

На правах рукописи

**Блинушова Ольга Ивановна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ТЕСТ-ЛАЙНЕРА**

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

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

Архангельск – 2009

Работа выполнена на кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства  
ГОУ ВПО «Архангельский государственный технический университет»  
и ООО «Сухонский ЦБК»

Научный руководитель:  
доктор технических наук  
Дулькин Дмитрий Александрович

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук, профессор  
Смолин Александр Семенович

кандидат технических наук  
Личтутина Татьяна Федоровна

Ведущая организация:  
ОАО «Всероссийский научно-исследовательский  
институт целлюлозно-бумажной промышленности»,  
(ОАО ВНИИБ), Санкт-Петербург

Защита диссертации состоится 29 мая 2009 г. в 10 часов, на заседании  
диссертационного совета Д 212.008.02 в Архангельском государственном техническом  
университете (163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Архангельского  
государственного технического университета.

Автореферат разослан 27 апреля 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного  
совета, к.х.н., доцент

Т.Э.Скребец

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы.** Производство тест-лайнера и флютинга – основных конструкционных элементов гофрированного картона тароупаковочного назначения является приоритетным направлением использования макулатуры. Государственная программа перспективного развития лесопромышленного комплекса России до 2020 г. предусматривает существенное наращивание потенциала основных промышленных производств высокоэкономичной переработки древесины, включая целлюлозно-бумажную отрасль. Реализация программы существенно увеличит ресурсы макулатуры. В свете новых перспектив, научные разработки в области совершенствования технологии для рациональной переработки макулатуры в гофрокартон и ящичную тару, отвечают экономическим задачам развития государства. При этом постоянной задачей остается повышение качества продукции и рентабельности производства.

Учитывая, что для нынешнего этапа развития производства бумаги и картона характерен отлив листов в нейтральной или слабошелочной среде (так называемое «нейтральное» производство), то совершенствование технологии тест-лайнера должно в максимальной степени учитывать его особенности. Нейтральная технология тесно связана с применением новых высокоеффективных катионных химических средств и, прежде всего, с катионными kleями (гидрофобизаторами) и катионными крахмалами (упрочнителями). Эти химические функциональные средства стали главными в производстве тест-лайнера.

Диссертационная работа посвящена исследованиям, направленным на совершенствование технологии тест-лайнера, в основе которых изучение влияния волокна из макулатуры, катионного крахмала и катионного клея на качество бумажной массы и уровень физико-механических показателей тест-лайнера.

Таким образом, актуальность диссертации определяется следующими факторами:

1. Достигнутыми масштабами и перспективой значительного роста объемов ресурсосберегающего сырья – макулатуры, требующей рациональной переработки.
2. Необходимостью углубления знаний по взаимодействию полидисперсного волокна и химических компонентов в бумажной массе.
3. Возможностью создавать новые высокоеффективные композиции бумажной массы с более глубоким раскрытием потенциала бумагообразующих свойств.

**Цель и задачи исследований.** Цель диссертационной работы – исследование влияния взаимодействия фракций волокна из макулатуры с kleem и крахмалом на свойства бумажной массы для совершенствования технологии и повышения качества тест-лайнера.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследовать эффективность использования макулатуры МС-5Б, катионного клея и крахмала с различными свойствами в технологии тест-лайнера.
2. Установить влияние усовершенствованного процесса фракционирования на раскрытие потенциала физико-механических свойств и способность к водоотдаче бумажной массы для производства тест-лайнера.
3. Исследовать влияние размола на свойства фракций короткого и длинного волокна и их соотношения в бумажной массе на физико-механические свойства и впитываемость тест-лайнера.
4. Исследовать влияние раздельного взаимодействия фракций короткого и длинного волокна с катионным клеем и крахмалом на свойства бумажной массы и качество тест-лайнера.
5. Установить влияние раздельного взаимодействия фракций короткого и длинного волокна с катионным клеем и крахмалом на содержание взвешенных веществ и ХПК подсеточной воды.
6. Провести исследования эффективности раздельной обработки фракций короткого и длинного волокна на качество тест-лайнера в опытно-промышленных условиях.
7. Предложить новые решения по совершенствованию технологии тест-лайнера для повышения его качества и эффективности производства.

**Научная новизна.** В диссертации получены следующие новые данные:

- установлены пределы средневзвешенной длины волокна – 1,5…1,9 мм, в которых соблюдается тождественность показателей качества тест-лайнера, при любом соотношении четырех сортов макулатуры МС-5Б в исходной бумажной массе;
- показана зависимость водоотдачи фракций короткого и длинного волокна от длины волокна при фракционировании;
- установлена зависимость физико-механических показателей тест-лайнера от содержания короткого, длинного и мелкого волокна в бумажной массе;
- установлено влияние раздельной обработки фракций короткого и длинного волокна на электрохимический потенциал, катионную потребность, мутность и концентрацию крахмала в подсеточной воде;
- установлены уровни изменения  $\zeta$ -потенциала, катионной потребности бумажной массы, мутности и концентрации крахмала в подсеточной воде, при взаимодействии с катионным клеем и крахмалом электроотрицательной волокнистой массы.

**Практическая ценность.** Ценными для практического использования являются:

- предложенные на основе результатов диссертационных исследований технологические решения для совершенствования производства тест-лайнера и повышения его качества;
- композиции макулатурной массы из сортов макулатуры МС-5Б 1, 1/2, 2, 3 для производства тест-лайнера по технологии, включающей предложенные решения, контроль качества макулатуры МС-5Б по фракционному составу;

- модернизированная схема и технологические параметры фракционирования массы из макулатуры на фракции короткого и длинного волокна;
- технологическая схема тест-лайнера с подачей катионного клея и катионного крахмала в раздельные фракции.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационных исследований докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на следующих конференциях: «Современные научные основы и инновационные технологии бумажно-картонных материалов с использованием вторичного волокна из макулатуры», Караева, 2006; «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья», Барнаул, 2007; «Научные основы инновационных технологий бумаги и картона». Полотняный Завод, 2008; «Гофрокартон от сырья до печати». С.-Пб., 2008; «Химия в ЦБП». С.-Пб. 2008; «Современные массоподготовительные системы бумажно-картонного производства» С.-Пб., 2009.

**Опытно-промышленные испытания и технико-экономическая оценка.** Предложенная в данной диссертационной работе концепция по совершенствованию технологии тест-лайнера применена в промышленных условиях ООО «Сухонский целлюлозно-бумажный завод». Результаты исследований подтверждены актами опытно-промышленных выработок (приложения № 3 и № 4).

Реальный экономический эффект от внедрения результатов диссертации за 2007-2008 гг. составил 17286,2 тыс. руб. (акт о внедрении результатов исследований представлен в приложении № 5 к диссертационной работе), а ожидаемый от расширенного внедрения в 2009 г. составит – 25415,0 тыс. руб.

**Обоснованность и достоверность результатов и выводов.** Обоснованность и достоверность результатов работы и выводов по работе базируется на применении современной материально-технической базы исследований – методов, методик, приборов и оборудования; применении общепринятых методов проведения экспериментальных работ с обработкой данных методами математической статистики; выполнении необходимого массива исследований; использовании аккредитованных лабораторий и поверенных приборов и оборудования.

Выводы по диссертации экспериментально подтверждены.

**Публикации.** Основное содержание диссертации опубликовано в 10 научных трудах. В журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России, опубликовано 2 научных труда и 8 трудов – в материалах семинаров и конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения; аналитического обзора литературы; методической части; экспериментальной части, состоящей из 7 разделов; общих выводов; 5 приложений. Диссертация изложена на 205

страницах машинописного текста, включая 25 таблиц и 63 рисунка, библиография содержит 152 наименования.

**Автором на защиту выносятся следующие основные результаты диссертационной работы:**

- анализ проблемы качества картонов-лайнеров и концепция повышения потенциала бумагообразующих свойств волокна из макулатуры и качества тест-лайнера;
- экспериментальные данные об эффективности деления макулатуры МС-5Б на сорта, применения катионного клея и крахмала в производстве тест-лайнера;
- экспериментальные данные об эффективности усовершенствованного способа фракционирования массы из макулатуры и влиянии фракций короткого и длинного волокна на качество тест-лайнера;
- исследования размола фракций и соотношения короткого и длинного волокна в бумажной массе на качество тест-лайнера;
- анализ данных об условиях получения бумажной массы с повышенным потенциалом свойств из фракций длинного и короткого волокна с катионным клеем и катионным крахмалом для производства тест-лайнера;
- анализ экспериментальных данных о влиянии бумажной массы из фракций длинного и короткого волокна с катионным клеем и катионным крахмалом на концентрацию взвешенных веществ и ХПК подсеточной воды;
- технологические решения для совершенствования производства тест-лайнера и повышения его качества на основе результатов диссертационных исследований.

