

На правах рукописи

Николаев Егор Сергеевич

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ МАССОПОДГОТОВКИ И ФОРМОВАНИЯ НА
РАВНОМЕРНОСТЬ МАКРОСТРУКТУРЫ БУМАГИ

05.21.03. – «Технология и оборудование химической переработки
биомассы дерева; химия древесины»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров» на кафедре технологии бумаги и картона.

- Научный руководитель – **Смолин Александр Семенович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии бумаги и картона, профессор.
- Официальные оппоненты – **Канарский Альберт Владимирович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра пищевой биотехнологии, профессор.
- Смирнова Екатерина Григорьевна**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», кафедра целлюлозно-бумажного производства и биотехнологии, доцент.
- Ведущая организация – Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова

Защита диссертации состоится « 08 » декабря 2015 года в 14:30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.231.01 при Санкт-Петербургском государственном технологическом университете растительных полимеров по адресу: 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров и на сайте www.gturp.spb.ru.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах с заверенной гербовой печатью подписями просим направлять по адресу: 198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 4.

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

Л.Г. Махотина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Макроструктура бумажного листа является важнейшей характеристикой, определяющей многие эксплуатационные свойства бумаги и картона. Неравномерность макроструктуры бумаги негативно влияет на показатели безобрывной проводки (*runnability*), печатные и прочностные свойства бумаги, так как неоднородность макроструктуры бумаги – это не только неоднородность распределения её структурных элементов, но и неоднородность её физических свойств. Решение проблемы получения бумаги с неоднородной структурой актуально с точки зрения экономии. Прочность образцов бумаги с однородной структурой выше, чем у бумаги, имеющей неоднородную структуру. Улучшение однородности структуры бумаги позволит изготавливать бумагу с меньшей массой m^2 при сохранении прочностных характеристик, что приведет к экономии сырья, а как следствие этого, к удешевлению готовой продукции.

Основным процессом, влияющим на неравномерность макроструктуры бумаги, является флокуляция волокон в гидросуспензиях. Уровень флокуляции определяется видом волокнистого материала и характером волокон. Длина волокна, диаметр, фракционный состав, грубость, жесткость, гибкость волокна во влажном состоянии (*WFF*), поверхностные свойства, поверхностный заряд, форма волокна - это характеристики волокнистого материала, влияющие на флокуляцию волокон. Наряду с вышеуказанными факторами, относящимися к свойствам волокнистого материала, следует отметить, что на тенденцию волокон к флокуляции существенное влияние оказывают производственные параметры, такие, как концентрация волокон, вязкость суспензий, температура, концентрация и вид химических добавок, рН среды, уровень турбулентности волокнистой суспензии, время обезвоживания, скорость подачи волокнистой массы на сетку БДМ, соотношения скорости массы и сетки БДМ. В связи с этим, флокуляция – весьма сложный процесс, который может быть описан посредством комплексных критериев, суммирующих факторы, способствующих и препятствующих флокуляции.

В системах автоматического управления производством бумаги и картона отсутствует контур по регулированию макроструктуры бумажного листа, несмотря на то, что существует ряд приборов по оперативной (*online*) оценке однородности макроструктуры. Это связано, прежде всего, с тем, что очень велико количество факторов и параметров, влияющих на равномерность макроструктуры листа, причем это влияние может быть разнонаправлено.

Различные факторы и параметры могут быть объединены в комплексные критерии, суммирующие воздействия различных параметров и могут быть использованы, как управляющие величины для автоматического регулирования равномерности макроструктуры бумажного полотна.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является исследование параметров массоподготовки и формования бумажного полотна на уровень флокуляции и равномерность макроструктуры бумаги и картона. Для реализации данной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Исследовать влияние процесса размола волокна и композиции бумажной массы на тенденцию к флокуляции и равномерность макроструктуры бумаги.
2. Изучить влияние мелкой фракции волокнистых систем на флокуляцию и однородность макроструктуры бумаги, а также исследовать влияния количества мелкой фракции на электроповерхностные свойства волокнистых гидросуспензий.
3. Определить работоспособность существующих критериев (краудинг-фактор N , критическая концентрация, линейный заряд, потенциал формования) в качестве величин, управляющих формированием макроструктуры бумаги.
4. Исследовать влияние параметров формования бумажного полотна (время обезвоживания, вязкость волокнистой системы, температура волокнистой массы, концентрация массы, наличие химических реагентов) на равномерность бумажного полотна.

Научная новизна. Установлена зависимость между комплексными критериями (потенциал формования, краудинг-фактор, критическая концентрация, линейный заряд волокна, удельное водоудержание) и равномерностью макроструктуры бумаги.

Показано влияние гибкости волокон во влажном состоянии и мелкой фракции волокнистой суспензии на величину комплексных критериев и, соответственно, на степень однородности макроструктуры.

Установлено сложное влияние мелкой фракции бумажной массы на флокуляцию волокнистых структур и равномерность формования в связи с изменениями общего и поверхностного заряда волокон, времени обезвоживания и вязкости волокнистой суспензии.

Практическая ценность. Показано, что процесс размола различных волокнистых полуфабрикатов оказывает существенное влияние на равномерность макроструктуры бумаги. Рекомендованы параметры процесса размола, положительно влияющие на равномерность формования.

Рекомендовано использование комплексных критериев, влияющих на равномерность макроструктуры, как управляющих факторов для автоматического регулирования равномерности макроструктуры бумаги.

Показано влияние на равномерность макроструктуры бумажного полотна времени обезвоживания волокнистой суспензии, вязкости, температуры и наличия химических вспомогательных веществ.

