

676  
Ж 79

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 676.024.741

**ЖОЛНЕРОВИЧ**  
**Наталья Викторовна**

**ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ  
В ПРИСУТСТВИИ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск 2005

Работа выполнена в УО «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре химической переработки древесины

Научные руководители

доктор технических наук,  
профессор Горский Г.М.,  
УО «Белорусский государственный  
технологический университет»;

кандидат технических наук,  
доцент Черная Н.В.,  
УО «Белорусский государственный  
технологический университет»

Официальные оппоненты

доктор технических наук,  
профессор Колесников В.Л.,  
УО «Белорусский государственный  
технологический университет»;

кандидат технических наук  
Темрук В.И.  
директор УП «Бумажная фабрика»  
Гознака

Опонирующая организация

ГНУ «Институт физико-  
органической химии  
НАН Беларуси»

Защита состоится « 8 » апреля 2005 г. в 14.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 в УО «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13 а, зал заседаний ученого Совета, ауд. 240, корпус 4. Тел.: (8-017) 227-63-54; факс: (8-017) 227-62-17; e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан « 5 » марта 2005 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
кандидат технических наук



О.Я. Толкач

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Современная тенденция развития целлюлозно-бумажной промышленности характеризуется постоянным наращиванием объемов производства массовых видов бумаги, проклеенных в нейтральной среде с использованием модифицированной канифоли. Для их изготовления в качестве волокнистого сырья обычно используют различные виды целлюлозы, в том числе целлюлозу из листовых пород древесины, а также макулатуру. Однако повышенное содержание в композиции бумаги целлюлозы из листовых пород древесины и макулатуры способствует снижению прочностных свойств клееных видов бумаги и повышению потерь мелковолокнистой фракции в сеточной части бумагоделательной машины. Поэтому проблема упрочнения бумаги с повышенным содержанием в ее композиции целлюлозы из листовых пород древесины и макулатуры при одновременном повышении степени удержания мелковолокнистой фракции в ее структуре является актуальной.

Одним из перспективных направлений совершенствования технологии клееных видов бумаги является дополнительное введение в их композицию катионных полиэлектролитов. При их использовании достигается повышение прочности бумаги за счет управления реологическими свойствами и структурообразованием проклеенной волокнистой суспензии. Однако в литературе отсутствуют данные о закономерностях структурообразования волокнистой суспензии, проклеенной в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов, и влиянии данного процесса на прочность клееных видов бумаги, что обуславливает актуальность настоящей работы с научной и практической точек зрения.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Диссертационная работа является частью комплексных исследований, проводимых в УО «Белорусский государственный технологический университет» в соответствии с темами «Исследование поверхностных явлений в водно-волокнистых микрогетерогенных системах при коагуляции канифольных эмульсий в нейтральной среде» (ГБ 21-074, № г.р. 2001606, 2001 г.) и «Разработать и внедрить ресурсосберегающую технологию по экономии сырья и химикатов в производстве бумаги и картона» (БС 99-084, № г.р. 19992650, 1999/2000 г.г.).

**Цель и задачи исследований.** Цель работы – разработка технологического режима гидрофобизации и упрочнения бумаги, проклеенной в нейтральной среде, на основе изучения структурообразования волокнистой суспензии за счет дополнительного введения в нее катионных полиэлектролитов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- исследовать влияние сульфата алюминия и катионных полиэлектролитов на гидрофобные свойства бумаги в зависимости от условий процесса коагуляции;
- изучить влияние основных технологических факторов на свойства бумаги, проклеенной в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов;
- изучить особенности структурообразования проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов и установить их влияние на прочность бумаги;

670 ар



- предложить практические рекомендации по оптимальному содержанию в композиции бумаги проклеивающего вещества, коагулянта и катионных полиэлектролитов;
- разработать технологический режим проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов и апробировать его в промышленных условиях.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования является технологический процесс канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов. Предмет исследований – структурообразование проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов и влияние технологических факторов на процесс канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде.

**Методология и методы проведенного исследования.** Для изучения особенностей коагуляции канифольных эмульсий, влияния факторов технологического процесса и структурообразования проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов на гидрофобные и прочностные свойства бумаги применяли современные методы анализа: турбидиметрический метод, метод электронной микроскопии, седиментационный метод, метод ротационной вискозиметрии, метод определения поглощения энергии при разрыве образцов бумаги, а также методы получения образцов бумаги и определения по стандартным методикам впитываемости при одностороннем смачивании, разрывной длины, влагопрочности, а также содержания взвешенных веществ в регистровой воде.

**Научная новизна и значимость результатов.** Установлены особенности канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов. Изучено влияние катионных полиэлектролитов на реологические свойства и структурообразование проклеенной волокнистой суспензии. Показано повышение физико-механических свойств бумаги при ее проклейке клеевой канифольной композицией ТМВС-2Н в нейтральной среде за счет дополнительного применения в проклеенной волокнистой суспензии таких катионных полиэлектролитов, как полиамидполиаминоэпихлоргидриновая смола (Водамин 115), полидиметилдиаллил-аммоний хлорид (ВПК-402) или сополимер акриламида с метиленхлоридом диметиламинопропилакриламида (Praestol 650 BC). Установлены критические значения градиентов скоростей, позволяющие определять эффективные режимы течения проклеенной волокнистой суспензии и, тем самым, осуществлять оперативное управление степенью диспергирования волокон в потоке при напуске ее на сеточный стол бумагоделательной машины. Разработан технологический режим проклейки бумаги в нейтральной среде с использованием катионных полиэлектролитов.

**Практическая значимость полученных результатов.** По результатам исследований определены оптимальные режимы проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов. На ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» (г. Шклов) выпущены опытно-промышленные партии бумаги (20 т) и картона (80 т) при производстве бумаги-основы для изготовления кашированных обоев и картона для промышленных нужд. Опытно-промышленные партии бумаги и картона соответствовали требованиям технических условий, предъявляемых к качеству данной продукции.

**Экономическая значимость полученных результатов.** Экономический эффект от внедрения разработанной технологии проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии катионного полиэлектролита полиамидполиаминэпихлоргидриновая смола на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» составил 464,62 тыс.руб. (в ценах на октябрь 2004 г.). Ожидаемый экономический эффект при производстве бумаги и картона составит 72 439 тыс.руб. / год.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Особенности проклейки бумаги в нейтральной среде в зависимости от условий коагуляции канифольной эмульсии в присутствии сульфата алюминия и катионных полиэлектролитов.

2. Зависимости влияния основных технологических факторов на качество бумаги при канифольной проклейке в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов.

3. Закономерности изменения реологических свойств и структурообразования проклеенной волокнистой суспензии и их влияние на повышение прочности бумаги, полученной в присутствии катионных полиэлектролитов.

4. Расходные и режимные параметры канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов.

5. Технологический режим гидрофобизации и упрочнения бумаги, проклеенной в нейтральной среде с дополнительным использованием катионных полиэлектролитов.

**Личный вклад соискателя.** Автором выполнен анализ отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Автор принимал непосредственное участие в постановке задач исследований, лично проводил планирование эксперимента, реализацию его в лабораторных и промышленных условиях, обработку и анализ полученных экспериментальных данных.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на V республиканской научной конференции студентов и аспирантов РБ «НИРС-2000» (г. Гродно, 2000 г.), международной научно-технической конференции «Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов» (г. Гродно, 2000 г.), Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологические процессы получения материалов и изделий из древесины» (г. Воронеж, 2001 г.) и четырех научно-технических конференциях УО «Белорусский государственный технологический университет» (г. Минск, 2001-2004 г.г.).

