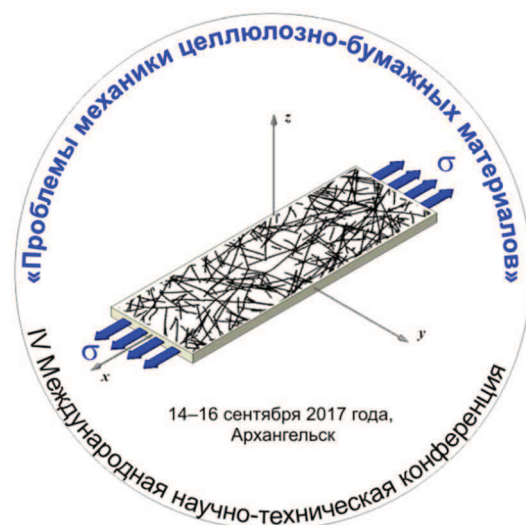




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

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)*

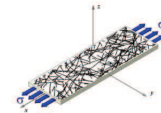
П 78 **Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов:**
материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти про-
фессора В.И. Комарова (Архангельск, 14–16 сентября 2017 г.) /
Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск:
САФУ, 2017. – 377 с.
ISBN 978-5-261-01259

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



УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ БУМАГИ С ПОМОЩЬЮ УНИПОЛЯРНОГО КОРОННОГО РАЗРЯДА

Л.Р. Мусина, М.Ф. Галиханов, С.В. Волкова

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Показана возможность использования коронного разряда для улучшения комплекса эксплуатационных свойств фильтровальной бумаги. Представлены результаты исследований по анализу поляризуемости фильтровальной бумаги и ее влияния на протекание сорбционных и диффузионных процессов в структуре целлюлозно-бумажного материала, а также на комплекс его механических свойств.

CONTROL OF OPERATIONAL PROPERTIES OF FILTER PAPER BY UNIPOLAR CORONA DISCHARGE

L.R. Musina, M.F. Galikhanov, S.V. Volkova

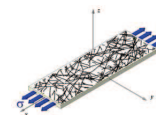
Kazan national research technological university, Kazan, Russia

The possibility of using a corona discharge to improve a complex of operational properties of filter paper is shown. The study's results on the analysis of filter paper polarizability and its effect on the course of sorption and diffusion processes in the structure of cellulose-paper material and on the complex of its mechanical properties are presented.

Во многих отраслях промышленности фильтровальная бумага и фильтровальный картон остаются весьма востребованными, так как обладают оптимальным сочетанием функциональных характеристик, дешевизны, легкости. Однако низкие показатели механической прочности целлюлозно-бумажных материалов ограничивают сферы их применения, особенно в условиях больших нагрузок, высокой влажности [5, 7].

Прочность бумажного листа зависит от его состава, прочности волокон, силы связи между этими волокнами. Имеется большое количество различных методов – химических и физических – улучшения тех или иных свойств целлюлозно-бумажных материалов [1, 7, 9-10], в том числе – их обработка в униполярном коронном разряде [9-10].

В тоже время широкое применение находят электретенные фильтры на основе полимерных волокон. Они представляют собой материалы из заряженных тонких полимерных волокон и применяются для очистки воздуха и различных газов от пыли. Электретенные волокна притягивают к себе ча-



стицы пыли и захватывают кулоновскими силами [4, 8, 13]. Этот принцип может быть реализован и для целлюлозно-бумажных материалов.

Таким образом, целью настоящей работы явилось исследование возможности электретиrowания фильтровальной бумаги в поле коронного разряда и его влияния на сорбционные и механические свойства целлюлозно-бумажного материала.

В качестве объекта исследования была выбрана лабораторная фильтровальная бумага марки ФС-II (ГОСТ 12026–76) (ФБ) и фильтры обеззоленные «Синяя лента» (СЛ), «Черная лента» (ЧЛ).

В качестве фильтрата использовали парфюмерную жидкость, состоящую из 73 % этилового спирта, 8 % парфюмерной композиции и 19 % воды (ГОСТ 31678–2012).