Разработана методика оценки влияния времени обезвоживания на однородность макроструктуры бумаги, уточнена методика измерения внешнего и внутреннего зарядов волокон.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на Международных конференциях в г. Архангельске (2011г.), а также на ежегодных научно-технических конференциях PaPSaT в г. Турку (2007г.), в г. Лаппеенранта (2008г.), в г. Оулу (2009г.), в г. Карлстад (2010г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает в себя: введение; аналитический обзор; методическую часть; экспериментальную часть; общие выводы; библиографический список; приложение. Содержание работы изложено на 184 страницах, включая 85 рисунков и 17 таблиц, библиографический список содержит 230 наименований.

Автором выносятся на защиту следующие основные положения диссертационной работы:

1. Зависимость неравномерности макроструктуры бумаги от комплексных критериев флокуляции и формования.
2. Данные по изменению неравномерности макроструктуры бумаги в зависимости от размола волокон.
3. Результаты влияния процесса размола на электроповерхностные свойства волокнистых гидросуспензий и на комплексные критерии флокуляции.
4. Данные по влиянию композиционного состава бумаги и картона на однородность структуры.
5. Зависимость неравномерности макроструктуры бумаги от добавок катионных и анионных полиэлектролитов.

Краткое содержание работы:

Введение.

В этом разделе диссертационной работы обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель работы и задачи, подлежащие решению, указаны положения, выносимые на защиту.

Обзор литературы.

Литературный обзор тематически разделяется на 5 разделов. *В первом* разделе рассмотрены современные представления о процессе размола, представлены теории процесса размола, детально описаны изменения, происходящие с волокном и параметрами волокнистой массы во время размола. Кроме того, предоставлена информация о влиянии процесса размола на параметры готовой бумажной продукции и об оптимизации процесса размола. *Во втором* разделе уделено внимание электрокинетическим свойствам волокнистой суспензии, природе заряда волокон, влиянию процесса размола на электрокинетические свойства волокон. *Третий раздел* посвящён волокнистой мелочи, типам волокнистой мелочи, свойствам мелкой фракции и её вкладу в значение ЭКП и заряда волокна. *Четвертый раздел* посвящен явлению флокуляции волокон. В данном разделе представлены теории и критерии флокуляции, начиная от теории Майзена- критическая концентрация до теории Краудинг- критерий Керекеса. Разобраны факторы, определяющие тенденцию волокна флокулироваться. *В последнем разделе* литературной части речь идет об однородности макроструктуры бумаги и о влиянии неоднородности макроструктуры на свойства готовой продукции.

Методическая часть.

В данной работе исследовались следующие волокнистые полуфабрикаты: 1. Сульфатная беленая целлюлоза сосны, листовой формы, 2. Сульфатная беленая целлюлоза березы, листовой формы, 3. Сульфатная беленая целлюлоза эвкалипта, листовой формы, 4. Термомеханическая масса ТММ, 5. Химико-термомеханическая беленая масса, ель, 6. Химико-термомеханическая небеленая масса, ель, 7. Композиции на основе смесей вышеперечисленных волокнистых полуфабрикатов. С перечисленными объектами исследований проводились следующие испытания: определение размеров волокон и фракционного состава по длине волокна, определение водоудерживающей способности WRV, измерение гибкости волокон во влажном состоянии (STFI FiberMaster), измерение дзета-потенциала методами потенциала протекания и измерением электрофоретической подвижности, измерение внешнего и внутреннего зарядов волокон, фракционирование волокнистой массы, частичное удаление мелкой фракции на установке DDJ. Также из перечисленных волокнистых полуфабрикатов изготавливались отливки ($m^2 = 60\text{г/м}^2$ и $= 100\text{г/м}^2$) с применением различных методик. Однородность структуры полученных лабораторных отливок измерялось на приборе Ambertec, принцип работы которого основан на измерении коэффициента пропускания β – излучений (прометениум-147). На основании данных о размерах волокна, показателя грубости волокна и значения ЭКП рассчитывались критерии, характеризующие (предсказывающие) степень флокуляции в гидросуспензиях волокон и потенциал формования, показатель прогнозирующий степень однородности макроструктуры бумаги.

Экспериментальная часть.

Водоудерживающая способность WRV.

На рисунке 1 представлены результаты измерений водоудерживающей способности WRV. Водоудерживающая способность WRV оценивает набухаемость волокон, коррелируется с гибкостью волокон, а также, наряду с показателем гибкости волокна, используется для оценки степени расслаивания клеточной стенки волокна и внутренней фибрилляции. Известно, что при увеличении толщины клеточной стенки значение WRV уменьшается. Набухаемость, как известно, зависит от химической композиции, степени внутренней фибрилляции волокон, количества, размера и распределения пор и от показателя популяции волокон (количество волокон в 1 грамме абсолютно сухой целлюлозы). Гемиллюлозы способствуют набуханию волокон, тогда как лигнин и экстрактивные вещества замедляют процесс набухания, по этой причине степень набухания химических волокон выше, чем у механических масс. Степень набухания химических целлюлоз увеличивается с увеличением степени помола. Как видно из результатов, представленных на рисунке 1, данная тенденция прослеживается для всех образцов химических целлюлоз. Степень набухания механических масс, в целом, ниже, чем у химических целлюлоз, хотя причиной повышенной набухаемости образцов механических масс в основном является высокое содержание мелкой волокнистой фракции, а не изменения в структуре волокна.



Рисунок 1 – Результаты измерения водоудерживающей способности

С целью изучения поведения показателя WRV, являющегося индикатором степени набухания волокна были проведены измерения водоудерживания в смесях целлюлоз с разными соотношениями компонентов в композиции. На рисунке 2 представлены результаты измерения водоудерживающей способности композиции на основе смеси волокон сосны 20°ШР и волокон эвкалипта 40°ШР. Как видно из результатов на рисунке 2, при увеличении в смеси доли волокон сосны со степенью помола 20°ШР значение водоудерживающей способности WRV уменьшается почти линейно. Данная тенденция объясняется ярко выраженной разностью свойств между волокнами сосны 20°ШР и эвкалипта 40°ШР.