**Опубликованность результатов.** Основные результаты диссертационной работы изложены в 12 печатных работах, в том числе 5 статьях в научных журналах (23 стр.), 3 статьях в сборниках (12 стр.), 3 материалах конференций (12 стр.), 1 тезисе докладов (1 стр.), подана заявка на изобретение.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Изложена на 244 страницах машинописного текста, содержит 62 рисунка, 13 таблиц, 205 литературных источников, 4 приложения на 57 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Первая глава** посвящена обзору литературных источников по проблеме канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии полиэлектролитов. Приведена классификация полиэлектролитов и показаны особенности их применения в производстве клееных видов бумаги и картона. Рассмотрены современные представления и особенности проклейки бумаги в кислой и нейтральной средах в присутствии полиэлектролитов. Представлены возможные механизмы удержания частиц проклеивающего осадка и мелкого волокна в структуре бумажного листа в присутствии полиэлектролитов. Проанализированы современные способы интенсификации коагуляционных и флокуляционных процессов и их влияние на структурообразование волокнистых суспензий. Отмечено, что наибольшее распространение в бумажной промышленности нашли катионные полиэлектролиты полиамидполиаминопихлоргидриновая смола (ПЭС), полидиметилдиаллиламмонийхлорид (ПДМДААХ) и сополимер акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакриламида (САМХ ДМААА).

Необходимо отметить, что основная часть опубликованных работ освещает проблемы нейтральной проклейки бумаги в присутствии полиэлектролитов с точки зрения влияния технологических факторов проведения процесса. Однако в литературе отсутствуют научно-обоснованные данные о влиянии катионных полиэлектролитов на закономерности коагуляции канифольных эмульсий и взаимосвязи структурообразования проклеенных волокнистых суспензий с прочностью получаемой бумаги, что обуславливает актуальность настоящей работы.

**Во второй главе** изложены методики проведения исследований и описаны объекты исследования. Приведена характеристика волокнистых полуфабрикатов, проклеивающих веществ и полиэлектролитов.

Степень дисперсности частиц канифольных эмульсий определяли методом электронной микроскопии. Пороги медленной и быстрой коагуляции частиц канифольных эмульсий определяли турбидиметрическим методом.

Подготовку волокнистых полуфабрикатов и получение опытных образцов бумаги, а также их испытания проводили в соответствии со стандартными методиками на оборудовании фирмы «Ernst Haage» (Германия) и фирмы «Lorentzen and Wettre» (Швеция). Отклонения результатов измерения не превышали 5% при доверительной вероятности 0,95. Полученные в процессе математической обработки модели объектов были проверены на адекватность по соответствующим статистическим критериям. На основе математических моделей была проведена оптимизация технологического процесса проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов.

Для изучения структурообразования волокнистых суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов использовали методы ротационной вискозиметрии, седиментационный метод и метод определения поглощения энергии при разрыве образцов бумаги.

**В третьей главе** приведены результаты по изучению влияния сульфата алюминия и катионных полиэлектролитов на гидрофобные свойства бумаги в зависимости от условий коагуляции канифольных эмульсий.

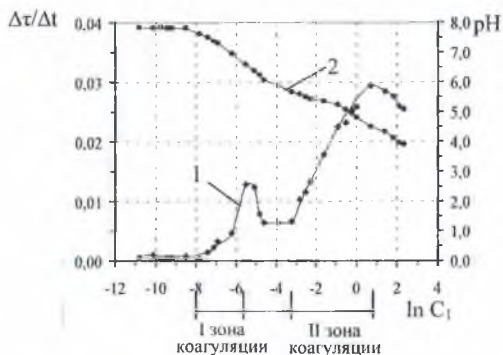


Рис. 1 Зависимость величины  $\Delta\tau/\Delta t$  (кривая 1) и pH (кривая 2) от содержания сульфата алюминия ( $\ln C_1$ ) при коагуляции эмульсии ТМВС-2Н

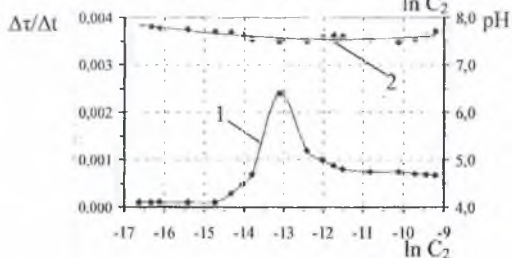
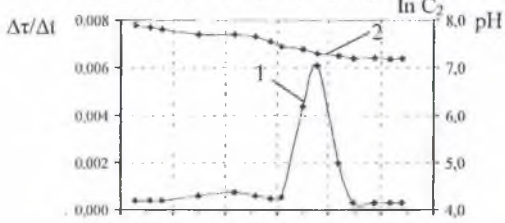
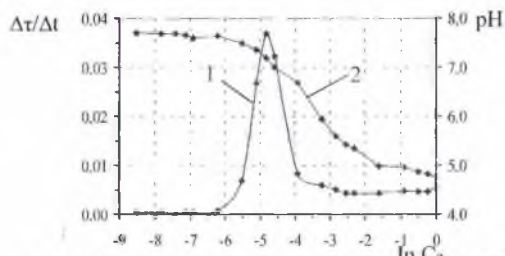


Рис. 2 Зависимость величины  $\Delta\tau/\Delta t$  (кривая 1) и pH (кривая 2) от содержания ( $\ln C_2$ ) полиэлектролитов ППЭС (а), ПДМДААХ (б) и СА МХ ДМАПА (в) при коагуляции эмульсии ТМВС-2Н

Установлено, что частицы дисперсной фазы эмульсии ТМВС-2Н характеризуются высокой степенью дисперсности ( $d_{cp}=0,08$  мкм) и процесс ее коагуляции в присутствии сульфата алюминия протекает в нейтральной области pH (7,8–6,2). Скорость коагуляции  $\Delta\tau/\Delta t$  характеризовали изменением мутности ( $\Delta\tau$ ) в начальный момент времени ( $\Delta t = 15$  с).

Особенностью коагуляции канифольной эмульсии ТМВС-2Н в присутствии сульфата алюминия (рис. 1) является чередование зон агрегативной устойчивости и зон коагуляции, что объясняется перезарядкой частиц дисперсной фазы. При этом pH в первой зоне коагуляции изменялось от 7,8 до 6,2.

В присутствии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА (рис. 2) наблюдается одна зона коагуляции, что, вероятно, связано с приближением заряда частиц к изоэлектрическому состоянию. При этом в зоне коагуляции pH составляло 7,2–7,7.

Из графической зависимости  $\Delta\tau/\Delta t = f(\ln C)$  установлены пороги медленной и быстрой коагуляции канифольной эмульсии ТМВС-2Н в присутствии сульфата алюминия (рис. 1) и катионных полиэлектролитов (рис. 2).

Образцы бумаги, проклеенные канифольной эмульсией ТМВС-2Н в зависимости от за-

рактера изменения величины  $\Delta t/\Delta t$ , имели различную впитываемость при одностороннем смачивании. При изготовлении образцов бумаги в присутствии сульфата алюминия впитываемость их уменьшалась до значений  $14,2 \text{ г/м}^2$  (рис. 3а), а в присутствии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА – изменялась незначительно и находилась соответственно в пределах  $62,5 - 73,9$  (рис. 3б),  $91,5 - 80,9$  (рис. 3в) и  $71,0 - 77,6 \text{ г/м}^2$  (рис. 3г).