#### **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Введение.** В этом разделе обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи исследований, а также положения диссертационной работы, выносимые на защиту.

**Обзор литературы.** Сделан углубленный анализ литературных данных в области использования макулатуры – теоретических основ процессов технологии, применения химических функциональных средств для повышения эффективности использования волокна и рентабельности производства. Даны критическая оценка теоретическим положениям и практическим разработкам в этой области. На основании выводов из обзора, сформулирована цель диссертации и решаемые задачи для ее достижения.

**Методики эксперимента.** Охарактеризованы типовые и оригинальные методы и методики проведения экспериментов, анализа объектов исследований, качества тест-лайнера. Также приводится методика математической обработки экспериментальных данных.

Экспериментальная часть, состоит из 7 разделов:

**1. Исследование эффективности использования макулатуры МС-5Б, кационного клея и крахмала различного качества в технологии тест-лайнера.**  
Исследование качества макулатуры МС-5Б и обоснование деления ее на сорта. Требования к качеству картонов-лайнеров устанавливаются ГОСТ 7420-79 и ТУ предприятий. Сравнивая показатели тест-лайнера и крафт-лайнера, можно видеть, что первые на 20 – 30 % уступают картону К-1 и на 30-55 % – К-0. Очевидно, что задача повышения качества картона с использованием макулатуры до уровня показателей крафт-лайнеров актуальна и, в то же время, отличается сложностью выполнения.

Устанавливалась возможность управления качеством массы из макулатуры делением ее на сорта еще на стадии поступления от поставщиков. Объективным критерием для такого деления была выбрана длина волокна, а вспомогательными характеристиками стали pH массы, зольность и удельное сопротивление разрыву. Обязательным условием деления макулатуры на сорта было обеспечение средневзвешенной длины волокна 1,5…1,9 мм, pH 7,2…8,5; зольность не более 7%, удельное сопротивление разрыву 0,95…1,3 кН. По данным требованиям макулатуру разделили на 4 сорта: 1, 1/2, 2 и 3.

Средством обеспечения требуемой средневзвешенной длины стала макулатура МС-5Б только первого цикла переработки (условно первичное, наиболее качественное волокно). Этому требованию отвечает макулатура 1 сорта. Для обеспечения заданного интервала длины волокна, ее распределение по сортам стало следующим, не менее: 1 – 70 %; 1/2 – 30…70 %; 2 – до 20 %; 3 – только использованные гофриящики.

Последующие диссертационные исследования основывались на разработанных сортах макулатуры. Использовалась макулатура марки МС-5Б, составы которой соответствовали разработанным сортам (1; 2; 1/2; 3) или композициям из них. Разработанные композиции придают тест-лайнерау примерно одинаковые свойства по ТУ 5441-006-10578065-2007. Одна из таких композиций имеет состав по сортам: 1 – 10 %, 1/2 – 40 %, 2 – 10 %, 3 – 40 %.

Исследование эффективности кационного клея в технологии тест-лайнера. Кационный клей на основе димера алкилкетена, по существу, определяет саму возможность и условия производства картона по нейтральной технологии. Для проведения эксперимента необходимо было выбрать наиболее эффективный клей, из ряда kleev поставляемых ведущими мировыми фирмами. Оценивались клеи двух компаний – ООО «Скиф», марки «Ультрасайз» 200 и ООО «Кемира Хим» «Гидрорес 364/VP» и «Гидрорес 464/VP». Существенным отличием kleev было температура плавления ( $T_{пл}$ ).

На рис. 1 представлены данные сравнительной эффективности kleev по впитывающей способности при выработке тест-лайнера марки К-2 по ТУ 5441-006-10578065-2007.

Сравнительный анализ композиций проводили с использованием бумажной массы из макулатуры МС-5Б: 1 – 10 %; 1/2 – 40 %; 2 – 10 % и 3 – 40 %. Расход клея –

4,5 кг/т («Ультрасайз» 200, «Гидрорес 464/VP»); 5 кг/т («Гидрорес 364/VP»). Расход катионного крахмала – 7,5 кг/т.

Как видно из рис. 1, более сильно «эффект проклейки» проявляется при применении клея «Гидрорес 464/VP» (наименьшая впитываемость за короткое время созревания проклейки), несколько меньше – у клея «Ультрасайз» 200 и совсем слабо – у клея «Гидрорес 364/VP». Повышенная эффективность клея «Гидрорес 464» объясняется высокой температурой плавления ( $>50^{\circ}\text{C}$ ) в условиях высокой температуры бумажной массы, что обеспечивает повышенное удержание в массе и, следовательно, более глубокое протекание реакции гидрофобизации.

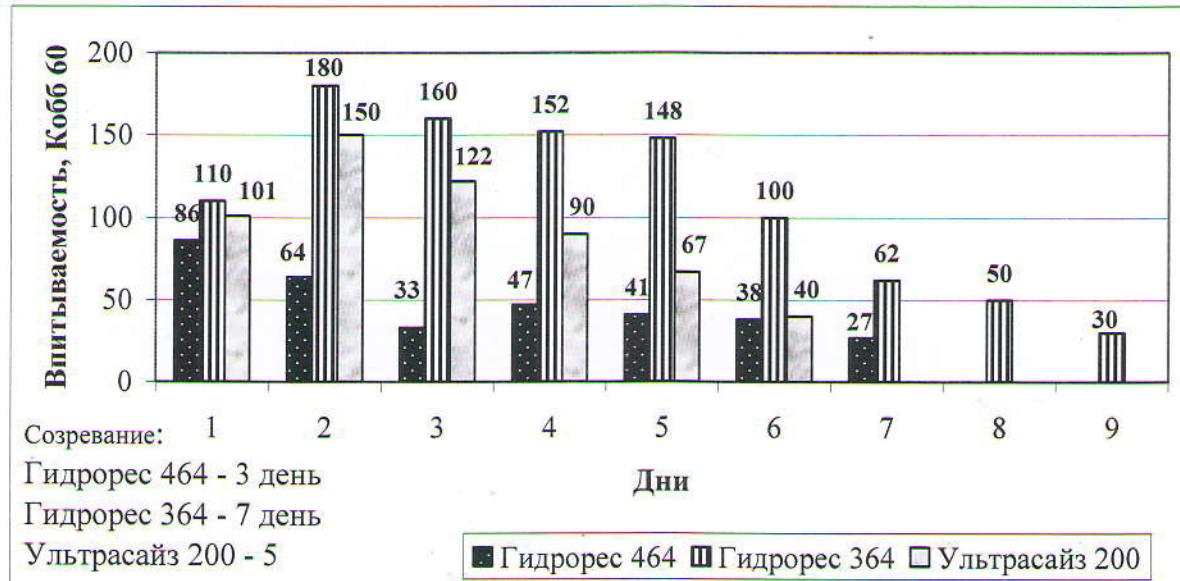


Рис.1. Сравнительные данные о впитываемости тест-лайнера kleями

Полученные результаты позволили выбрать для исследований и применения в технологии, клей «Гидрорес 464/VP».

Исследование эффективности катионного крахмала в технологии тест-лайнера. Крахмал в технологии бумаги и картона относится к практически незаменимому химическому средству. В каждом произведенном килограмме картона содержится от 3 до 90 г крахмала, а из них примерно 40 % – катионные виды крахмала многофункционального назначения. Фирмами к использованию предложен широкий ассортимент катионных крахмалов. Из них для исследований и применения в технологии важно было выбрать подходящий по эффективности.

Опытно-промышленные исследования сравнительной эффективности трех марок крахмала для упрочнения тест-лайнера K-2 массой 1 м<sup>2</sup> 125 и 140 г – «C\*bond» компании «Каргил», Б-150 и Б-135 – компании ОАО «ГПР «Российские крахмалопродукты» показали целесообразность их использования.

**2. Исследование влияния фракционирования на качество композиций массы для производства тест-лайнера. Исследование фракционирования массы.** Задачей исследований было установление эффективности фракционирования для

улучшения качества композиций бумажной массы из макулатуры при новых вариантах ее подготовки.