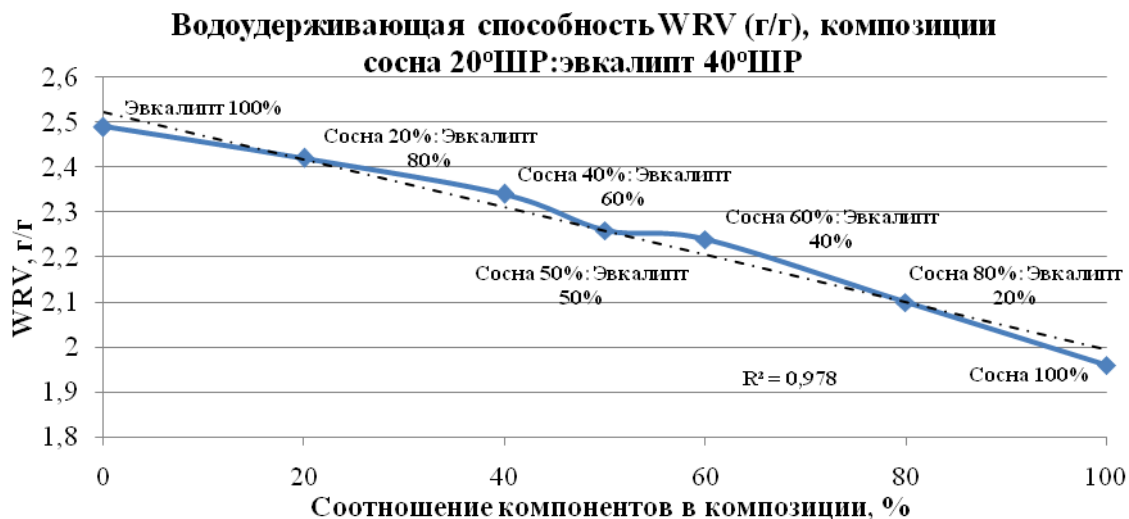


Рисунок 2 – Результаты измерения водоудерживающей способности для композиции сосна 20°ШР:эвкалипт 40°ШР

Гибкость волокон во влажном состоянии.

На рисунке 3 показаны результаты измерений гибкости волокон во влажном состоянии. Гибкость волокна во влажном состоянии – это обратная величина от жесткости волокна во влажном состоянии. Гибкость волокна зависит от толщины клеточной стенки волокна. Также наличие локальных

деформаций и повреждений клеточной стенки имеют влияние на величину гибкости волокна во влажном состоянии. Волокна с толстыми стенками имеют низкий показатель гибкости. Гибкость волокон механических масс обычно ниже, чем у волокон химических целлюлоз. Волокна механических масс более жесткие за счет большого количества лигнина. Гибкость волокон увеличивается при увеличении степени помола и снижении выхода. Известно, что гибкость увеличивается с уменьшением содержания лигнина. Во время размола, расщепление внутренней структуры волокна увеличивается и фибриллы отделяются друг от друга, что приводит к увеличению гибкости волокон.

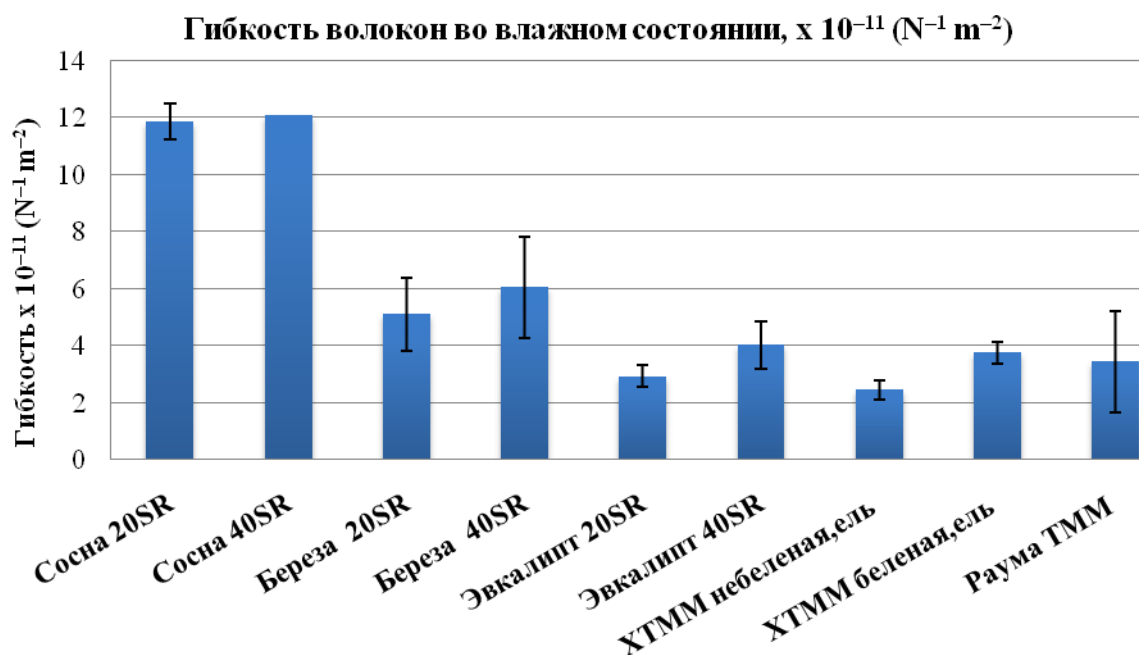


Рисунок 3 – Результаты измерений гибкости волокон во влажном состоянии на приборе STFI FiberMaster

Результаты измерений среднего значения толщины клеточной стенки и грубости волокна механических масс хорошо коррелируются с результатами гибкости волокна во влажном состоянии, особенно на контрасте сравнения результатов для химических целлюлоз.