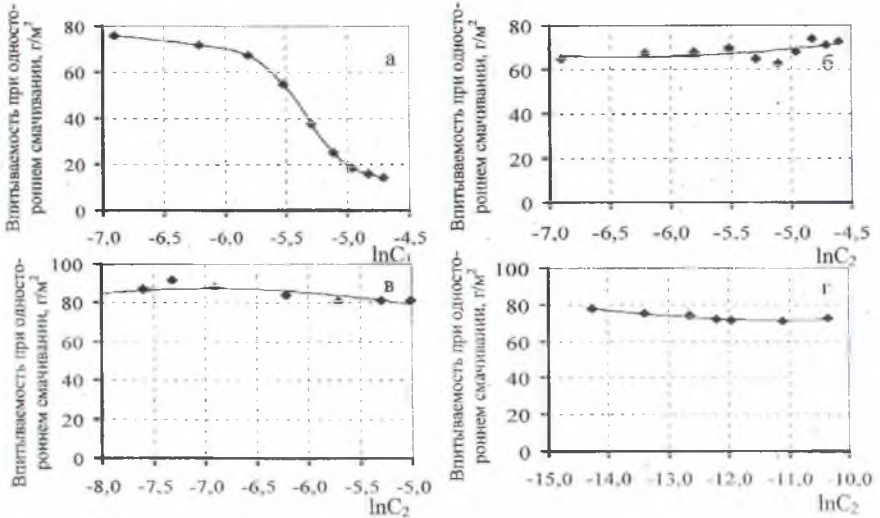


Рис. 3 Зависимости впитываемости при одностороннем смачивании от содержания сульфата алюминия ( $\ln C_1$ ) (а) и катионных полиэлектролитов ( $\ln C_2$ ) ППЭС (б), ПДМДААХ (в) и СА МХ ДМАПАА (г)

Установлено, что коагулирующая способность катионных полиэлектролитов уступает сульфату алюминия. Поэтому нецелесообразность применения катионных полиэлектролитов в качестве самостоятельных коагулянтов обусловила проведение дальнейших исследований по изучению совместного влияния сульфата алюминия и катионных полиэлектролитов на основные свойства бумаги.

На основании фракционного состава и средневзвешенной длины волокна, а также зависимостей изменения основных свойств бумаги установлена возможность использования в качестве модельного объекта целлюлозы сульфитной из лиственных пород древесины. Ее фракционный состав практически идентичен макулатуре, однако для нее характерны стабильные бумагообразующие свойства. Исследованию влияния композиционного состава волокнистой суспензии и очередности дозирования в нее химических на гидрофобные и прочностные свойства бумаги, изготовленной в присутствии катионных полиэлектролитов. Получено, что содержание целлюлозы сульфитной из лиственных пород древесины в композиции бумаги целесообразно до 50%. Установлено, что повышение гидрофобных и прочностных свойств бумаги при одновременном сни-



жении содержания взвешенных веществ в регистровой воде возможно при дозировании катионных полиэлектролитов после проклеивающего вещества и коагулянта.

Компьютерная обработка экспериментальных данных позволила получить математические зависимости, описывающие влияние расходов проклеивающего вещества ( $X_1$ ), коагулянта ( $X_2$ ), катионного полиэлектролита ( $X_3$ ) и степени помола волокна ( $X_4$ ) на впитываемость при одностороннем смачивании ( $Y_1$ ), разрывную длину ( $Y_2$ ), влагопрочность ( $Y_3$ ) образцов бумаги и содержание взвешенных веществ в регистровой воде ( $Y_4$ ). Определены оптимальные условия ведения технологического процесса канифольной проклейки бумаги в присутствии катионных полиэлектролитов в зависимости от композиционного состава бумаги по волокну и вида применяемого катионного полиэлектролита (ПЭК).

Задача оптимизации параметров технологического процесса канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов решалась методом случайного локального поиска с ограничением на зависимые ( $X_1 - X_4$ ) и независимые переменные ( $Y_1 - Y_4$ ). В качестве целевой функции была принята себестоимость бумаги ( $C$ ), для которой решалась задача минимизации. Полученные оптимальные значения параметров технологического процесса представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты оптимизации технологического режима производства бумаги, проклеенной в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов

Вид ПЭК	Технологические факторы				Показатели качества				С, руб.
	$X_1$ , % от абс. сух. волокна	$X_2$ , % от абс. волокна	$X_3$ , % от абс. сух. волокна	$X_4$ , °ШР	$Y_1$ , г/м <sup>2</sup>	$Y_2$ , м	$Y_3$ , %	$Y_4$ , мг/л	
Целлюлоза беленая сульфитная из лиственных пород древесины									
ППЭС	1,47	2,01	0,20	32	13,4	6115	8,5	41	52763
ПДМДААХ	1,49	2,05	0,15	32	17,2	6060	8,3	76	46705
СА МХ ДМАПА	1,51	2,02	0,05	32	24,3	4200	7,2	51	55905
Целлюлоза беленая сульфитная из хвойных пород древесины									
ППЭС	1,14	1,56	0,18	32	19,9	7100	10,3	46	47655
ПДМДААХ	1,39	1,85	0,16	32	18,6	6370	9,1	62	45175
СА МХ ДМАПА	1,51	2,55	0,08	32	13,8	6010	10,0	67	57645
Целлюлоза беленая сульфатная из хвойных пород древесины									
ППЭС	1,25	1,70	0,07	32	14,1	7140	15,1	40	46317
ПДМДААХ	1,03	1,52	0,10	32	14,9	6015	8,4	99	43082
СА МХ ДМАПА	1,13	2,80	0,13	32	24,3	6005	8,2	87	50764

Результатом исследований, описанных в главе 3, является разработка практических рекомендаций по оптимальному ведению технологического процесса канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов.

**Четвертая глава** посвящена изучению реологических свойств и закономерностей структурообразования проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и САМХ ДМАПА и их влияния на прочность получаемой бумаги.

Исследованы реологические свойства и зависимости структурообразования волокнистой суспензии концентрацией 1,0, 2,0 и 3,0% без добавок и в присутствии проклеивающего вещества, коагулянта и полиэлектролита.

Установлено, что реологические кривые течения сульфитной целлюлозы из лиственных пород древесины без добавок (рис. 4) и в присутствии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и САМХ ДМАПА (рис. 5) имеют экстремальный характер. В исследуемом диапазоне градиентов скоростей ( $\dot{\gamma} = 0-150 \text{ с}^{-1}$ ) на реологической кривой наблюдается одна точка перегиба. Наличие максимума объясняется существованием так называемого предельного напряжения сдвига, то есть напряжения, при котором происходит разрушение структурного каркаса, после чего дисперсная система ведет себя как жидкое тело.

Получено, что увеличение концентрации волокнистой суспензии от 1,0 до 3,0% (рис. 4) сопровождается увеличением предельного напряжения сдвига ( $\tau'$ ) от 5,5 до 241,1 Па, что вызвано, вероятно, упрочнением сетчатой волокнистой структуры за счет увеличения контактов между волокнами и увеличения сил трения. Следовательно, повышение концентрации волокнистой суспензии от 1,0 до 3,0% в условиях технологического процесса приводит к увеличению усилий, затрачиваемых на диспергирование потока с целью улучшения просвета бумажного полотна при его отливе на сеточном столе БДМ.

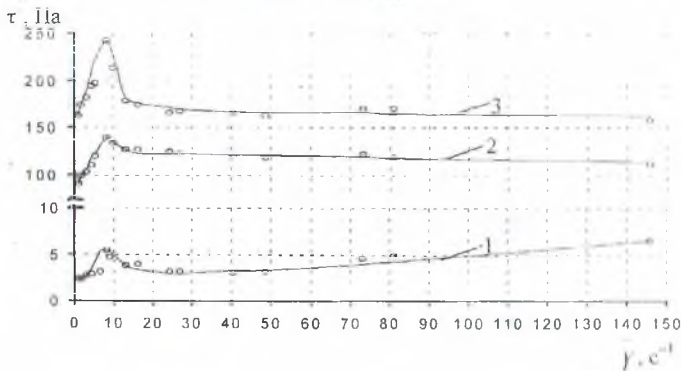


Рис. 4 Реологические кривые течения целлюлозы сульфитной пород древесины (без добавок) при концентрации волокнистой суспензии (в %): 1—1,0; 2—2,0; 3—3,0

Присутствие в 1%-ной волокнистой суспензии ППЭС при увеличении его расхода от 0,05 до 0,20% от абс. сух. волокна способствует увеличению предельного напряжения сдвига и смещению максимума на реологической кривой в сторону увеличения градиента скорости от 16,2 до 40,5  $\text{с}^{-1}$  (рис. 5а, кривые 1—4). Это объясняется наличием добавочных внутренних напряжений, вызванных образованием в волокнистой суспензии крупных прочных флокул в присутствии катионных ПЭК.