Общая схема фракционирования и получения композиций из фракций короткого и длинного волокна представлена на рис. 2. Новыми аспектами схемы фракционирования и получения композиций являются размол только ДВФ (длинноволокнистой фракции) до 25 °ШР и до 35 °ШР и ее фракционирование; объединение СВФ (средневолокнистой фракции) и КВФ (коротковолокнистой фракции) после обеих ступеней фракционирования в одну фракцию, которая в экспериментах являлась КВФ; (ФМ) фракция мелочи использовалась в композиции по З варианту.

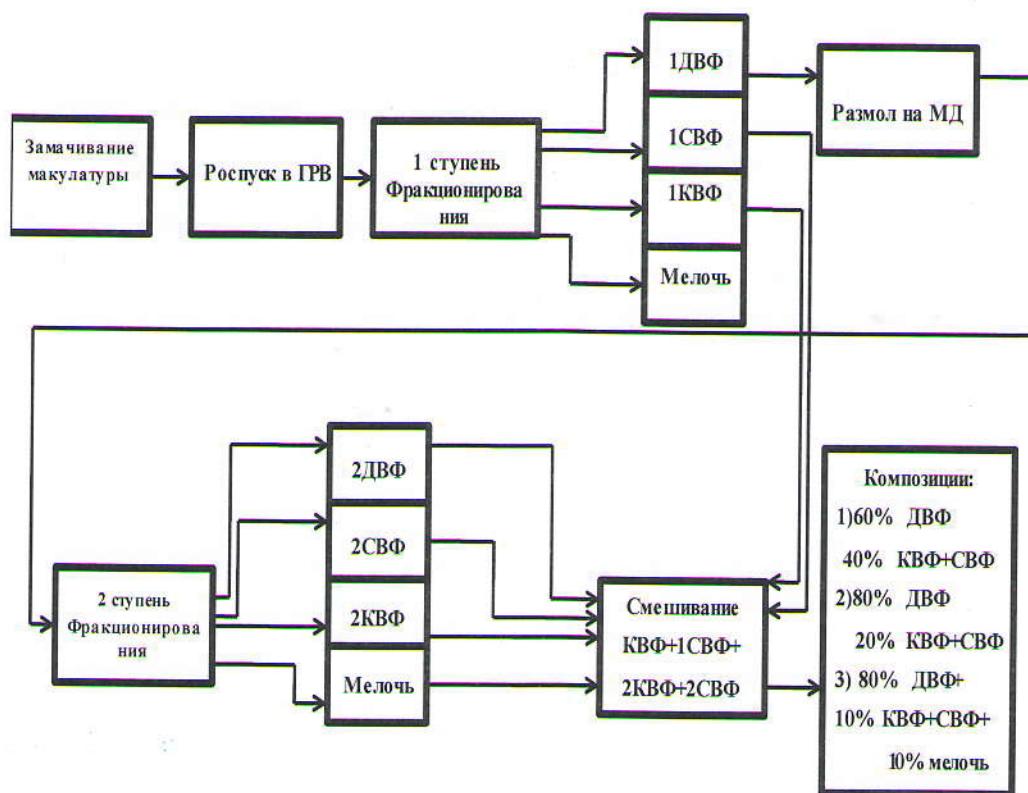


Рис. 2. Общая схема фракционирования и получения композиций бумажной массы из фракций короткого и длинного волокна.

Распределение массовых долей фракций по длине волокна и массовой доли золы по фракциям, для производства тест-лайнера представлены в табл.1.

Как видно из табл. 1, исходная масса на фракции разделялась следующим образом: ДВФ – 59,6 %; СВФ – 9,3 %; КВФ – 3,4 %; ФМ – 27,7 %.

По полученным характеристикам длины волокна и массовымолям, фракции СВФ (средняя длина волокна около 1 мм), КВФ (длина волокна 0,5-0,7 мм), а также ФМ (длина волокна 0,09-0,16 мм), обоснованно можно объединить в общую фракцию,

составляющую около 40 %. Учитывая особенности бумагообразующих свойств короткого волокна, всю фракцию в 40 %, следует отделять и использовать в более эффективных схемах составления композиций с ДВФ. Объединенная фракция в дальнейших исследованиях использовалась, как КВФ.

Характеристики фракций и композиций бумажной массы. Экспериментальные данные показателей для нефракционированной массы, фракций массы по ступеням с размолом до 25 и 35 °ШР приведены в табл. 2., со значениями  $\zeta$ -потенциала, катионной потребности, мутности подсеточной воды (фильтрата) и концентрации в ней крахмала. Таблица 1. Распределение массовых долей фракций массы по длине волокна и массовой доли золы по фракциям, полученных по смоделированной схеме подготовки массы для производства тест-лайнера

Фракции	1 ступень фракционирования, %		2 ступень фракционирования размол до 25°ШР, %		2 ступень фракционирования размол до 35°ШР, %	
	Количество, % (г)	Массовая доля золы, %	Количество, % (г)	Массовая доля золы, %	Количество, % (г)	Массовая доля золы, %
ДВФ	59,6 (8,94)	1	46,7 (7,0)	0,6	44,1 (6,61)	0,7
СВФ	9,3 (1,4)	0,1	5,1 (0,77)	0,07	4,8 (0,73)	0,07
КВФ	3,4 (0,51)	0,03	0,9 (0,13)	0,02	1,0 (0,15)	0,03
МФ	27,7 (4,15)	1,7	6,9 (1,04)	0,3	9,7 (1,45)	0,2
КВФ+СВФ+МФ	40,4 (6,06)	1,8	12,9 (1,94)	0,4	15,5 (2,33)	0,3

Характеристики фракций и композиций бумажной массы. Экспериментальные данные показателей для нефракционированной массы, фракций массы по ступеням с размолом до 25 и 35 °ШР приведены в табл. 2., со значениями  $\zeta$ -потенциала, катионной потребности, мутности подсеточной воды (фильтрата) и концентрации в ней крахмала.

**3. Исследование влияния размола на качество коротко- и длинноволокнистой фракции, свойства композиций бумажной массы и качество тест-лайнера.** Исследование влияния размола на распределение фракций по длине волокна при фракционировании массы из макулатуры. В экспериментах ставилась задача найти варианты рационального применения процесса размола, чтобы с его участием повысить степень раскрытия потенциала бумагообразующих свойств макулатурной массы.

Особенностью данных экспериментов было то, что размолу подвергалась не вся масса, а только ДВФ и изучалось влияние размола на прирост фракций ДВФ, СВФ и КВФ, а также изменение других свойств. Обобщенные данные характеристик нефракционированной массы и фракций из нее приведены в табл.2. Сопоставление экспериментальных данных позволяет видеть степень влияния размола на качество массы, проследить закономерности, сделать ряд практических выводов для принятия обоснованных технологических решений.

1. Размол ДВФ после 1 ступени фракционирования с 13 °ШР до 25 °ШР (прирост 12 °ШР) приводит к существенному снижению длины волокна (с 2,01 мм до

1,66 мм), уменьшению водоотдачи (с 3,6 с до 22,0 с), а также дополнительному образованию значительной доли мелкого волокна (12,9 %). Аналогичная зависимость имеет место и для размола с 13 °ШР до 35 °ШР (прирост 22 °ШР). Средняя длина волокна уменьшается (с 2,01 мм до 1,59 мм), водоотдача уменьшается (с 3,6 с. до 23,6 с), а также дополнительно образуется 2,6 % мелкого волокна.