ζ -потенциал композиции на основе смеси волокон эвкалипта и сосны.

В этой серии экспериментов изучалось поведение электрокинетических свойств композиций на основе смеси волокон с разным химическим составом, размерами и разной площадью поверхности. На рисунке 4 представлены результаты измерений ζ – потенциала смеси волокон сосны со степенью помола 20°ШР и волокон эвкалипта со степенью помола 40°ШР . Было замечено падение ЭКП с увеличением доли волокон сосны в композиции. Дзета-потенциал менялся почти линейно с увеличением доли волокон сосны, степень корреляции 0,938. Значения ЭКП у композиций с содержанием большего количества волокон эвкалипта более электроотрицательны. Более электроотрицательные значения ЭКП у волокон эвкалипта 40°ШР можно объяснить более высоким значением водоудержания. Волокна эвкалипта, более набухшие, с высокой степенью внутренней фибрилляции. Набухшие волокна имеют большую площадь

поверхности, а значит, большее количество ионизируемых групп находится на поверхности волокна.

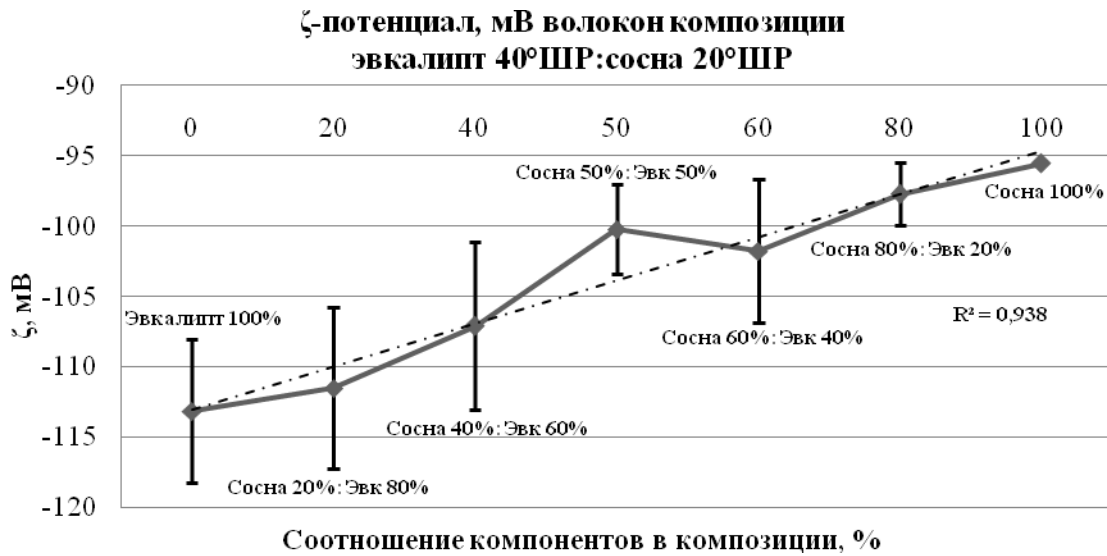


Рисунок 4 – Значение электрокинетического потенциала ζ волокон композиции эвкалипт 40°ШР:сосна 20°ШР

Изучение заряда фракций суспензий сосны 40°ШР.

В данной серии экспериментов, волокна суспензий сосны 40°ШР разделялись на 5 фракций на фракционаторе *BauerMcNettclassifier*. Каждая отделенная фракция изучалась на анализаторе длины волокна с целью определения размеров волокон, а также определялся заряд волокна каждой фракции и катионная потребность фильтрата фракций.

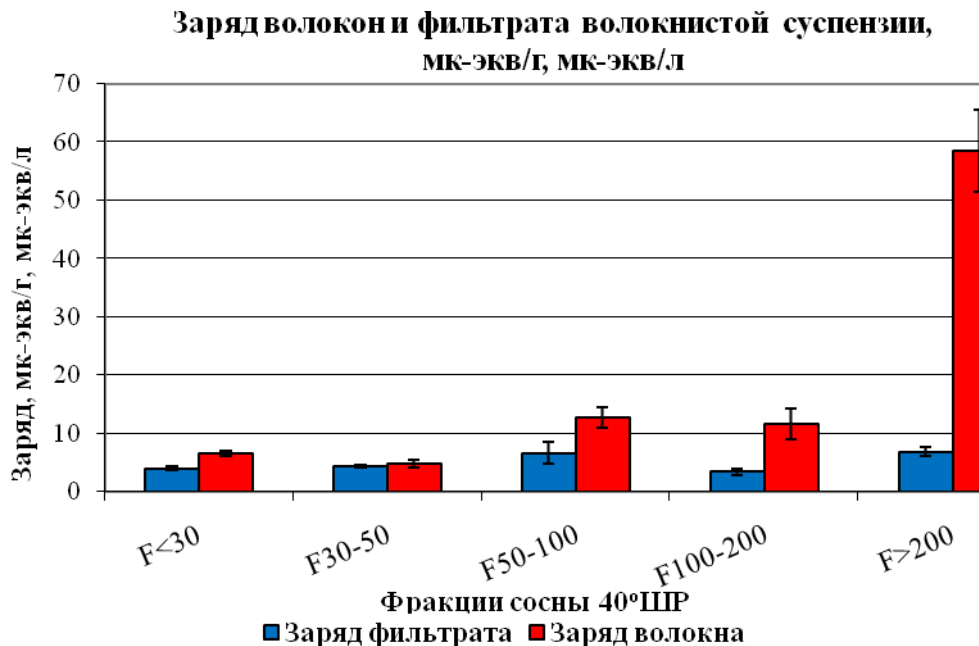


Рисунок 5 – Заряд волокон и фильтрата фракций волокон сосны 40°ШР

Для фракций волокон сосны наблюдается тенденция к возрастанию заряда волокна с уменьшением длины фракции, с максимумом у фракции > 200