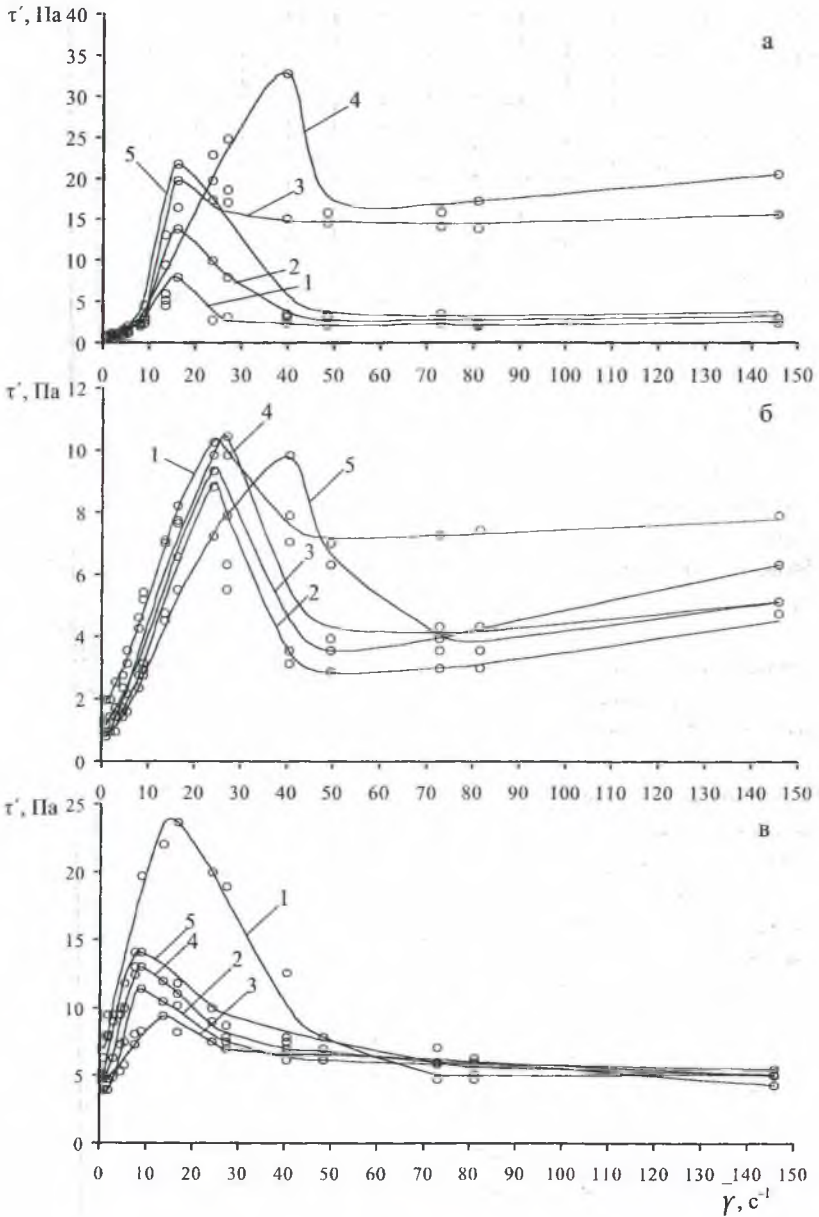


Рис. 5 Реологические свойства 1%-ной волокнистой суспензии в присутствии ППЭС (а), ПДМДААХ (б) и СА МХ ДМАПА (в) при расходах полиэлектролита (в % от абс. сух. волокна): 1 – 0,05; 2 – 0,10; 3 – 0,15; 4 – 0,20; 5 – 0,25

По величине максимума на реологической кривой течения можно судить о степени флокуляции волокнистой суспензии и прочности волокнистой структурированной сетки. Установлено, что максимальное сопротивление сдвигающим нагрузкам волокнистая суспензия ( $C=1\%$ ) оказывает при расходе ППЭС 0,20% от абс. сух. волокна. Следовательно, введение ППЭС в проклеенную волокнистую суспензию в таком количестве вызывает максимальную флокуляцию исследуемой суспензии и способствует упрочнению ее структуры (рис. 5а). При этом градиент скорости равен  $\dot{\gamma} = 40,5 \text{ с}^{-1}$ .

Сравнительный анализ реологических кривых течения 1%-ной проклеенной волокнистой суспензии с добавками ППЭС и ПДМДААХ, как видно из рис. 5б, свидетельствует о том, что в присутствии ППЭС эффект флокуляции выражен более ярко. В присутствии ПДМДААХ при его содержании 0,05–0,25% от абс. сух. волокна наблюдается изменение предельного напряжения сдвига. Однако величина напряжения сдвига ниже, чем в присутствии ППЭС, и находится в пределах 8,8–10,4 Па.

Для 1%-ной волокнистой суспензии, содержащей полиэлектролит СА МХ ДМАПА, характерно резкое увеличение предельного напряжения сдвига при его содержании 0,05% от абс. сух. волокна (рис. 5в, кривая 1). Повышение расхода этого ПЭК приводит к уменьшению предельного напряжения сдвига. Наибольший эффект флокуляции наблюдается при содержании СА МХ ДМАПА, равном 0,05% от абс. сух. волокна. В этом случае градиент скорости составляет  $16,2 \text{ с}^{-1}$ .

Сравнительный анализ реологических кривых течения 1%-ной волокнистой суспензии в присутствии исследуемых катионных полиэлектролитов (рис. 5) свидетельствует о том, что максимальный эффект флокуляции в присутствии СА МХ ДМАПА наблюдается при меньшем его содержании, чем в случае использования ППЭС. Это, вероятно, связано с молекулярной массой данных полиэлектролитов. При этом необходимо констатировать, что при добавлении СА МХ ДМАПА в количестве 0,05% от абс. сух. волокна проклеенная волокнистая суспензия разрушается при меньших значениях градиентов скоростей, чем суспензия с добавкой ППЭС при расходе 0,20% от абс. сух. волокна ( $\dot{\gamma} = 16,2 \text{ с}^{-1}$  и  $\dot{\gamma} = 40,5 \text{ с}^{-1}$  соответственно). Вероятно, это также связано с размером образующихся флокул. Флокулы, образовавшиеся в присутствии СА МХ ДМАПА, разрушаются значительно легче. Это необходимо учитывать при выборе места дозирования катионного полиэлектролита в основной технологический поток.

По полученным реологическим кривым установлены критические значения градиентов скоростей, позволяющих определять эффективные режимы течения проклеенной волокнистой суспензии и, тем самым, осуществлять оперативное управление пуском волокнистой суспензии на сеточный стол бумагоделательной машины.