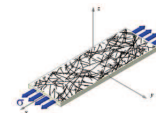
Электретное состояние ФБ создавалось в униполярном коронном разряде при напряжении $U_{эл} = 30$ кВ и времени обработки $\tau_{эл} = 30$ сек. Образцы (ЭФБ, ЭСЛ, ЭЧЛ) электретиrowались с применением лавсановой подложки, которая размещалась под бумагой на заземленном электроде коронатора.

Электретные характеристики (потенциал поверхности $V_э$, напряженность электрического поля E , эффективная поверхностная плотность заряда $\sigma_{эф}$) образцов измеряли ежедневно на измерителе параметров электростатического поля ИПЭП-1 компенсационным методом (экранированием приемного электрода).

Определение фильтрующей и разделительной способности бумаги проводилось согласно ГОСТ 7584–89. Испытания на сопротивление продавливанию проводили по ГОСТ 13525.8–86 и сопротивления раздиранию (метод Эльмендорфа) проводили по ГОСТ 13525.3–97, пористости определялось методом Бендтсена (ГОСТ Р ISO 8791/2).

При обработке диэлектрических материалов в униполярном коронном разряде происходит инжекция носителей зарядов (ионов, электронов) в объем материала и удержание их энергетическими ловушками [4, 13]. Бумага является плохим электретом (табл. 1) и даже ее поляризация с лавсановой подложкой не приводит к значительному улучшению ее электретных свойств.

Также известно, что свойством растительного волокна, самопроизвольно проявляющим себя, является образование двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности свободных сегментов волокон и в коагуляционных контактах. Электрокинетический потенциал ДЭС может изменяться



под действием многих факторов – рН, вида и концентрации в бумажной массе химических веществ (особенно ионогенных), вида волокнистого полуфабриката (целлюлоза, древесная масса, вторичное волокно) и степени его гидратации, воздействия электрического поля, а так же ряда других факторов [6, 12]. При обработке бумаги в униполярном коронном разряде происходит увеличение потенциала двойного электрического слоя, т.е. усиление взаимодействия между волокнами. Это вполне возможно, учитывая, что в отрицательной короне на воздухе, образуются ионы O_2^- , CO_3^- , $(H_2O)_nCO_3^-$, которые осаждаются на поверхности обрабатываемого материала [4].

Таблица 1. Электретные свойства ЭФБ, ЭСЛ, ЭЧЛ

Материал	Начальные значения (сразу после электретирирования)			Через 10 суток после электретирирования		
	$V_э$, кВ	E , кВ/м	$\sigma_{эф}$, мкКл/м ²	$V_э$, В	E , кВ/м	$\sigma_{эф}$, мкКл/м ²
ЭФБ	0,119	7,36	0,063	0,001	0,18	0,0014
ЭСЛ	0,08	4,68	0,04	0,001	0,2	0,0016
ЭЧЛ	0,052	3,4	0,031	0	0,18	0,0018

Эффективность бумажных электретных фильтров по обеспечению чистоты фильтрата была изучена при определении разделительной способности фильтрующих материалов (рис. 1).

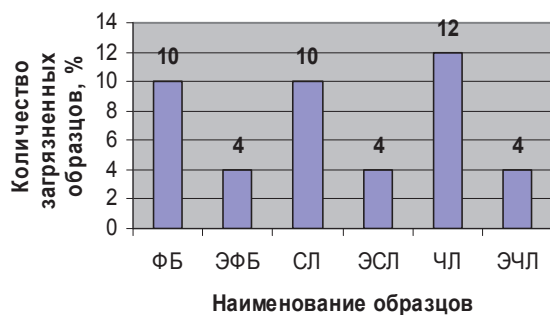


Рис. 1. Результаты испытаний разделительной способности

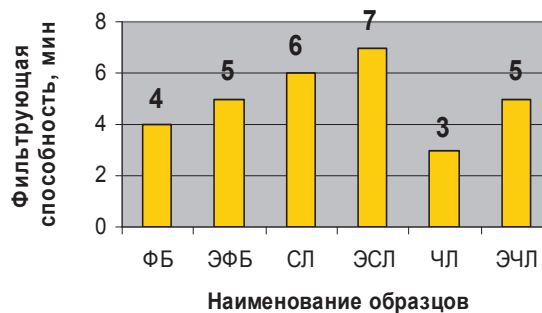
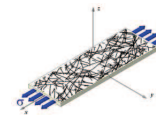