(рисунок 5). Интересным является различие в показателях катионной потребности исходных образцов и мелкой фракции. Так, например, для образца сосны 40°ШР катионная потребность исходного образца – 10,6 мк-экв/г, а КП мелкой фракции – 58,5 мк-экв/г. Так как для определения катионной потребности использовался стандартный титрант полиадамак с достаточно большой молекулярной массой $M=107000$ г/моль, то значения КП можно грубо приравнять к поверхностному заряду. Удельная поверхность волокнистой мелочи примерно в 4-7 раз выше, чем у волокон, из которых образована эта мелкая фракция. Соотношения общей катионной потребности изначальной суспензии и катионной потребности волокнистой мелочи для образца целлюлозы сосны – 5,5, что сопоставимо с разницей показателя удельной площади волокнистой мелочи и фракций длинных волокон.

Влияние процесса размола на электрокинетические свойства волокон.

Тенденция к уменьшению значения дзета-потенциала по мере увеличения градуса помола представлена на рисунке 6а. Эта тенденция может быть объяснена несколькими причинами. Во-первых, размол вызывает высвобождение химических веществ внутренней структуры волокна. Так, например, гемицеллюлозы, имеющие большое количество карбоксильных групп (групп, отвечающих за отрицательный заряд волокон растворенных в воде) переходят в фазу раствора, таким образом, увеличивая заряд раствора суспензии и уменьшая поверхностный заряд волокна. Во-вторых, при размоле происходит расширение гидратационного слоя, что ведет к снижению дзета-потенциала. Немаловажным фактором является то, что количество лигнина и экстрактивных веществ во внутренних слоях волокна меньше, чем во внешних (в S2 по сравнению со слоями Р и S1). Другими словами, процесс размола открывает новые поверхности волокон с меньшим количеством «заряженных» групп. Немаловажным фактором, влияющим на электрокинетический потенциал и на поверхностную проводимость волокон, является плотность набивки целлюлозной диафрагмы (пористость волокнистого фильтрующего слоя на сетке электрода). Во время размола происходит фибрилляция, укорочение волокна и образование фракции волокнистой мелочи, что ведет к уменьшению пористости волокнистой пробки (увеличение плотности набивки).

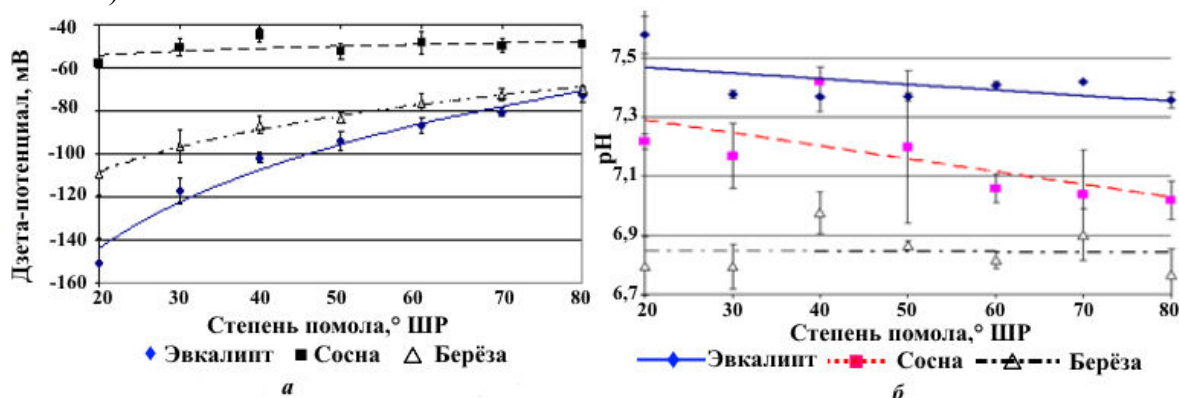


Рисунок 6 – Влияние процесса размола на значение дзета-потенциала (а) и на водородный показатель рН (б) для различных волокнистых суспензий

На рисунке 6б можно увидеть, что во время размола среда волокнистой суспензии становится более кислой, особенно для образцов сосны и эвкалипта. Причиной этому послужило увеличение количества кислотных групп, которые были высвобождены из волокон и перешли в фазу раствора.

Влияние процесса размола на однородность структуры лабораторных отливок.

Из результатов, представленных на рисунке 7 видно, что наилучшей равномерностью формования обладают отливки, изготовленные из коротковолокнистого сырья с меньшим граммжом (берёза 60 г/м²). Короткие волокна менее склонны к флокуляции, чем длинные, поэтому индекс формования для отливок, изготовленных из волокон берёзы ниже, чем из более длинных волокон сосны. Разница в граммже определяет разницу в концентрации отлива. Как видно из результатов, отливки, выполненные при меньшей концентрации, имеют лучшую равномерность формования. Стоит отметить, что краудинг критерий N хорошо работает в случае суспензий, приготовленных из разных пород волокон. Так, например, для суспензий берёзы (всех степеней помола) краудинг фактор N в два раза меньше, чем для суспензий сосны. Этот факт свидетельствует о том, что суспензии, приготовленные из волокон берёзы, имеют меньшую тенденцию к флокуляции, а соответственно отливки, изготовленные из данных суспензий, обладают лучшей равномерностью формования.