Полученные реологические кривые течения проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов можно описать уравнением

$$\tau' = A_1 e^{-a_1 \dot{\gamma}} + A_2 e^{-a_2 \dot{\gamma}} + A_3 e^{-a_3 \dot{\gamma}} + \mu_1 \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где  $\tau'_{mp} = A_1 e^{-a_1 \dot{\gamma}}$  — напряжение первоначального трения (в момент начала движения), Па;

$\tau'_{np} = A_2 e^{-a_2 \dot{\gamma}}$  – напряжение, характеризующее внутреннюю прочность сетчатой структуры из волокон, Па;

$\tau'_{\phi} = A_3 e^{-a_3 \dot{\gamma}}$  – напряжение, характеризующее первоначальную прочность флокул, Па;

$\mu_T$  – коэффициент динамической вязкости диспергированной суспензии, Па·с;

$\gamma$  – градиент скорости,  $c^{-1}$ .

Установлено, что максимальный эффект флокуляции для проклеенной 1%-ной волокнистой суспензии с добавками ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА наблюдается при их содержании 0,20; 0,15 и 0,05% от абс. сух. волокна соответственно. При этом значение предельного напряжения сдвига наблюдается при значении градиента скорости, соответственно равном 40,5; 24,8 и 16,2  $c^{-1}$ . Из этого следует, что, наиболее прочные флокулы образуются при добавках ППЭС. В присутствии СА МХ ДМАПА структурированная сетка обладает меньшей прочностью и, как следствие, большей чувствительностью к сдвигающим нагрузкам. Это необходимо учитывать при выборе места дозирования данного полимера в основной технологический поток, так как большие сдвиговые усилия могут повлечь за собой снижение эффекта флокуляции за счет разрушения первоначальной структуры и перераспределения волокна в массе.

По методу Н.Н. Цюрупы, описанному в главе 2, рассчитаны минимальный ( $r_{\text{мин}}$ , мм), наименьший ( $r_n$ , мм) и максимальный ( $r_{\text{макс}}$ , мм) радиусы флокул в зависимости от содержания в проклеенной волокнистой суспензии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА (табл. 2).

Таблица 2

Дисперсионные характеристики проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов (ПЭК)

Содержание ПЭК, % от абс. сух. волокна	Вид ПЭК								
	ППЭС			ПДМДААХ			СА МХ ДМАПА		
	$r_{\text{мин}}$	$r_n$	$r_{\text{макс}}$	$r_{\text{мин}}$	$r_n$	$r_{\text{макс}}$	$r_{\text{мин}}$	$r_n$	$r_{\text{макс}}$
0	0,17	0,26	1,77	0,17	0,26	1,77	0,17	0,26	1,77
0,05	0,18	0,25	1,69	0,18	0,18	1,23	0,18	0,52	3,52
0,10	0,18	0,23	1,56	0,18	0,21	1,38	0,18	0,43	2,89
0,15	0,18	0,28	1,87	0,18	0,29	1,93	0,18	0,39	2,64
0,20	0,17	0,41	2,72	0,18	0,28	1,90	0,18	0,36	2,44
0,25	0,18	0,27	1,83	0,18	0,27	1,84	0,18	0,34	2,26

Как видно из табл. 2, максимальный размер флокул наблюдается при содержании ППЭС 0,20% от абс. сух. волокна, при этом  $r_n = 0,41$  мм. При использовании в композиции бумаги полиэлектролита ПДМДААХ наименьший радиус флокул практически не изменяется и находится в пределах  $r_n = 0,18-0,29$  мм. Применение полиэлектролита СА МХ ДМАПА сопровождается максимальным увеличением размеров флокул ( $r_n = 0,52$  мм) даже при содержании 0,05% от абс. сух. волокна. Дальнейшее увеличение его количества от 0,10 до 0,25% от абс. сух. волокна приводит к уменьшению размеров флокул и, следовательно, к замедлению флокуляционных процессов.

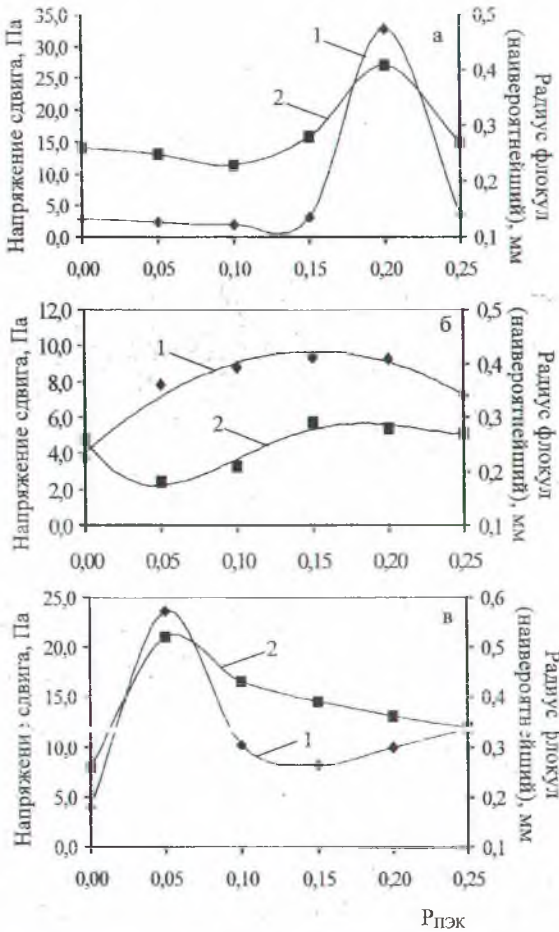


Рис. 6 Зависимость напряжения сдвига (кривая 1) и размеров флокул (кривая 2) от содержания в проклеенной волокнистой суспензии катионных полиэлектролитов ( $R_{пэ}$ , % от абс. сух. волокна): а - ППЭС; б - ПДМДААХ; в - СА МХ ДМАПА вследствие увеличения степени флокуляции проклеенной волокнистой суспензии. Однако некоторое увеличение затрат энергии на полное диспергирование проклеенной волокнистой суспензии перед напуском ее на сеточный стол бумаги оделательной машины компенсируется повышением прочности получаемой бумаги вследствие образования дополнительных межволоконных коагуляционных контактов при обезвоживании волокнистой суспензии.

Установлено, что в случае использования в композиции бумаги полиэлектролита ПДМДААХ в количестве 0-0,25% от абс. сух. волокна (рис. 6б) напряжение сдвига волокнистой суспензии и размер флокул изменяется незначительно. Максимум на кривой

На рис. 6 представлены зависимости изменения напряжения сдвига и наивероятнейшего радиуса флокул от содержания катионных полиэлектролитов в проклеенной волокнистой суспензии. Установлено, что эти зависимости имеют экстремальный характер.

Как видно из рис. 6а, при содержании ППЭС 0,20% от абс. сух. волокна наблюдается наибольшее значение напряжения сдвига, что свидетельствует о максимальной прочности волокнистой структурированной сетки. Кроме того, при таком содержании полиэлектролита наблюдается наибольший размер флокул, наивероятнейший радиус которых составляет 0,41 мм.

Анализ представленных зависимостей свидетельствует о повышении прочности волокнистой структурированной сетки при добавках катионных полиэлектролитов вследствие

изменения напряжения сдвига проклеенной волокнистой суспензии соответствует содержанию полиэлектролита 0,15% от абс. сух. волокна.

Получено, что высокую флокулирующую активность проявляет полиэлектролит СА МХ ДМАПА при его содержании 0,05% от абс. сух. волокна. Добавление его в проклеенную волокнистую суспензию в таком количестве вызывает резкое увеличение размеров флоккул, наивероятнейший радиус которых возрастает от 0,26 до 0,52 мм. Это приводит к тому, что протекающий процесс флокуляции вызывает уплотнение внутренней структуры проклеенной волокнистой суспензии и, следовательно, способствует значительному увеличению напряжения сдвига (рис. 6в).