Таблица 2. Данные показателей для нефракционированной массы, фракций массы по ступеням с размолом до 25 и 35°ШР

1 ступень фракционирования						
Масса и ее фракции	Масса фракции, %	Степень помола, °ШР	Длина волокна, мм	Водоотдача, с	ζ-потенциал, мВ	Катионная потребность, мг-экв/л
Исходная масса 0	-	24,0	1,66	20,1	-6,9	-243
ДВФ, %	59,6	13,0	2,01	3,6	-17,1	-228
СВФ, %	9,3	16,5	1,02	4,9	-15,9	-287
КВФ, %	3,4	23,0	0,6	7,1	-9,9	-283
ФМ, %	27,7	85,5	0,17	-	-	-290
Размол ДВФ до 25°ШР, 2 ступень фракционирования						
Исходная масса 1	-	25,0	1,66	22,0	-9,1	-245
ДВФ, %	46,7	10,0	2,17	9,6	-16,1	-242
СВФ, %	5,1	18,0	1,05	16,6	-10,6	-254
КВФ, %	0,9	24,0	0,66	33,0	-8,4	-283
ФМ%	12,9	89,5	0,16	-	-	-295
Размол ДВФ до 35°ШР, 2 ступень фракционирования						
Исходная масса 2	-	35,0	1,59	23,6	-8,7	-265
ДВФ, %	44,1	11,0	2,18	9,5	-13,5	-250
СВФ, %	4,8	17,0	0,92	18,5	-9,8	-290
КВФ, %	1,0	24,0	0,52	34,2	-7,2	-303
ФМ, %	9,7	92,4	0,11	-	-	-315
						0,032
						7,2
						0,068
						47
						0,004
						4,5
						0,01
						6,1
						0,029
						6,5

2. Фракционирование исходной массы (1 ступень) и ДВФ, размолотой до 25 и до 35 °ШР (2 ступень), дает примерно одинаковый результат по показателям качества ДВФ, СВФ и КВФ. При этом массовая доля ДВФ последовательно снижается с 59,6 до 46,7 % и далее до 44,1 %. Характерной особенностью ДВФ остается низкая степень помола 10...13 °ШР и относительно быстрая водоотдача 3,6...9,5 с.

3. СВФ и КВФ по длине волокна и водоотдаче во всех вариантах значительно уступают ДВФ. При этом их доли малы в сравнении с ДВФ. Доля СВФ составляет 5...9 %, а КВФ – 0,9...3,4 %. Что явилось основанием для объединения этих фракций в одну композицию – КВФ.

4. Доля ФМ (длина волокна 0,11-0,16 мм) составляет примерно 30 %, а в сумме с КВФ и СВФ – более 50 %, табл. 1. Очевидно, что большая часть такого волокна теряется. Однако, при условии применения эффективных методов удержания мелочи, такое волокно является потенциальным ресурсом повышения эффективности использования макулатуры.

Важнейшим показателем массы является скорость обезвоживания. На рис. 3 показано влияние длины волокна на водоотдачу фракций массы.

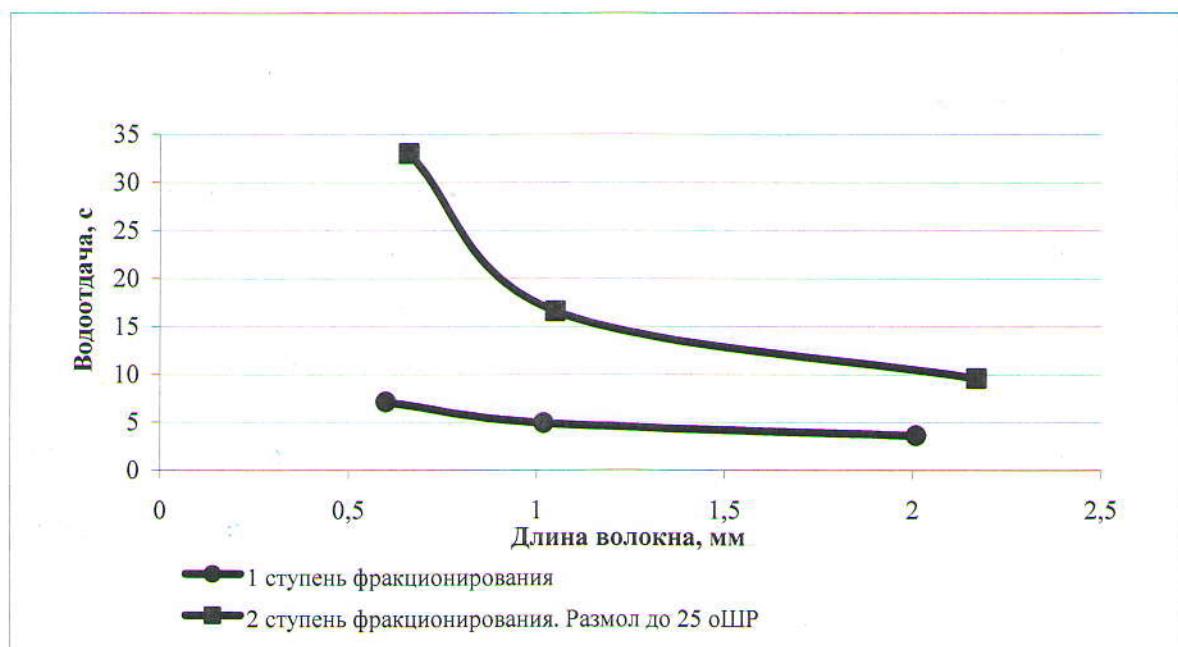


Рис. 3. Зависимость водоотдачи фракций исходной массы и фракций из ДВФ от длины волокна

Фракции исходной массы при степени помола 24 °ШР (нижняя кривая) показывают высокую скорость обезвоживания, по сравнению с фракциями из ДВФ со степенью помола 25 °ШР (верхняя кривая). То есть, размол фракции только длинного волокна имеет фактическое значение с точки зрения степени помола, в отличие от исходной массы, которая показывает «кажущуюся» степень помола.

Композиции фракций короткого и длинного волокна. Представленные выше результаты позволили решить задачу получения новых композиций, основой которых

стали фракции длинного и короткого волокна. Ожидалось, что характерные отличия ДВФ, КВФ и ФМ должны проявиться в приращении потенциала бумагообразующих свойств и, как следствие, положительно сказаться на качестве тест-лайнера. В дальнейших исследованиях испытания проводились на следующих композициях. 1 вариант – нефракционированная масса; 2 вариант – 20 % КВФ + 80 % ДВФ; 3 вариант – 40 % КВФ + 60 % ДВФ; 4 вариант – 10 % КВФ + 10 % ФМ + 80 % ДВФ. Степень помола массы во всех вариантах составляла 25 и 35 °ШР. Характеристики композиций представлены в табл. 3.

Таблица 3. Степень помола, длина волокна, водоотдача композиций

Варианты	25 °ШР			35 °ШР		
	°ШР	Водоотдача, с	Длина волокна дцг (мм)	°ШР	Водоотдача, с	Длина волокна, дцг (мм)
Нефракционированная масса	25	10,1	64,5 (1,44)	35	14,48	63,2 (1,39)
ДВФ 80% + КВФ 20%	14	6,9	96,6 (2,01)	14	5,6	93,8 (1,96)
ДВФ 60% + КВФ 40%	18	7,5	78,1 (1,68)	19	8,1	73,9 (1,62)
ДВФ 80%+10% КВФ +10% ФМ	14,5	6,8	93,8 (1,96)	15	6,9	92,6 (1,91)

Исследование качества композиций бумажной массы из фракций короткого и длинного волокна. Влияние фракционирования и размола на качество композиций массы оценивалось по основным физико-механическим показателям. Данные для сопротивления разрушающему усилию при сжатии кольца, представленные на рис. 4, позволяют сделать следующие выводы:

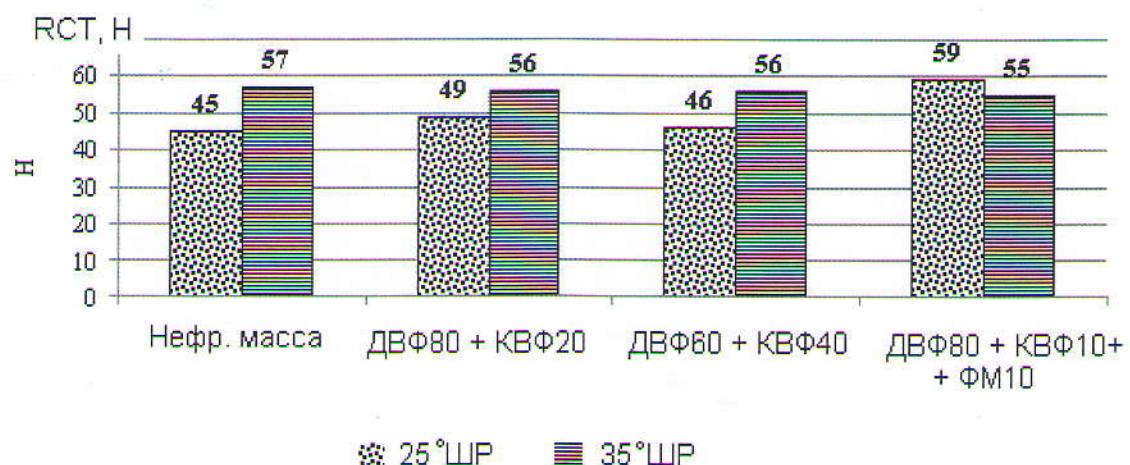


Рис.4. Разрушающее усилие при сжатии кольца для различных композиций

1. Все исследуемые композиции массы из фракций КВФ и ДВФ, по сравнению с нефракционированной массой, имеют примерно одинаковые физико-механические свойства. Существенно отличается композиция по четвертому варианту 10 % КВФ + 10 % ФМ + 80 % ДВФ, при размоле 25 °ШР. При изготовлении из нее тест-лайнера наблюдаются высокие значения по всем показателям (в среднем на 10-20 % выше) по сравнению с другими композициями.