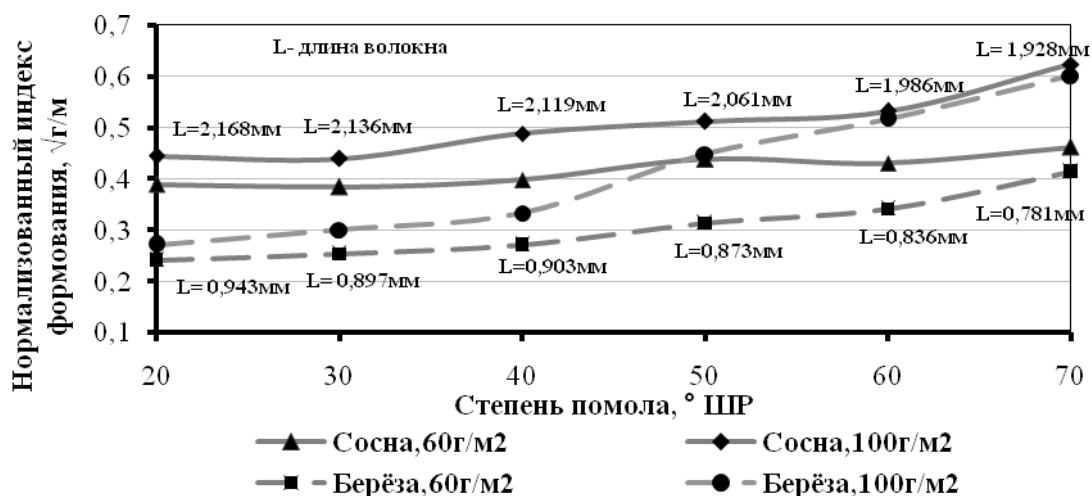


Рисунок 7 – Влияние процесса размола на индекс формования (отливки с меньшим значением индекса формования обладают более однородной структурой)

С целью подтверждения гипотезы о влиянии дренажа на равномерность формования отливок на листоотливной аппарат была установлена градуированная панель, с помощью которой стало возможно контролировать степень открытия клапана обезвоживания, а соответственно контролировать время отлива. Из результатов, представленных на рисунке 8 видно, что увеличение времени обезвоживания ведёт к ухудшению формования.

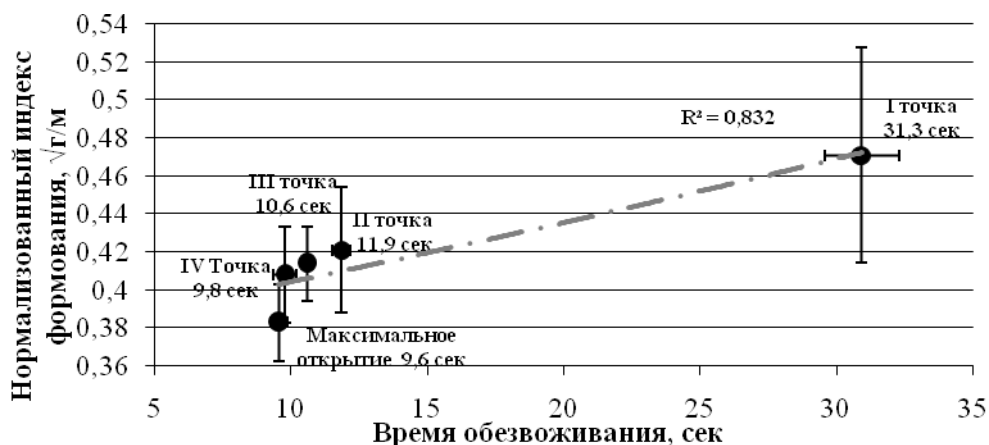


Рисунок 8 – Влияние времени обезвоживания на равномерность формования отливок (отливки массой $m^2 = 60 \text{ г/м}^2$ изготовлены из целлюлозы хвойных пород (сосна), степень помола 40°ШР)

Влияние концентрации отлива на однородность структуры отливок.

Как видно из результатов, представленных на рисунке 9, увеличение концентрации отлива приводит к увеличению степени неоднородности структуры отливок. «Критическая концентрация» по Майзону для суспензии целлюлозы сосны 40°ШР – $0,068 \text{ г/л}$. Так как отлив производился при концентрациях, в разы превышающих критическую, то можно сказать с уверенностью, что в колонне листоотливного аппарата волокна интенсивно флокулировались. Потенциал волокон флокулироваться увеличился с повышением концентрации отлива и с повышением массы m^2 .

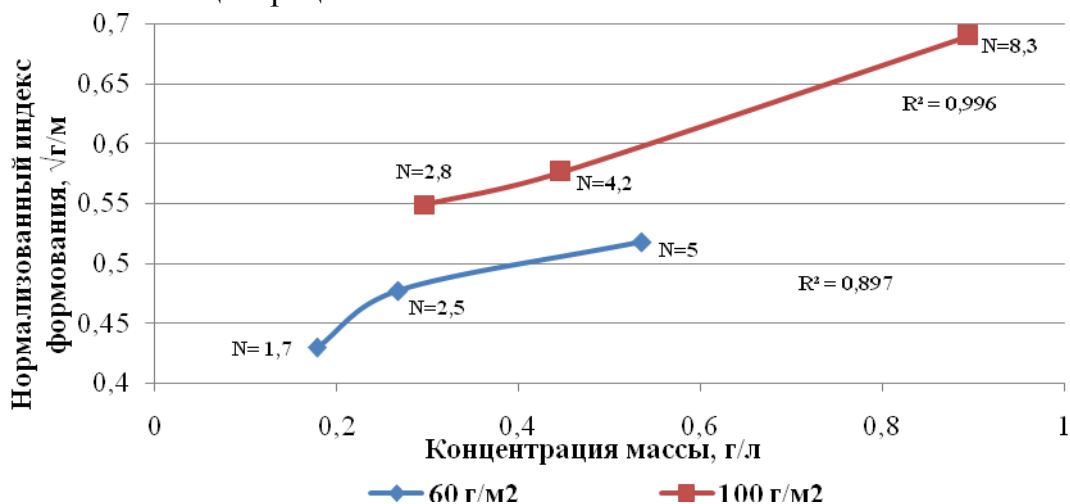


Рисунок 9 – Влияние концентрации отлива на формирование отливок массой $m^2 = 60 \text{ г/м}^2$ и 100 г/м^2 . Отливки изготавливались из волокон сосны 40°ШР . На графике указаны значения потенциала флокуляции – краудинг критерий N

Однородность структуры отливок, изготовленных из смесей волокон различных пород древесины и термомеханической массы.