На прочность получаемых образцов бумаги оказывают влияние множество факторов, связанных с режимами напуска волокнистой суспензии на сеточный стол бумагоделательной машины, режимами отлива, прессования и сушки бумажного полотна. Одним из важных факторов, влияющих на прочность бумаги, является степень диспергирования волокна в потоке перед отливом и режим формирования бумажного полотна на сеточном столе бумагоделательной машины.

Установлено, что проклеенная волокнистая суспензия в области максимальной

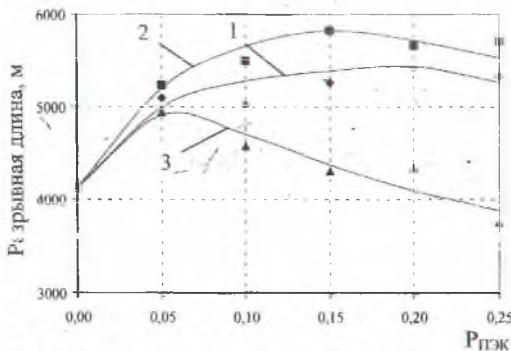


Рис. 7 Изменение разрывной длины образцов бумаги, проклеенных в нейтральной среде, в зависимости от расхода катионных полиэлектролитов ( $R_{ПЭ}$ , % от абс. сух. волокна): 1 - ПЭЭС; 2 - ПДМДААХ; 3 - СА МХ ДМАПА

степени флокуляции оказывает наибольшее сопротивление сдвиговым нагрузкам и должна быть полностью переведена в диспергированное состояние для получения сплошной структурированной сетки и равномерного просвета бумаги. При этом присутствующие катионные полиэлектролиты способствуют образованию дополнительных коагуляционных контактов между волокнами при обезвоживании волокнистой суспензии, что обуславливает повышение прочности бумаги, проклеенной в нейтральной среде.

Прочность образцов бумаги, содержащих в своей композиции катионные полиэлектролиты ПЭЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА, оценивали по разрывной длине и поглощению энергии при разрыве ( $W_T^b$ ) (рис. 7, 8). Из рис. 7 видно, что максимальной прочностью обладают образцы бумаги, полученные с таким содержанием катионных полиэлектролитов, при котором проклеенная волокнистая суспензия обладает максимальной прочностью.

Анализ данных, представленных на рис. 8, свидетельствует о том, что максимальное поглощение энергии при разрыве наблюдается у образцов бумаги, полученных из проклеенной волокнистой суспензии, характеризующейся максимальной прочностью, что соответствует содержанию 0,20% от абс. сух. волокна ПЭЭС, 0,15% от абс. сух. волокна ПДМДААХ и 0,05% от абс. сух. волокна СА МХ ДМАПА.

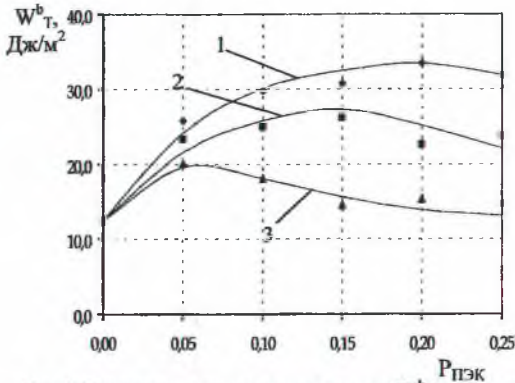


Рис. 8 Поглощение энергии при разрыве ( $W_T^b$ ) образцов бумаги в зависимости от расхода катионных полиэлектrolитов ( $P_{ПЭК}$ , % от абс. сух. волокна):

1 – ППЭС; 2 – ПДМДААХ; 3 – СА МХ ДМАПА

В пятой главе приведена и описана принципиальная технологическая схема проведения процесса канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектrolитов. Представлено технико-экономическое обоснование разработанного технологического режима.

Промышленная апробация разработанного технологического режима проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии катионного полиэлектrolита ППЭС (Водамин 115) была проведена на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» (г. Шклов). Объем выпущенной продукции составил 100 т, в том числе 20 т бумага для изготовления кашированных обоев и 80 т картона для промышленных нужд.

Промышленные испытания на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» позволили осуществить процесс гидрофобизации бумаги и картона на основе макулатурной массы в диапазоне значений рН массы при отливе 6,8–7,0 в присутствии катионного полиэлектrolита полиамидполиаминэпихлоргидриновой смолы (Водамин 115).

Годовые технико-экономические показатели производства бумаги и картона в присутствии катионных ПЭК представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что осуществление процесса проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии катионного полиэлектrolита ППЭС (Водамин 115) позволяет получить общую годовую прибыль от экономии химикатов в размере 72439 тыс. руб. (в ценах на 1.10.2004 г.). Причем годовая экономия модифицированной канифоли составит 31,9 т/год, а сульфата алюминия технического – 179,6 т/год.

При проведении опытно-промышленных испытаний были достигнуты следующие эффекты по улучшению качества бумаги и картона: впитываемость при одностороннем смачивании уменьшилась от 20–27 до 16–24 г/м<sup>2</sup>, разрушающее усилие в сухом состоянии увеличилось от 44–47 до 50–57 Н, разрушающее усилие во влажном состоянии возросло от 5,0–6,0 до 6,0–8,0 Н. Кроме того, введение в

Таким образом, катионные полиэлектrolиты ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА, присутствующие в проклеенной волокнистой суспензии, повышают не только прочность структурированной сетки, но и образцов бумаги. Установлено, что наибольшей прочностью обладают образцы бумаги, полученные при таком расходе катионных полиэлектrolитов, при котором проклеенная волокнистая суспензия характеризуется наибольшей прочностью, при условии напуска ее в диспергированном режиме.



композицию бумаги и картона катионного полиэлектролита позволило снизить содержание взвешенных веществ в оборотных и сточных водах предприятия от 1350–1220 до 950–760 мг/л.

Таблица 3

Технико-экономические показатели производства бумаги и картона в присутствии катионного полиэлектролита ППЭС на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак»

Годовой объем выпуска, т	Расходные нормы химикатов по товарному продукту, кг/т			Годовая экономия химикатов по товарному продукту, т			Прибыль от экономии химикатов, тыс. руб.			Всего тыс. руб.
	Клей канфиольный модифицированный	Сульфат алюминия технический	Водамин 115 (ППЭС)	Клей канфиольный модифицированный	Сульфат алюминия технический	Водамин 115 (ППЭС)	Клей канфиольный модифицированный	Сульфат алюминия технический	Водамин 115 (ППЭС)	
1. Бумага для изготовления кашированных обоев										
4380	15	40	14,3	18,8	109,5	—	25756	17520	—	43276
2. Картон для промышленных нужд										
8760	6,5	30	4,3	13,1	70,1	—	17947	11216	—	29163
<b>Итого:</b>				31,9	179,6					72439

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Теоретической базой разработанного технологического режима являются установленные зависимости изменения гидрофобных свойств бумаги от условий коагуляции канфиольной эмульсии в присутствии сульфата алюминия и катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА. Существенно, что при коагуляции канфиольной эмульсии ТМВС-2Н в присутствии сульфата алюминия наблюдается чередование зон агрегативной устойчивости и зон коагуляции, что объясняется перезарядкой частиц дисперсной фазы. В присутствии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА наблюдается одна зона коагуляции, что свидетельствует о приближении частиц дисперсной фазы канфиольной эмульсии к изоэлектрическому состоянию. Установлено, что при использовании в качестве коагулянтов катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА впитываемость при одностороннем смачивании образцов бумаги составляет более  $60 \text{ г/м}^2$ , в то время как при коагуляции сульфатом алюминия —  $14\text{--}20 \text{ г/м}^2$  [1, 3, 4].