2. Композиции массы, полученные из фракционированной массы после размола ДВФ до 35 °ШР, имеют более высокие показатели, в сравнении с композициями при степени помола 25 °ШР. Абсолютное сопротивление продавливанию увеличивается на 4-15 %; сжатие кольца – на 8-20 %. Отмечается факт, что композиция с добавлением мелочи при 25 °ШР имеет более высокие показатели, чем при 35 °ШР.

3. Композиции массы при увеличении содержания КВФ от 20 до 40 % характеризуются незначительно меньшими уровнями показателей качества при размоле 25 °ШР.

Исследование влияния размола длинного и короткого волокна и соотношения фракций в массе на физико-механические свойства тест-лайнера. Влияние степени помола ДВФ и КВФ на физико-механические показатели тест-лайнера показано на рис. 5 и 6.

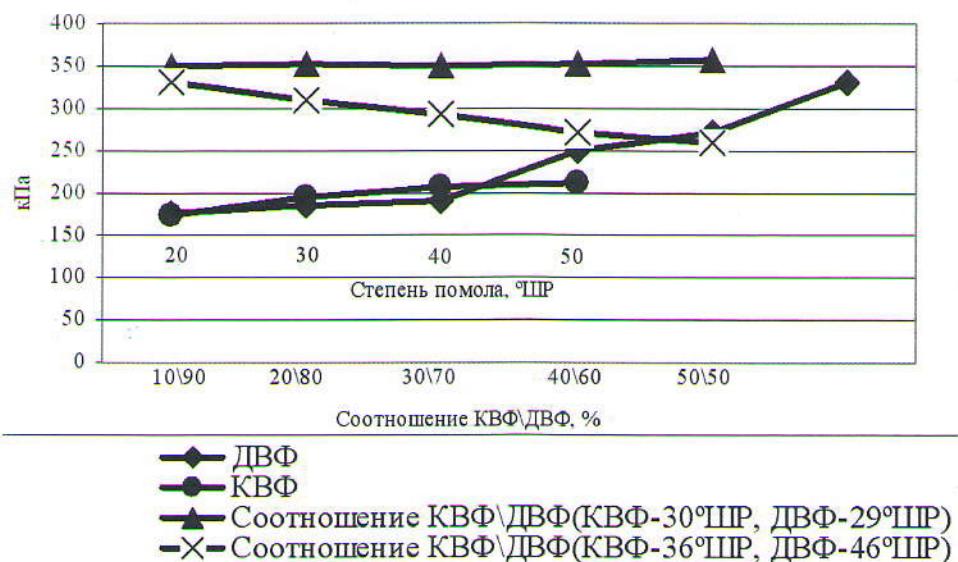


Рис. 5. Зависимость абсолютного сопротивления продавливанию от степени помола массы и соотношения КВФ/ДВФ в массе

При сравнительном анализе данных наблюдаются закономерности:

а) повышение степени помола ДВФ и КВФ способствует увеличению основных физико-механических показателей тест-лайнера; например, незначительный прирост степени помола ДВФ (1...3 °ШР) приводит к увеличению сопротивления продавливанию на 12 кПа. Повышение степени помола КВФ также приводит к росту физико-

механических показателей тест-лайнера, но эффективность их прироста существенно ниже, чем при размоле ДВФ.

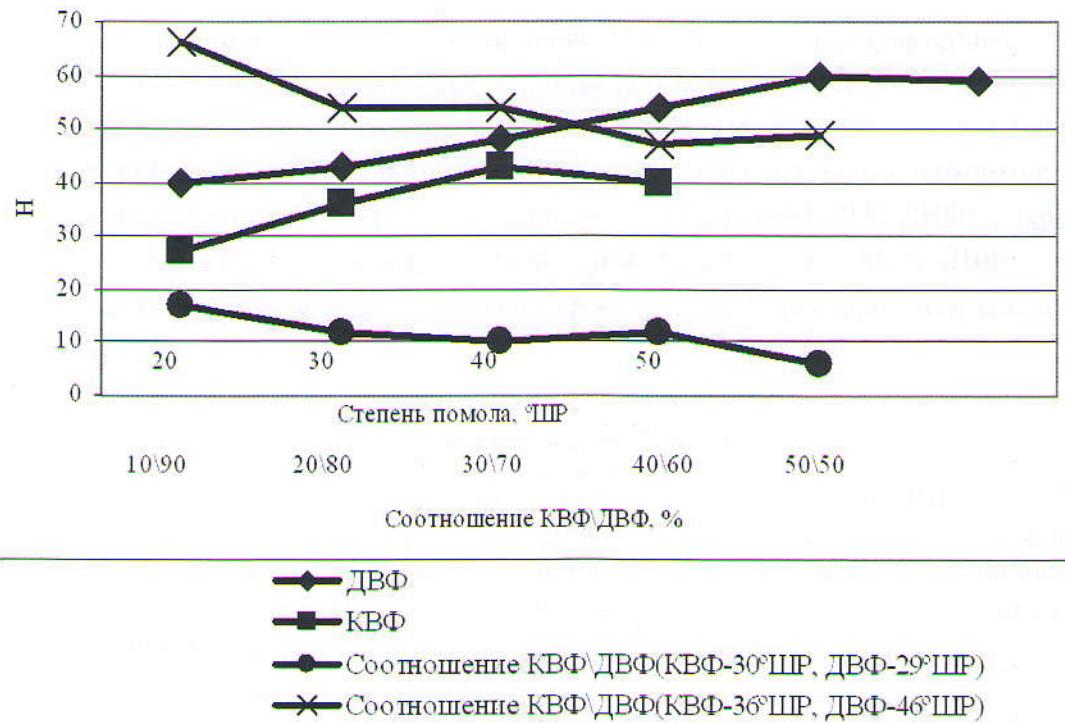


Рис. 6. Зависимость разрушающего усилия при сжатии кольца от степени помола массы и соотношения КВФ/ДВФ в массе

б) по мере увеличения содержания КВФ в ДВФ, показатели качества снижаются неинтенсивно вплоть до соотношения фракций в композиции 50/50. Наблюдаемое положительное влияние композиций фракций на качество тест-лайнера, в сравнении с качеством из индивидуальных фракций, можно объяснить наполняющим эффектом, выполняемым активированными волокнами КВФ.

**4. Разработка композиций массы из коротко- и длинного волокна с катионным димером алкилкетена и катионным крахмалом.** Теоретические предпосылки повышения эффективности использования волокна из макулатуры, катионного клея и крахмала. Достижение максимального раскрытия потенциала бумагообразующих свойств фракций вторичного волокна, получения стабильного «эффекта проклейки», максимально возможного удержания фракции короткого волокна (уменьшение про-моя), снижения загрязненности подсеточной воды ингредиентами бумажной массы возможно при правильной организации протекания процессов (последовательность и место введения в массу химических ингредиентов).

Исследование электрокинетического потенциала, катионной потребности, мутности и концентрации крахмала в подсеточной воде фракций волокна и бумажной массы. Для проведения исследований использовались композиции массы из КВФ и ДВФ, приведенные в табл. 3. На их основе составлены варианты подачи катионного клея и

крахмала для установления эффективности их влияния на композиции. Эти варианты представлены в табл. 4, которая содержит также весь перечень показателей для оценки результатов взаимодействия массы с химикатами.