Как показало сравнение (рисунок 10) измеряемого индекса формования с расчетными показателями потенциала формования FP и потенциала флокуляции N, последние являются удобным инструментом, прогнозирующим, как степень флокуляции суспензии, так и степень однородности структуры готовой бумаги.

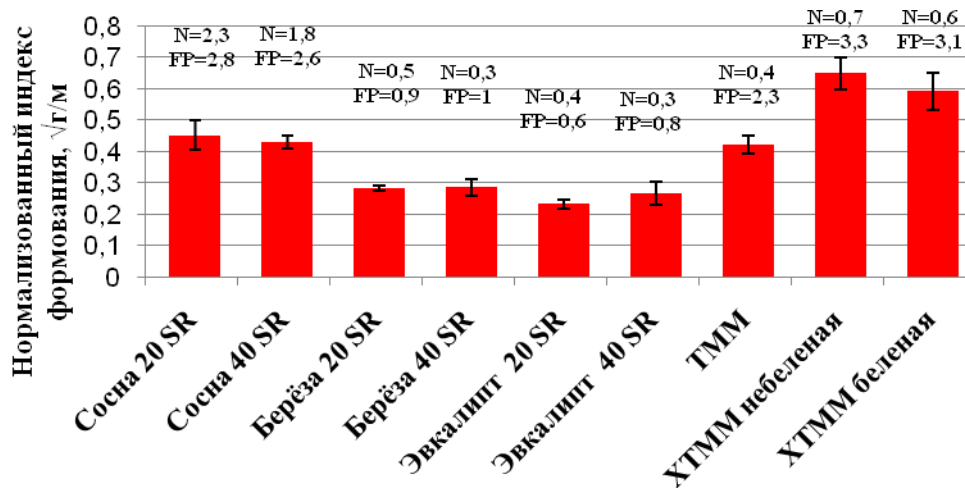


Рисунок 10 – Индекс формования лабораторных отливок массой $m^2 = 60\text{г/м}^2$. На графике обозначены: N – краудинг фактор (потенциал флокуляции, рассчитанный для концентрации отлива 0,179 г/л), $FP \times 10^{-10}$ – потенциал формования волокон (масса одного волокна, $\delta \cdot L$ кг)

Влияние изменения температуры и вязкости волокнистой суспензии при отливе на однородность структуры лабораторных отливок.

Как видно из рисунка 11, однородность структуры отливок улучшается при увеличении температуры с лучшим показателем однородности при 40°C. При дальнейшем увеличении температуры суспензии при отливе формирование отливок ухудшается.

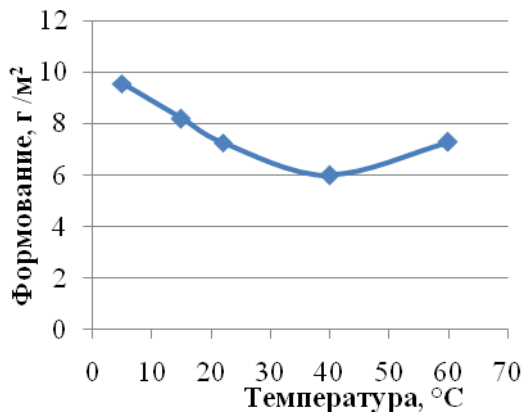


Рисунок 11(а)

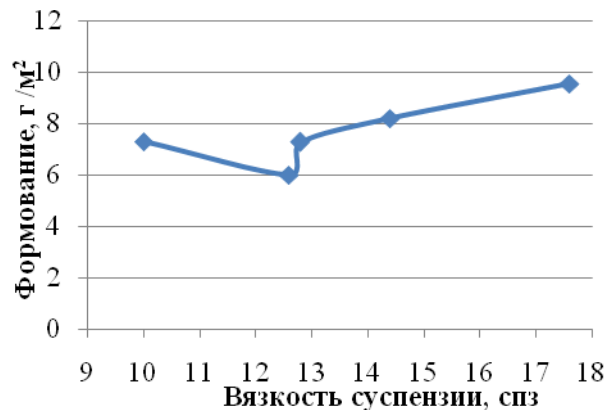


Рисунок 11(б)

Рисунок 11 – Влияние температуры (а) и вязкости (б) массы на однородность структуры лабораторных отливок с массой $m^2 = 60\text{г/м}^2$ из целлюлозы эвкалипта 30°ШР

Анализируя результаты исследования влияния температуры и вязкости на однородность структуры лабораторных отливок (рисунки 11а и 11б) можно сделать суммирующий вывод: однородность макроструктуры отливок при варьировании температуры массы определяется двумя факторами, которые влияют на формирование бумаги разнонаправленно. Снижение вязкости суспензии при увеличении температуры увеличивает флокуляцию волокон в суспензии, что приводит к построению более неоднородной структуры, тогда как снижение