2. На основе исследованных зависимостей гидрофобных и физико-механических свойств бумаги, а также содержания взвешенных веществ в регист-

ровой воде в зависимости от вида и расхода катионных полиэлектролитов, композиционного состава бумаги по волокну, а также способов введения химикатов в волокнистую суспензию, установлено, что содержание в композиции бумаги целлюлозы сульфитной из лиственных пород древесины целесообразно до 50%. При этом катионные полиэлектролиты необходимо дозировать в проклеенную волокнистую суспензию. Это способствует снижению впитываемости при одностороннем смачивании в 1,7–1,9 раза при одновременном повышении разрывной длины на 16–29% и снижении содержания взвешенных веществ на 30–40% [5, 9, 11, 13].

3. С применением метода математического планирования эксперимента и обработки полученных данных на ЭВМ определены оптимальные расходные и режимные параметры проведения технологического процесса кашифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА. Установлено, что при изготовлении бумаги из целлюлозы сульфитной из лиственных пород древесины в нейтральной среде в присутствии катионных ПЭК оптимальный расход проклеивающего вещества и коагулянта находится в пределах 1,47–1,51 и 2,01–2,05% от абс. сух. волокна соответственно. При этом оптимальный расход ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА составляет соответственно 0,20, 0,15 и 0,05% от абс. сух. волокна [2, 9 – 12].

4. Установлена взаимосвязь структурообразования проклеенной волокнистой суспензии с прочностью получаемой бумаги. Определено, что наибольшей прочностью обладают образцы бумаги, полученные при таких расходах катионных полиэлектролитов, при которых волокнистая сетка характеризуется наибольшей прочностью. Оптимальный расход катионных полиэлектролитов ППЭС, ПДМДААХ и СА МХ ДМАПА составляет 0,20, 0,15 и 0,05% от абс. сух. волокна соответственно. Установлено, что при данных расходах полиэлектролитов прочность бумаги возрастает, при этом разрывная длина образцов бумаги составляет 5430, 5820 и 4910 м соответственно, а поглощение энергии при разрыве – 33,4, 27,2 и 19,6 Дж/м<sup>2</sup> соответственно [6 – 8].

5. Проведенная промышленная апробация разработанного технологического режима на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» показала, что дополнительное использование в композиции бумаги и картона катионного полиэлектролита ППЭС (Водамин 115) в количестве 0,20 и 0,05% от абс. сух. волокна соответственно позволило снизить впитываемость при одностороннем смачивании от 20–27 до 16–24 г/м<sup>2</sup>, повысить разрушающее усилие в сухом и во влажном состоянии от 44–47 до 50–57 Н и от 5,0–6,0 до 6,0–8,0 Н соответственно, а также уменьшить содержание взвешенных веществ в оборотных и сточных водах на 25–35%. Технико-экономические расчеты свидетельствуют о снижении себестоимости готовой продукции за счет уменьшения расходных норм химикатов и экономии модифицированной кашифоли и сульфата алюминия 31,9 т/год и 179,6 т/год соответственно. Ожидаемый годовой экономический эффект, достигаемый за счет использования полиэлектролита ППЭС (Водамин 115), составит 72439 тыс. руб. / год [2, 5, 9 – 13].

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

*Статьи*

1. Черная Н.В., Эмелло Г.Г., Ламоткин А.И., Жолнерович Н.В. Электрولитная коагуляция клеевых канифольных эмульсий // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. 2001. – № 4. – С. 101 – 103.

2. Черная Н.В., Ламоткин А.И., Эмелло Г.Г., Жолнерович Н.В. Влияние режима сушки на гидрофобные и прочностные свойства бумаги, проклеенной в кислой и нейтральной средах // Материалы. Технологии. Инструменты. 2001. – № 4. – С. 90 – 93.

3. Ламоткина Н.В. (Жолнерович Н.В.), Черная Н.В., Эмелло Г.Г., Горский Г.М. Определение порогов коагуляции клеевых канифольных эмульсий // Сборник трудов БГТУ. Серия химии и технологии органических веществ. Вып. IX. – Минск: БГТУ, 2001. – С. 15 – 17.

4. Ламоткина Н.В. (Жолнерович Н.В.), Черная Н.В., Горский Г.М. Особенности коагуляции канифольных эмульсий в присутствии электролита и полиэлектролита // Сборник трудов БГТУ. Серия химии и технологии органических веществ. Вып. X. – Минск: БГТУ, 2002. – С. 66 – 69.

5. Жолнерович Н.В., Черная Н.В., Горский Г.М. Сравнительная оценка эффективности действия полиэлектролитов при производстве клееных видов бумаги из макулатуры // Сборник трудов БГТУ. Серия химии и технологии органических веществ. Вып. XI. – Минск: БГТУ, 2003. – С. 40 – 44.

6. Жолнерович Н.В., Горский Г.М., Черная Н.В. Реологические свойства волокнистой суспензии в присутствии полиамидполиаминэпихлоргидриновой смолы. // Сборник трудов БГТУ. Серия химии и технологии органических веществ. Вып. XII. – Минск: БГТУ, 2004. – С. 103 – 108.

7. Жолнерович Н.В., Горский Г.М., Черная Н.В. Реологическая оценка влияния катионных полиэлектролитов на структурообразование волокнистой суспензии. // Сборник трудов БГТУ. Серия химии и технологии органических веществ. Вып. XII. – Минск: БГТУ, 2004. – С. 97 – 102.

8. Жолнерович Н.В., Горский Г.М., Черная Н.В. Влияние катионных полиэлектролитов на прочность бумаги из волокнистой суспензии // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. 2005. – № 1. – С. 113 – 116.

*Материалы конференций*

9. Ламоткина Н.В. (Жолнерович Н.В.), Горский Г.М. Влияние полиэлектролитов на качество бумаги при проклейке в нейтральной среде // V Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь: Материалы V научной конференции. Гродно, 25-27 апреля 2000. – Гродно, 2000. – С. 135 – 137.

10. Черная Н.В., Ламоткин А.И., Эмелло Г.Г., Жолнерович Н.В. Ресурсосберегающая технология гидрофобизации бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии полиэлектролитов // Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов: Материалы IV международной научно-технической конференции. Гродно, 11-13 октября 2000. – Гродно, 2001. – С. 33 – 37.

11. Ламоткина Н.В. (Жолнерович Н.В.), Черная Н.В., Горский Г.М. Особенности применения полиэлектролитов при изготовлении бумаги нейтральным способом // Современные технологические процессы получения материалов и изделий из древесины: Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Воронеж, 17-19 сентября 2001. – Воронеж, 2001. – С. 188 – 191.

#### *Тезисы*

12. Черная Н.В., Ламоткин А.И., Эмелло Г.Г., Жолнерович Н.В. Ресурсосберегающая технология гидрофобизации бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии полиэлектролитов // Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов: Тезисы докладов IV международной научно-технической конференции. Гродно, 11 – 13 октября 2000. – Гродно, 2000. – С. 64.

#### *Заявки на изобретение*

13. Заявка № а 20050058, МПК<sup>7</sup> D 21 H 17/33, 17/62, 21/16, C 09 J 193/04. Бумажная масса, проклеенная в нейтральной среде в присутствии катионного полиэлектролита. Черная Н.В., Ламоткин А.И., Жолнерович Н.В., Бондаренко Ж.В., Заявлено 19.01.2005.



## РЭЗЬЮМЭ

ЖАЛНЯРОВІЧ Наталля Віктараўна

**ПРАКЛЕЙКА ПАПЕРЫ Ў НЕЙТРАЛЬНЫМ АСЯРОДДЗІ ПРЫ НАЯЎНАСЦІ КАТЫЁННЫХ ПОЛІЭЛЕКТРАЛІТАЎ**

*Ключавыя словы:* КАТЫЁННЫЯ ПОЛІЭЛЕКТРАЛІТЫ, НЕЙТРАЛЬНАЯ ПРАКЛЕЙКА, ВАЛАКНІСТАЯ СУСПЕНЗІЯ, ФЛАКУЛЯЦІЯ, РЭАЛОГІЯ, СТРУКТУРАЎТВАРЭННЕ

*Аб'ект даследавання:* тэхналагічны працэс праклейкі паперы мадыфікаванай каніфоллю ў нейтральным асяроддзі пры наяўнасці катыённых поліэлектралітаў.