Рис. 2. Результаты испытаний фильтрующей способности

Задерживающая способность фильтровальных материалов находится в тесной зависимости от структурных свойств фильтровальной бумаги, в частности от размера пор. Электретирирование образцов показало уменьшение количества частиц в фильтрате почти в два раза. Осаждение частиц на заряженных образцах бумаги происходит из-за притягивания нейтральных частиц включений силами заряженных волокон бумаги вследствие увеличения электрокинетического потенциала поверхности бумаги. При этом



возможность распространения поля на большие расстояния позволяет увеличить эффективность работы фильтрующего материала.

При этом время фильтрации при электретировании образцов увеличивается (рис. 2). Видно, что придание образцам электретного состояния способствует увеличению времени прохождения фильтрата через фильтры в $\sim 1,5$ раза. Данное явление объясняется влиянием поля электрета на протекание диффузионных процессов. Дело в том, что поляризационный заряд создает энергетический барьер, влияющий на прохождение фильтрата через объем диэлектрика [4].

Одним из важных технических параметров определяющих механическую прочность фильтровальной бумаги является сопротивление продавливанию (рис. 3).

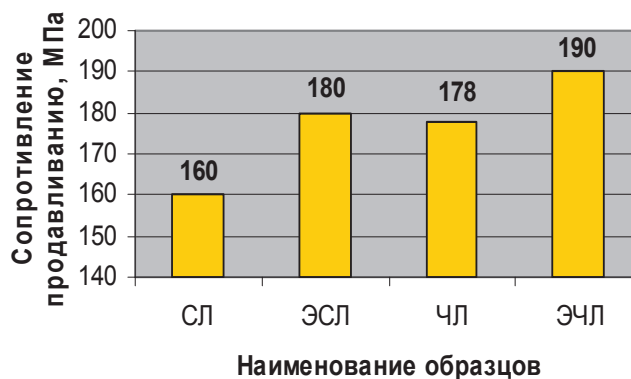
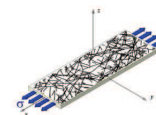


Рис. 3. Результаты испытаний на сопротивление продавливанию

Видно, что обработка в коронном разряде способствует увеличению сопротивления продавливанию для обеззоленных фильтров: на 13 % для фильтров «Синяя лента» и на 7 % для фильтров «Черная лента». Это можно связать с тем, что при воздействии коронного разряда происходит выстраивание диполей полимера и осуществляется ориентирование под действием поля осаждаемых на поверхность зарядов [4, 13]. Данные выводы позволяют нам также предположить, что воздействие электрического поля способствует взаимному сближению фибрилл в структуре волокон листа, уменьшению межволоконного пространства и приданию выраженного ориентированного состояния волокон.

Электретирование также способствует усилению сил электростатических связей между волокнами. Конечно, прочность бумажного листа во многом обеспечивается за счет действия водородных связей, однако влияние электростатических связей также является существенным [11].



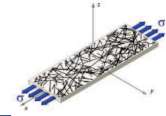
Доказательством возрастания межволоконных связей в структуре листа при воздействии коронного разряда может служить испытание на сопротивление раздиранию по методу Эльмендорфа (табл. 2).