времени обезвоживания влияет положительно на однородность структуры отливок, так как при ускоренном обезвоживании у волокон нет времени для построения флокул. При температурах массы при отливе до 40°C доминирующим фактором, определяющим степень однородности отливок, является время обезвоживания, а при температурах выше 40°C, когда формование стало ухудшаться – влияние фактора снижения вязкости суспензии.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что процесс размола волокнистых полуфабрикатов существенно влияет на равномерность макроструктуры бумаги, поскольку изменяет электроповерхностные характеристики волокон, содержание мелкой фракции, гибкость волокон во влажном состоянии, длину волокон и водоудерживающую способность волокнистых систем.
2. Показано, что равномерность макроструктуры бумаги определяется комплексными критериями флокуляции и формования (потенциал формования, краудинг-фактор, критическая концентрация, линейный заряд волокна, удельное водоудержание). Предложено использовать критерий потенциал формования и критерий краудинг-фактор для автоматического регулирования равномерности макроструктуры бумаги.
3. Получены количественные значения комплексных критериев, изменяющихся в процессе размола, для различных волокнистых полуфабрикатов (хвойной сосновой, лиственной эвкалиптовой и берёзовой целлюлоз, химико-термомеханической массы и термомеханической масс).
4. Было установлено, что добавление 0,03% полиакриламида ухудшает однородность лабораторных отливок. Также было установлено, что добавление катионного крахмала Raisamyl 115 и 150 приводит к улучшению однородности структуры отливок, изготовленных из сосны со степенью помола 20°ШР. Для отливок, изготовленных из волокнистой суспензии сосны со степенью помола 35°ШР при добавлении крахмала Raisamyl 115 и 150 характерно ухудшение однородности структуры при дозах крахмала до 50 мг/г. Дальнейшее увеличение содержания крахмала приводит к стабилизации степени однородности структуры отливок в случае с крахмалом Raisamyl 115, а в случае с крахмалом с большей степенью катионности Raisamyl 150 даже к уменьшению показателя формования. Применение поочередного введения катионного крахмала Raisamyl 150 и анионной КМЦ приводит к ухудшению индекса формования.
5. Показано влияние времени обезвоживания, вязкости волокнистых суспензий, электропроводности (проводимости суспензии) на равномерность макроструктуры бумажного полотна.
6. Разработана методика оценки влияния времени обезвоживания на равномерность макроструктуры бумажного листа. Уточнена методика оценки внешнего и внутреннего зарядов волокна.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах

Статьи в журналах, входящих в перечень, утверждённый ВАК РФ

1. Смолин, А. С. Бумагообразующие свойства растительных волокон при их неоднократном использовании /А. С. Смолин, А. В. Кулешов, Е. С. Николаев// Целлюлоза, бумага, картон: пилотный научный выпуск, 2006. – С. 27–31.
2. Николаева, М. В. Изменение начальной влагонепроницаемости бумажного полотна в присутствии катионных электролитов /М. В. Николаева, И. Каянто, Е. С. Николаев, К. Турку, А. С. Смолин// Химия растительного сырья, № 4, 2010. – С. 167-172.
3. Николаев, Е. С. Изучение влияния процесса размола на равномерность формирования лабораторных отливок /Е. С. Николаев, И. Каянто, А. С. Смолин, Я. А. Зайцева// Химия растительного сырья, № 2, 2011. – С. 169-176.
4. Николаев, Е. С. Изучение влияния процесса размола на электрокинетические свойства волокон и волокнистых суспензий /Е. С. Николаев, И. Каянто, А. С. Смолин, Д. С. Казымов, Е. В. Мещеряков// ИВУЗ, Лесной журнал, № 3, 2011. – С. 103-110.

Статьи в других изданиях

5. Смолин, А. С. Структурообразование в гидросуспензиях растительных волокон /А. С. Смолин, Р. О. Шабиев, Е. С. Николаев// Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов, Архангельск, 2011. – С. 40-44.
6. Nikolaev, E. Formation potential of different type pulps and paper processes /E. Nikolaev// PaPSaT Yearbook, 2007. – p. 49-53.
7. Nikolaev, E. Study of influence of fibres flocculation on formation quality of mouldsheets /E. Nikolaev// PaPSaT Yearbook, 2008. – p. 45-49.
8. Nikolaev, E. The study of factors effected on flocculation ability of fibres /E. Nikolaev// PaPSaT Yearbook, 2009. – p. 83-88.
9. Nikolaev, E. The study of the effect of refining on the electrokinetic properties of fibrous slurry and fibres /E. Nikolaev// PaPSaT Yearbook, 2010. – p. 81-88.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БДМ – бумагоделательная машина;
 ДЭС – двойной электрический слой;
 Ψ – термодинамический потенциал;
 ζ – электрокинетический потенциал, мВ;
 ТММ – термомеханическая масса;
 poly-DADMAC – полидиаллил-диметил аммоний хлорид;
 C_c – критическая концентрация волокон по Майзену, %;
 N – краудинг критерий, характеризующий флокуляцию;
 δ – показатель крупности/грубости волокна, кг/м;
 L/D – характеристическое отношение;
 ЭКП – электрокинетический потенциал, мВ;

$W_{уд}$ – удельное водоудержание;
 F – показатель формования, $г/м^2$;
 $F_{норм}$ – нормализованный показатель формования, $\sqrt{г/м}$;
ХТММ – химико-термомеханическая масса;
WRV – водоудерживающая способность, $г/г$;
КП – катионная потребность, $мк-экв/л$;
DDJ – Dynamic Drainage Jar;
DDA – Dynamic Drainage Analyzer;
FP – потенциал формования волокон (масса одного волокна, $\delta \cdot L$), $кг$;
 T – средняя величина толщины клеточной стенки, $мкм$;
 L – длина волокна, $мм$;
 Φ – форма волокон, %;
КИ – количество изломов на одно волокно, шт;
 D – диаметр волокна, $мкм$;
 F – количество мелкой волокнистой фракции, %;
BW – basis weight, $м^2$;
ПАА – полиакриламид;
 $\mu_{сусп}$ – динамическая вязкость волокнистой суспензии, $сантипауз = 10^{-3} Па \cdot с$;
КМЦ – карбоксиметилцеллюлоза;
DS – degree of substitution/степень замещения;