics in Blade Gap Formers: Thin Blades. *Proc. 80th Annual Meeting, Technical Section, CPPA*. Montreal, Canada, 1994. Vol. A. Pp. A31–A38.

Поступила 25.04.17

UDC 676.017.27

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.172

Evaluation of Macrostructure Forming Uniformity of Copy Paper

V.V. Abramova¹, Candidate for a Degree

A.V. Gur'ev², Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

¹Sukhon Cardboard and Paper Mill, pl. Pechatkina, 4, Sokol, Vologda region, 162135, Russian Federation; e-mail: vabramova@ukobf.com

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: a.guriev@narfu.ru

For citation: Abramova V.V., Gur'ev A.V. Evaluation of Macrostructure Forming Uniformity of Copy Paper. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 4, pp. 172–186. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.172

The problem of qualitative and quantitative evaluation of uniformity of the macro- and microstructure forming of cellulosic materials is still being solved both from the standpoint of theoretical justification and description, and in the applied (production) aspect. One of the areas of research of the interrelations between the uniformity of the structure and consumer properties of paper is the use of principles and approaches combining modern paper technology achievements, computational methods and information technologies. The results of such multidisciplinary research contribute to the development and implementation in practice of affordable, cost-effective methods of monitoring, analyzing and improving the uniformity of paper forming. This work objective is the testing of the developed software PaperForming for visualization and analysis of the homogeneity of components distribution in the sheet volume. As the objects of research, we have chosen the most popular copy paper of the use standard A size. The uniformity of the structure forming of such paper is one of the main parameters determining the stable operation of modern high-performance office equipment (printers, copiers, scanners, multifunction devices). The results of the study confirm the need for separate control and regulation of its consumer properties taking into account the real technological conditions.

Keywords: copy paper, macrostructure, forming, visualization of forming uniformity, software, control of consumer properties of paper.

REFERENCES

1. Abramova V.V., Gur'ev A.V., Popov A.I., Rudalev A.V., Tyupin A.A. Teoreticheskie osnovy i prakticheskaya realizatsiya ob"emnogo modelirovaniya ravnomernosti makrostruktury bumagi [Theoretical Foundations and Practical Realization of Volumetric Modeling of the Macrostructure Uniformity of Paper]. *Problemy mekhaniki tsellyulozno-bumazhnykh materialov: materialy II Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., 10–12 sent. 2013 g.* [Problems of Mechanics of Pulp and Paper Materials: Proc. 2nd Intern. Sci. Eng. Conf., 10–12 September 2013]. Arkhangel'sk, 2013, pp. 71–75.
2. Beloglazov V.I., Gur'ev A.V., Komarov V.I. *Anizotropiya deformativnosti i prochnosti tarnogo kartona i metody ee otsenki* [Anisotropy of Deformation and Strength of Container Board and Methods for Its Evaluation]. Ed. by V.I. Komarov. Arkhangel'sk, 2005. 252 p.
3. Vaysman L.M. *Struktura bumagi i metody ee kontrolya* [Paper Structure and Methods of Its Control]. Moscow, 1973. 152 p.
4. Galaktionov B.V., Ivanova E.I., Syrnikov Yu.P., Fersman I.A., Tsarev N.N. Ob"ektivnaya otsenka prosveta bumagi [An Objective Estimate of Paper Formation Light]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii (Izvestia SPbLTA)*, 1995, no. 3, pp. 117–131.
5. Derome A.E. *Modern NMR Techniques for Chemistry Research*. Oxford, UK, 1987. 295 p.
6. Zelenova S.V. *Vliyanie struktury tsellyulozno-bumazhnykh materialov na ikh deformatsionnye i prochnostnye svoystva: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Influence of the Structure of Cellulose and Paper Materials on Their Deformation and Strength Properties: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Arkhangel'sk, 2007. 152 p.
7. Zelenova S.V., Kazakov Ya.V., Komarov V.I. Sravnitel'naya kharakteristika strukturnoy neodnorodnosti razlichnykh vidov bumagi i kartona [Comparative Characteristics of the Structural Uniformity of Various Types of Paper and Paperboard].

Fundamental'nye issledovaniya v tekhnicheskikh universitetakh: materialy X Vseros. konf. po problemam nauki i vyssh. shkoly, 18–19 maya 2006 g. [Fundamental Research at the Technical Universities: Proc. 10th All-Russ. Conf. on Problems of Sci. and System of Higher Education, May 18–19, 2006]. Saint Petersburg, 2006, pp. 350–351.

8. Kazakov Ya.V., Zelenova S.V., Komarov V.I. Vliyanie neodnorodnosti struktury na kharakteristiki zhestkosti kartonov-laynerov [Influence of Structural Nonuniformity on Stiffness Characteristics of Linerboard]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2007, no. 3, pp. 110–121.

9. Komarov V.I. *Deformatsiya i razrushenie voloknistykh tsellyulozno-bumazhnykh materialov* [Deformation and Destruction of Fibrous Cellulose and Paper Materials]. Arkhangel'sk, 2002. 440 p.