Таблица 4. Варианты композиций и подачи в них клея и крахмала

№ п/п	Композиции	Изучаемые параметры
0.	ДВФ + КВФ, без крахмала и АКД	$\zeta$ -потенциал, мВ; Катионная потребность, мг-экв/л; Мутность, FNU;
1.	(ДВФ + КВФ) + крахмал + АКД	Концентрация крахмала в подсеточной воде, мг/л;
2.	(ДВФ + крахмал + АКД) + КВФ	Удельное сопротивление разрыву, кН/м; Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа;
3.	ДВФ + (КВФ + крахмал + АКД)	Разрушающее усилие при сжатии кольца, Н;
4.	(ДВФ + АКД) + (КВФ + крахмал)	Сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца, Н
5.	(ДВФ + крахмал) + (КВФ+АКД)	Сопротивление торцевому сжатию гофрированного образца, Н

В экспериментах использовали катионный клей «Гидрорес-464 VP» и катионный крахмал «C\*Bond HR 35846». Расход химикатов во всех опытах было одним и тем же: клей – 4,5 кг/т, крахмал – 8 кг/т.

Результаты экспериментов представлены в табл. 5, которые подтверждают активное взаимодействие электроотрицательных композиций массы с катионным крахмалом и kleem. Во всех вариантах исследованных композиций произошло изменение начальных характеристик и установлены закономерности, которые расширяют представления о протекающих процессах и на научной основе позволяют прогнозировать бумагообразующие свойства композиций бумажной массы, а, следовательно, и качество тест-лайнера.

Таким образом, можно отметить следующее:

1. Бумажная масса, подготовленная из КВФ и ДВФ волокна с применением раздельной обработки фракций катионным крахмалом и kleem, обладает лучшими параметрами свойств для производства тест-лайнера.

2. Наилучшие характеристики ( $\zeta$ - потенциал, катионную потребность, мутность и концентрацию крахмала) имеет бумажная масса, подготовленная по 2 варианту – ДВФ+(КВФ+крахмал +kleem) и 5 варианту – (ДВФ+крахмал) + (КВФ+kleem).

Исследование физико-механических показателей и впитываемости композиций. Обоснованность оценки разработанных композиций бумажной массы, как композиций с высоким потенциалом бумагообразующих свойств, подтверждается их лучшими ха-

рактеристиками по длине волокна, водоотдаче, и коллоидно-химическими свойствам, в сравнении с нефракционированной массой и массой с действующего потока.

Таблица 5. Экспериментальные данные изменения показателей при взаимодействии композиций массы с катионным крахмалом и kleem

Варианты	25°ШР				35°ШР			
	$\zeta$ , мВ	Кат. мг-экв./л	Мут-ность, FNU	$C_{kp}$ , мг/л	$\zeta$ , мВ	Кат. мг-экв./л	Мут-ность, FNU	$C_{kp}$ , мг/л
Соотношение КВФ:ДВФ, %, 20:80								
(КВФ+ДВФ) без химии	-15,6	-260	0,008	4,7	-15,1	-287	0,009	6,8
(КВФ+ДВФ)+ АКД+крахмал	6,5	-91	0,02	15,2	5,4	-100	0,022	15,6
(КВФ+АКД+ крахмал)+ДВФ	4,5	-46	0,014	11,1	3,7	-50	0,012	11,3
(ДВФ+АКД+ крахмал)+КВФ	5,6	-87	0,023	14,1	4,7	-114	0,042	15,3
(ДВФ+АКД)+ (КВФ+крахмал)	5,2	-53	0,019	14,8	4,1	-87	0,020	13,6
(ДВФ+крахмал) +(КВФ+АКД)	4,1	-28	0,010	8,7	3,3	-31	0,013	6,5
Соотношение КВФ:ДВФ, %, 40:60								
25°ШР				35°ШР				
(КВФ+ДВФ) без химии	-14	-290	0,010	5,2	-12,5	-300	0,015	7,4
(КВФ+ДВФ)+ АКД+крахмал	5,5	-89	0,029	15,0	5,3	-141	0,031	15,3
(КВФ+АКД+ крахмал)+ДВФ	3,9	-62	0,018	10,9	3,5	-74	0,017	10,5
(ДВФ+АКД+ крахмал)+КВФ	5,2	-72	0,018	12,7	4,8	-114	0,020	13,0
(ДВФ+АКД)+ (КВФ+крахмал)	5,0	-83	0,021	13,6	5,0	-88	0,025	12,2
(ДВФ+крахмал) +(КВФ+АКД)	4,1	-63	0,015	9,7	2,8	-65	0,013	14,7

Проанализировав физико-механические показатели образцов тест-лайнера из всех композиций и вариантов, по лучшим свойствам были выбраны:

а) (ДВФ+крахмал)+(КВФ+клей), при степени помола 25 и 35 °ШР, и соотношении фракций 20/80 ;

б) (ДВФ+крахмал)+(КВФ с мелочью + клей), при степени помола 25 °ШР, и соотношении фракций 20/80;

в) ДВФ+(КВФ+крахмал +клей), при степени помола 35 °ШР, и соотношении фракций 40/60.

Выбор подтверждается рис. 7.

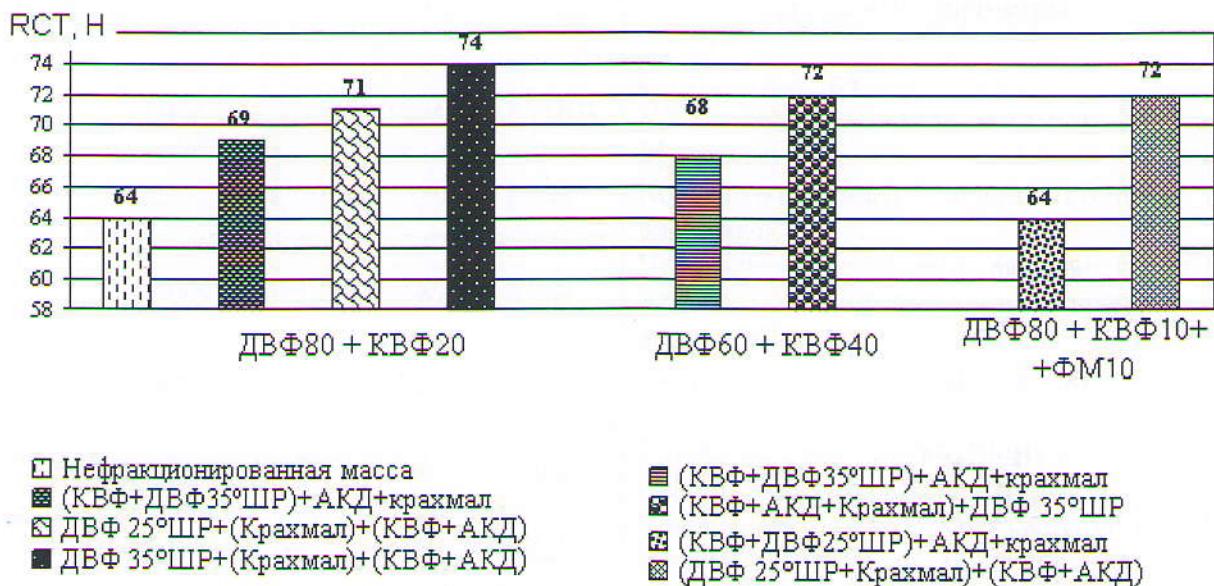


Рис. 7. Разрушающее усилие при сжатии кольца для композиций бумажной массы

Также проводили исследования показателя поверхностной впитываемости (рис. 8), которую определяли для наиболее эффективных вариантов бумажной массы двух периодов наблюдения (1 сутки и 13 суток), и степеней помола 25 и 35 °ШР. Для выбранных вариантов в первые сутки впитываемость оказалась в пределах 65...85 г/м<sup>2</sup>, а для вариантов сравнения – 116...70 г/м<sup>2</sup>.

Разработаны новые композиции бумажной массы для тест-лайнера, включающие процессы фракционирования и размола, раздельную обработку КВФ и ДВФ массы катионным крахмалом и катионным kleem по наиболее эффективным вариантам.

Используя разработанные композиции, получен тест-лайнер, имеющий более высокие физико-механические показатели по сравнению с образцами из нефракционированной массы. Сопротивление продавливанию возрастает на 14 %, сопротивление сжатию кольца на – 11 %. Вместе с тем, при сравнении с фракционированной массой, полученной в производственных условиях, наблюдаемый прирост сопротивления продавливанию составлял 5 %, сопротивления сжатию кольца – 7 %.

Данные композиции позволяют получать требуемую впитываемость при значительно меньшем периоде созревания проклейки (3 суток против 7-10 суток). Впиты-

ваемость тест-лайнера составляет 25-30 г/м<sup>2</sup> без ускоренного созревания, что достигает значений, требуемых ГОСТ 7220-79.