*Прадмет даследавання:* структураўтварэнне праклеенай валакністай суспензіі пры наяўнасці катыённых поліэлектралітаў і ўплыў асноўных тэхналагічных фактараў на працэс праклейкі паперы ў нейтральным асяроддзі.

*Мэта даследавання:* распрацоўка тэхналагічнага рэжыму гідрафабізацыі і трываласці паперы, праклеенай у нейтральным асяроддзі, на аснове вывучэння структураўтварэння валакністай суспензіі за кошт дадатковага ўвядзення ў яе катыённых поліэлектралітаў.

*Метады даследавання і апаратура.* Пры даследаванні каагуляцыі каніфольных эмульсій выкарыстоўвалі сучасныя метады аналізу: турбідыметрычны метад, метад электроннай мікраскапіі. Для вывучэння структураўтварэння валакністай суспензіі прымянялі седыментацыйны метад і метад ратацыйнай вісказіметрыі. Паказчыкі якасці паперы вызначалі па стандартных метадыках. Паглыннанне энергіі пры разрыве абразцоў паперы вызначалі на гарызантальнай разрывной машыне фірмы Lorentzen and Wettre. Пры апрацоўцы вынікаў даследаванняў прыменены метады статыстычнага аналізу.

*Атрыманьня вынікі і іх навізна.* У працы вывучаны ўплыў катыённых поліэлектралітаў на структураўтварэнне валакністай суспензіі, праклеенай у нейтральным асяроддзі. Устаноўлена ўзаемасувязь структураўтварэння праклеенай валакністай суспензіі з трываласцю атрыманай паперы. Вызначаны ўплыў кампазіцыйнага саставу паперы па валакне і чаргоvasці дазіравання праклейваючага рэчыва, каагулянта і катыённых поліэлектралітаў на асноўныя ўласцівасці паперы і ўтрыманне ўзважаных рэчываў у рэгістравай вадзе. Атрыманы аптымальныя расходныя і рэжымныя параметры вядзення тэхналагічнага працэсу праклейкі паперы ў нейтральным асяроддзі пры наяўнасці катыённых поліэлектралітаў.

*Галіна прымянення.* Праведзена прамысловая апрабавка распрацаванай тэхналогіі праклейкі паперы ў нейтральным асяроддзі пры наяўнасці катыённага поліэлектраліта поліамідполіамініпіклоргідрынавая смала на ААТ «Папяровая фабрыка «Спартак». Чакаемы эканамічны эфект складзе 72439 тыс. руб. у год.

## РЕЗЮМЕ

ЖОЛНЕРОВИЧ Наталья Викторовна

**ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ  
В ПРИСУТСТВИИ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ**

*Ключевые слова:* КАТИОННЫЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТЫ, НЕЙТРАЛЬНАЯ ПРОКЛЕЙКА, ВОЛОКНИСТАЯ СУСПЕНЗИЯ, ФЛОКУЛЯЦИЯ, РЕОЛОГИЯ, СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ

*Объект исследования:* технологический процесс проклейки бумаги модифицированной канифолью в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов.

*Предмет исследования:* структурообразование проклеенной волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектролитов и влияние основных технологических факторов на процесс канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде.

*Цель исследования:* разработка технологического режима гидрофобизации и упрочнения бумаги, проклеенной в нейтральной среде, на основе изучения структурообразования волокнистой суспензии за счет дополнительного введения в нее катионных полиэлектролитов.

*Методы исследования и аппаратура.* При исследовании коагуляции канифольных эмульсий использовали современные методы анализа: турбидиметрический метод, метод электронной микроскопии. Для изучения структурообразования волокнистой суспензии применяли седиментационный метод и метод ротационной вискозиметрии. Показатели качества бумаги определяли по стандартным методикам. Поглощение энергии при разрыве образцов бумаги определяли на горизонтальной разрывной машине фирмы Lorentzen and Wetre. При обработке результатов исследований применены методы статистического анализа.

*Полученные результаты и их новизна.* В работе изучено влияние катионных полиэлектролитов на структурообразование волокнистой суспензии, проклеенной в нейтральной среде. Установлена взаимосвязь структурообразования проклеенной волокнистой суспензии с прочностью получаемой бумаги. Определено влияние композиционного состава бумаги по волокну и очередности дозирования проклеивающего вещества, коагулянта и катионных полиэлектролитов на основные свойства бумаги и содержание взвешенных веществ в регистровой воде. Получены оптимальные расходные и режимные параметры ведения технологического процесса канифольной проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионных полиэлектролитов.

*Область применения.* Проведена промышленная апробация разработанной технологии проклейки бумаги в нейтральной среде в присутствии катионного полиэлектролита полиамидполиаминэпихлоргидриновая смола на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак». Ожидаемый экономический эффект составит 72439 тыс. руб. в год.

## SUMMARY

ZHOLNEROVICH Natalija Viktorovna

**PAPER SIZING IN NEUTRAL MEDIUM  
IN PRESENCE OF CATIONIC POLYELECTROLYTES**

Key words: CATIONIC POLYELECTROLYTES, NEUTRAL SIZING, FILAMENTARY SUSPENSION, FLOCCULATION, RHEOLOGY, STRUCTURE FORMATION

*Object of the study:* technological process of paper sizing with modified common resin in neutral medium in presence of cationic polyelectrolytes.

*Subject of the studies:* structure formation of the sized filamentary suspension in presence of cationic polyelectrolytes and influence of the basic technological factors on process of paper sizing in neutral medium.

*The purpose of the study:* development of the technological process of the hydrophobization and paper strengthening sized in neutral medium on the basis of study of structure formation of filamentary suspension due to additional introduction of cationic polyelectrolytes in it.

*Method of the studying and equipment.* Modern methods of analysis like turbidimetric method and electronic microscopy method were used to investigate coagulation of rosin emulsions. To investigate structure formation of filamentary suspension there was applied a sedimentation method and rotary viscosimetry method. The values of paper quality were defined using standard procedures. Energy absorption at tearing of paper samples was determined using horizontal tearing machine (Lorentzen and Wettre Co.). Methods of statistical analysis were used to process investigation results.

*Results obtained and their novelty.* In this work there was studied influence of cationic polyelectrolytes on structure formation of filamentary suspension sized in neutral medium. The correlation of structure formation of the sized filamentary suspension with strength of obtained paper was determined. Influence of composition constitution of a paper on fiber and dosing queue of sizing material, coagulant and cationic polyelectrolytes on the basic paper properties and contents of suspended matters in register water was determined. Optimal consumed and operating conditions of running of the technological process of paper sizing in neutral medium in presence of cationic polyelectrolytes were obtained.

*Field of applications.* The industrial approbation of developed technique of paper sizing in neutral medium in presence of a cationic polyelectrolyte of polyamidepolyamineepichlorohydrin resin was carried out at joined stock company «Paper-mill «Spartak». Expected summary benefits will amount to 72439 thousand BYR per year.

**Жолнерович Наталья Викторовна**

**ПРОКЛЕЙКА БУМАГИ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ  
В ПРИСУТСТВИИ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Подписано в печать 28.02.2005. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,2.  
Тираж 90 экз. Заказ 86.

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050, Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050, Минск, Свердлова, 13.  
ЛПТ № 02330/0056739 от 22.01.2004.