Таблица 2. Результаты испытаний фильтровальных материалов на сопротивление раздиранию

Материал	Сопротивление раздиранию (Метод Эльмендорфа), мН	
	в машинном направлении	в поперечном направлении
ФБ	1067	1197
ЭФБ	994	1132
ЧЛ	1304	1369
ЭЧЛ	1231	1283

Сопротивление раздиранию является показателем механической прочности бумаги на который не оказывают существенное влияние силы между волокнами. Это объясняется тем, что в бумаге с усиленными межволоконными связями при воздействии растягивающих нагрузок волокна не могут скользить друг относительно друга и, следовательно увеличивается число волокон, разрывающихся при растяжении. Энергия затрачиваемая на разрезание волокон, значительно меньше, чем расходуемая на их вытягивание из листа [11]. Поэтому сопротивление листа раздиранию уменьшается, так как сила раздирающего при этом концентрируется на небольшой площади. Снижение прочности волокон можно объяснить разрушением их поверхности, происходящим при обработке в коронном разряде. Процесс травления полимерных материалов в поле коронного разряда был показан и ранее [2]. Как правило, это ведет к возрастанию шероховатости поверхности. В этом случае, должна возрасти пористость бумаги. Этот показатель характеризует структуру бумаги. Исследования показали, что обработка ФБ в короне увеличивает ее пористость с 2540 до 2660 мл/мин, для СЛ это возрастание – с 1410 до 1500 мл/мин, для ЧЛ – с 3210 до 3270 мл/мин. Приведенные данные косвенно свидетельствуют о нарушении целостности целлюлозных волокон, что и приводит к снижению значений сопротивления раздиранию исследуемых материалов.

Таким образом, результаты проведенных испытаний доказали эффективность применения обработки коронным разрядом целлюлозно-бумажных фильтровальных материалов для обеспечения прочности и улучшения их эксплуатационных характеристик.



Список литературы

1. Ажаронок В.В., Филатова И.И., Вощула И.В., Длугунович В.А., Царюк О.В., Горжанова Т.Н. Изменение оптических свойств бумаги под влиянием магнитной составляющей высокочастотного электромагнитного поля // Журнал прикладной спектроскопии. 2007. Т. 74, № 4. С. 421–426.
2. Ананьев В.В., Перетокин Т.Н., Заиков Г.Е., Софьина С.Ю. Модификация адгезионных свойств полимерных пленок обработкой коронным разрядом // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. №5. С.116–119.
3. Вураско А.В., Фролова Е.И., Стоянов О.В. Повышение сорбционных свойств технической целлюлозы из недревесного растительного сырья // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 1. С.41–43.
4. Галиханов М.Ф. Коронозлектреты на основе полимерных композиционных материалов: Монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. 364 с.
5. Канарский А.В. Фильтровальные виды бумаги и картона для промышленных технологических процессов. М.: Экология, 1991. 272 с.
6. Ковернинский И.Н., Дулькин Д.А., Дубовый В.К., Кожевников С.Ю. Роль Z-потенциала в межволоконном взаимодействии // Физикохимия растительных полимеров. Матер. IV междунар. конфер. Архангельск, 2011. С. 133–134.
7. Коптюх Л. Картон фильтрует // Картон и Гофрокартон. 2006, Т. 21, № 1. С. 54–59.
8. Кравцов А.Г., Гольдаде В.А., Зотов С.В. // Полимерные электретные фильтроматериалы для защиты органов дыхания. / Под науч. ред. Л.С. Пинчука. Гомель: ИММС НАНБ, 2003. 204 с.
9. Мусина Л.Р. Применение электретирования как способа упрочнения комбинированного гофрированного картона // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 10. С. 45–47.
10. Перепелкина А.А., Галиханов М.Ф., Мусина Л.Р. Влияние термической обработки и электрофизического воздействия на сопротивление продавливанию целлюлозно-бумажного материала // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т 16. №7. С.113–114.
11. Фляте Д.М. Свойства бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 680 с.
12. Юрьев В.И. О поверхностном (термодинамическом) потенциале целлюлозных волокон. // Межвуз. сб. науч. тр. Л.: 1980. № 6. С. 50–53.
13. Kestelman V.N., Pinchuk L.S., Goldade V.A. Electrets in Engineering: Fundamentals and Applications. Boston–Dordrecht–London: Kluwer Acad. Publ., 2000. 281 p.