Подготовка бумажной массы, основанная на результатах исследований, позволяет увеличить степень использования волокна из макулатуры при высоком качестве тест-лайнера.

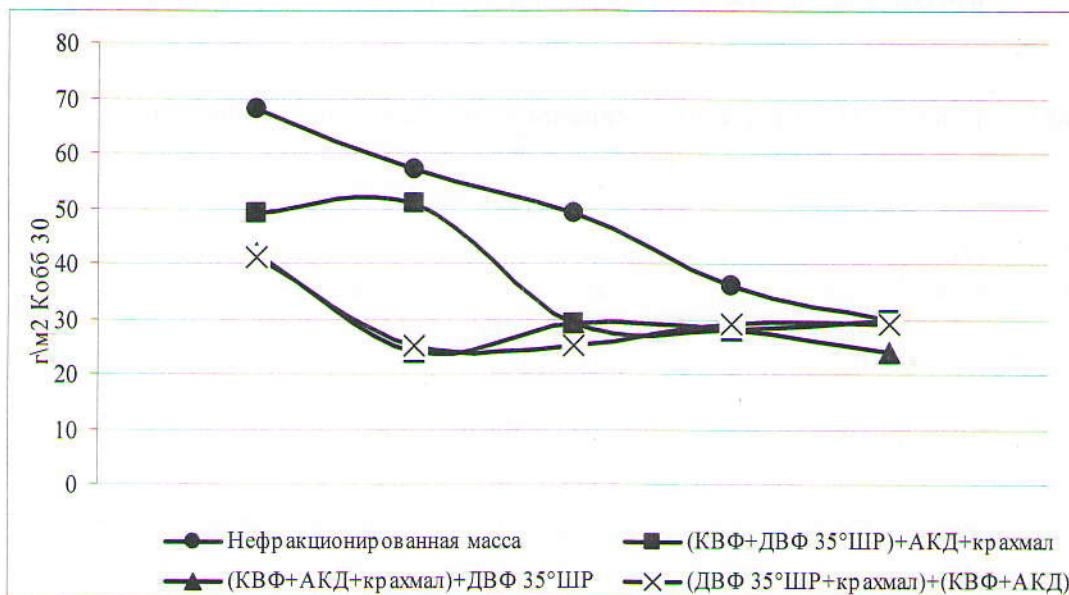


Рис. 8. Поверхностная впитываемость тест-лайнера за период созревания 13 суток

Исследование влияния вариантов композиций бумажной массы на качество подсеточной воды. Такие показатели, как катионная потребность, мутность и концентрация крахмала в подсеточной воде, напрямую связаны с качеством воды. Поэтому, посредством оценки указанных показателей, было изучено влияние разработанных композиций бумажной массы на качество подсеточной воды. Данные исследований приведены в табл. 6.

Таблица 6. Исследование влияния композиций массы на качество подсеточной воды в композициях 20:80 / 40:60

Вариант	Взвешенные вещества, мг/л	ХПК станд., мг/л
Размол ДВФ до 35 °ШР		
0. Без добавления крахмала и АКД	22,2/24,8	32,3/36,8
1. (КВФ + ДВФ 35°ШР)+ крахмал + АКД	10,8/12,5	24,1/25,0
2. (КВФ + крахмал + АКД)+ ДВФ 35°ШР	3,6/4,6	13,5/15,0
3. (ДВФ 35°ШР + крахмал + АКД)+КВФ	9,8/10,2	11,2/12,8
4. (ДВФ 35°ШР + АКД)+(КВФ + крахмал)	7,8/8,3	18,9/20,5
5. (ДВФ 35°ШР + крахмал)+(КВФ + АКД)	5,1/6,0	14,8/16,2

Экспериментальные данные по качеству подсеточной воды подтверждают высокую эффективность раздельного использования фракций волокна в сочетании с кати-

онным крахмалом и kleem в технологии тест-лайнера. Содержание взвешенных веществ и ХПК<sub>СТАНД</sub> меньше на 40 и 25 % соответственно. Объясняется такое влияние, повышенным удержанием мелкого волокна и неволокнистых компонентов массы (карионными продуктами – kleem и крахмалом).

**5. Опытно-промышленные исследования композиций бумажной массы в производстве тест-лайнера.** Основной результат работы – получение бумажной массы с высоким потенциалом бумагообразующих свойств нуждался в подтверждении достигнутых свойств в опытно-промышленных исследованиях. Исследования были проведены в ООО «Сухонский ЦБК». В производстве стремились к максимально возможному соблюдению условий лабораторных экспериментов.

Проводилась опытно-промышленная выработка тест-лайнера К-2, массой 125 г/м<sup>2</sup> (БДМ № 2). Для исследований взяты два лучших варианта приготовления бумажной массы: 2 вариант – (КВФ + крахмал + АКД) + ДВФ 35 °ШР; 5 вариант: (ДВФ 35 °ШР + крахмал) + (КВФ + АКД) (табл. 5.).

Исследования привели к следующим результатам:

1. В обоих вариантах технологии оказались улучшенные показатели тест-лайнера, также наблюдалось удержание и экономия мелкого волокна.

2. Композиции бумажной массы, полученные из фракций короткого и длинного волокна при раздельной дозировке в них катионного крахмала и катионного kleя, имеют высокий потенциал бумагообразующих свойств и это подтверждается заметным улучшением качества тест-лайнера.

3. Объективно подтверждается необходимость использования разработанных композиций в технологии тест-лайнера для повышения эффективности и рентабельности производства.

4. Исследования подтверждены актами опытно-промышленных выработок (приложение № 3 и № 4).

**6. Технологические решения для совершенствования производства тест-лайнера и повышения его качества.** В технологии используются следующие решения, учитывающие результаты диссертационной работы:

1. Разработанные композиции массы из сортов макулатуры МС-5Б (сорта 1, 1/2, 2 и 3), имеющие лучшие характеристики, в сравнении с неразделенной на сорта.

2. Усовершенствованная схема фракционирования массы на коротко- и длинноволокнистую фракции в соотношении 20:40 /80:60 .

3. Раздельная подготовка фракций с подачей в них катионного kleя и катионного крахмала перед составлением композиции бумажной массы по волокну:

а) длинноволокнистая фракция подвергается фибрillирующему размолу до 30-33 °ШР и в нее добавляется катионный крахмал;

б) коротковолокнистая фракция не размалывается, в нее подается катионный kleй;

4. Составление композиции бумажной массы по волокну, в которой выдерживается соотношение фракций 20-40 % КВФ и 80-60 % ДВФ.

## 5. Поддержание pH массы в напорном ящике 7,0- 8,5.

Общая технологическая схема подготовки массы для производства тест-лайнера, содержащая перечисленные решения, представлена на рис. 9.

**7. Технико-экономическая оценка использования результатов докторской работы в производстве.** Расчет экономической эффективности выполнен применительно к ООО «Сухонский ЦБК».

Экономическая эффективность технологии состоит из следующих статей:

- экономия волокна, за счет повышенного удержания мелкого волокна при отливке картона в мокрой части БДМ;
- экономия на очистке оборотной воды, за счет снижения взвешенных частиц; экономия крахмала и клея, за счет их меньшего расхода;
- повышение качества тест-лайнера.

Реальный экономический эффект от внедрения результатов докторской работы по этапу 2007-2008 гг. составил 17286,2 тыс. руб., а ожидаемый эффект от внедрения на этапе 2009 г. составит 25415,0 тыс. руб. Экономическая эффективность подтверждается актом внедрения (приложение № 5).

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ:

1. Установлена эффективность разделения макулатуры МС-5Б на сорта, использования катионных химических средств – клея и крахмала при производстве тест-лайнера, позволившие разработать композиции бумажной массы и выбрать химикаты для исследований и применения в совершенствованной технологии.

2. Показано влияние фракционирования массы из макулатуры на среднюю длину фракций короткого и длинного волокна, их степень помола и водоотдачу, результаты использованы в созданных композициях массы для производства тест-лайнера.

3. Показано, что фракционирование композиций массы на фракции короткого и длинного волокна следует выполнять в соотношении 20-40 % и 80-60 %, позволяющем использовать фракции раздельно с большей экономической эффективностью.

4. Установлено влияние размола на выход фракций короткого и длинного волокна, их свойства и качество композиций массы для тест-лайнера; размол повышает долю обеих фракций волокон с разработанной поверхностью, обеспечивающей прирост прочностных показателей картона.