10. Leont'ev V.N. *Metody i sredstva sovershenstvovaniya pechatnykh svoystv bumagi v sisteme «bumaga – kraska – ottisk»: ucheb. posobie* [Methods and Means of Improving the Printed Properties of Paper in the System “Paper – Paint – Print”]. Saint Petersburg, 2009. 170 p.

11. Nikolaev E.S. *Vliyanie protsessov massopodgotovki i formovaniya na ravnomernost' makrostruktury bumagi: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Effect of Mass Preparation and Forming on the Uniformity of the Paper Macrostructure: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Saint Petersburg, 2015. 184 p.

12. Rudalev A.V., Popov A.I., Tyupin A.A., Gur'ev A.V., Abramova V.V. *Programma dlya vizualizatsii i analiza ravnomernosti formovaniya makrostruktury bumagi i kartona (PaperForming)* [Program for Visualization and Analysis of the Macrostructure Forming Uniformity of Paper and Cardboard (PaperForming)]. Certificate of the State Registration, no. 2013619551, 2013.

13. Smolin A.S. Makrostruktura bumagi – izmerenie, formirovanie, vliyanie [Macrostructure of Paper – Measurement, Formation, Influence]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton* [Pulp. Paper. Board], 1999, no. 7–8, pp. 26–27.

14. Stashkyavichus Yu.-A.Yu. Neposredstvennoe issledovanie struktury bumagi i kartona [A Direct Study of the Structure of Paper and Paperboard]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton* [Pulp. Paper. Board], 1976, no. 4, p. 15.

15. Stashkyavichus Yu.-A.Yu. *Anizotropiya prochnosti bumagi i metody ee otsenki: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Anisotropy of Paper Strength and Methods of Its Evaluation: Dr. Eng. Sci. Diss.]. Leningrad, 1984. 210 p.

16. Finkel'shteyn G.E. Neodnorodnost' bumagi i potrebitel'skie svoystva [Paper Inhomogeneity and Consumer Properties]. *Bumazhnaya promyshlennost'*, 1972, no. 10, pp. 21–22.

17. Finkel'shteyn G.E., Flyate D.M. *Struktura bumagi* [The Structure of Paper]. Moscow, 1969. 52 p.

18. Flyate D.M. *Svoystva bumagi* [Paper Properties]. Moscow, 1986. 680 p.

19. *Ambertec Beta Formation Tester*. Ambertec OY, Espoo, Finland, 1990.

20. Bernie J.P., Douglas W.J.M. Local Grammage Distribution and Formation of Paper by Light Transmission Image Analysis. *Tappi Journal*, 1996, vol. 79, no. 1, pp. 193–202.

21. Bernie J.P., Romanetti J.L., Douglas W.J.M. Use of Components of Formation for Predicting Print Quality and Physical Properties of Newsprint. *Proc. 86th Annual Meeting Pulp and Paper Technical Association of Canada*. Montreal, Que, Canada, 2000, pp. A285–A291.

22. Cresson T., Luner P. The Characterization of Paper Formation. Part 2: The Texture Analysis of Paper Formation. *Tappi Journal*, 1990, vol. 73(12), pp. 175–184.
23. Cresson T., Luner P. The Characterization of Paper Formation. Part 3: The Use of Texture Maps to Describe Paper Formation. *Tappi Journal*, 1991, vol. 74(2), pp. 167–175.
24. Cresson T., Tomimasu H., Luner P. The Characterization of Paper Formation. Part 1: Sensing Paper Formation. *Tappi Journal*, 1990, vol. 73(7), pp. 153–159.
25. Kajanto I.M., Komppa A., Ritala R.K. How Formation Should be Measured and Characterized. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 1989, vol. 4, no. 3, pp. 219–228.
26. Kallmes O.J., Ayer J.A. Light Scanning System Provides Qualitative Formation Measurement. *Pulp & Paper*, 1987, vol. 61(4), pp. 99–105.
27. Kallmes O., Bernier G., Perez M. A Mechanistic Theory for the Load Elongation Properties of Paper. *Paper Technology and Industry*, 1977, vol. 18(7), pp. 222–228; vol. 18(8), pp. 243–245; vol. 18(9), pp. 283–285; vol. 18(10), pp. 328–331.
28. Komppa A., Ebeling K. Correlation between the Areal Mass and Optical Densities in Paper. *The Role of Fundamental Research in Papermaking: Proc. 7th Fund. Res. Symp.* Ed. by J. Brander. London, UK, 1983, vol. 2, pp. 603–633.
29. Nikolaev E. Formation Potential of Different Type Pulps and Paper Processes. *PaPSaT Yearbook*, 2007, pp. 49–53.
30. Zhao R.H., Kerekes R.J. Pressure Distribution between Forming Fabrics in Blade Gap Formers: Thin Blades. *Proc. 80th Annual Meeting, Technical Section, CPPA*. Montreal, Canada, 1994, vol. A, pp. A31–A38.

Received on April 25, 2017