5. Установлены закономерности изменения величины  $\zeta$ - потенциала, катионной потребности, мутности и концентрации крахмала в подсеточной воде при взаимодействии композиций массы с катионным kleem и катионным крахмалом.

6. Получены композиции массы из фракций короткого и длинного волокна, катионного димера алкилкетена и катионного крахмала, имеющие анионно-катионный баланс в пределах благоприятных для высокоеффективного использования волокна и химикатов в производстве тест-лайнера ( $\zeta$ - потенциал (-) (3...5) – (+) (3...5) мВ; катионная потребность 30...50 мВ).

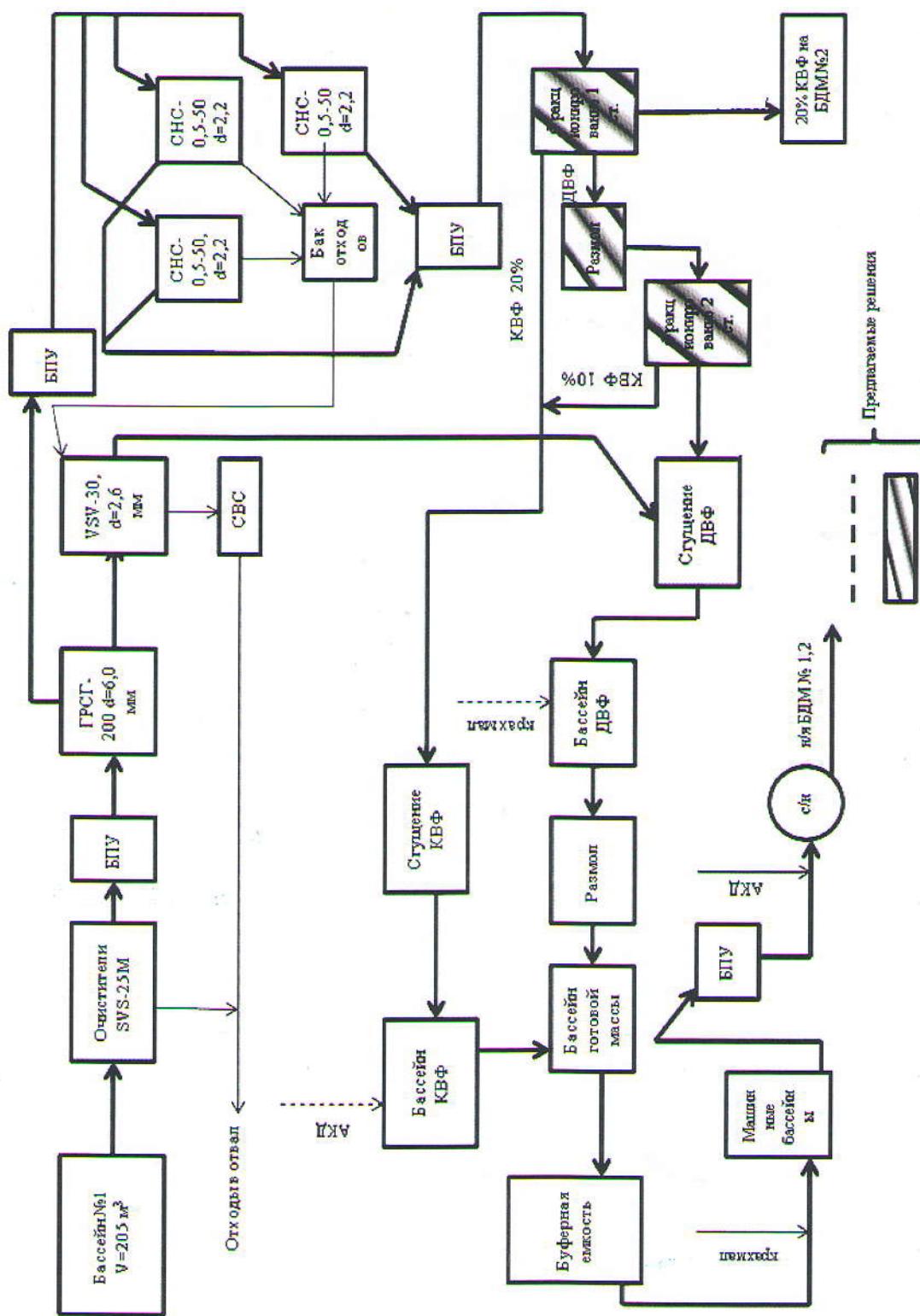


Рис. 9. Общая технологическая схема подготовки бумажной массы для производства тест-лайпера

7. Установлено распределение массовой доли золы, поступающей с макулатурой (примерно 2,8 %) в фракциях массы после первой ступени фракционирования: 1,0 % находится в фракции длинного волокна; 0,13 % в фракции короткого волокна; 1,7 % уходит с подсеточной водой.

8. Предложены технологические решения для совершенствования производства тест-лайнера, включающие улучшенное фракционирование макулатурного волокна, индивидуальную обработку фракций массы kleem на основе димера алкилкетена, катионного крахмала и составление композиций бумажной массы, которые имеют более высокий потенциал бумагообразующих свойств. Композиции массы – 20 % (КВФ + клей) + 80 % (ДВФ + крахмал), 40 % (КВФ + крахмал, клей) + 60 % ДВФ, (10 % КВФ +10 % ФМ + клей) + (80 % ДВФ + крахмал).

7. Реальный экономический эффект от внедрения результатов диссертации за 2007-2008 гг. составляет 17286,2 тыс. руб., а ожидаемый за 2008 г. – 25415,0 тыс. руб.

**Основное содержание диссертации изложено в следующих трудах:**

**В журналах рекомендованных ВАК Минобрнауки России:**

1. Дулькин Д.А. Влияние степени помола фракций вторичного волокна на прочностные свойства картона [Текст] / Дулькин Д.А., Блинова Л.А., Блинушова О.И.//Химия растительного сырья, 2007, № 1, -С. 85-89

2. Блинушова О.И. Развитие теории механизма проклейки тест-лайнера димерами алкилкетена [Текст]/ Блинушова О.И., Дулькин Д.А, Ковернинский И.Н. // Химия растительного сырья, 2008. -№1. –С.131-138

**Научные работы, опубликованные в трудах семинаров и конференций:**

3. Блинушова О.И. Концепция улучшения качества тест-лайнера химическими функциональными средствами [Текст] / Блинушова О.И.// Современные научные основы и инновационные технологии бумажно-картонных материалов с использованием вторичного волокна из макулатуры. Научн. тр. 7-й Международной науч.-технич. конф. Караваево, 2006. -С. 62.

4. Ковернинский, И.Н. Исследование динамики проклейки бумаги из вторичного волокна kleями на основе алкилдимеркетенов [Текст] / И.Н. Ковернинский, Д.А. Дулькин, О.И. Блинушова // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы 3 Всеросс. науч. конф. – Барнаул, 2007. – С. 94–98.

5. Дулькин, Д.А. Исследование эффективности крахмалов в технологии тарного картона из макулатуры [Текст] / Д.А. Дулькин, О.И. Блинушова // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы 3-й Всеросс. науч. конф. – Барнаул, 2007. – С. 116–119.

6. Блинушова О.И. Повышение эффективности применения kleя на основе димеров алкилкетена и катионного крахмала в технологии тест-лайнера [Текст] /Блинушова О.И., Дулькин Д.А./ Научные основы инновационных технологий бумаги и картона. Всеросс. научн.-техн. конф. Сб.науч.тр. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, -2008. –С.6-12.

7. Блинушова О.И. Эффективное использование фракций короткого и длинного волокна из макулатуры в технологии тарного картона [Текст]/Блинушова О.И. //Гофрокартон от сырья до печати. 2-я Междун. Научн.-практ. конф., Сб. тр. ГОУ ВПО ГТУРП, С.-Пб., 2008, - С. 27-30

8. Блинушова О.И. Сравнительный анализ эффективности проклейки макулатурной массы различными АКД [Текст] /Блинушова О.И. //Химия в ЦБП. Сб. тр. ГОУ ВПО ГТУРП, С.-Пб., 2008, - С. 22-29.
9. Блинушова О.И. Использование элементов нано технологии в управлении качеством бумаги [Текст] / О.И.Блинушова, Д.А.Дулькин, В.А.Спиридовон, Л.А.Блинова //Химия в ЦБП. Сб. тр. ГОУ ВПО ГТУРП, С.-Пб., 2008, - С. 41-54.
10. Блинушова О.И. Влияние взаимодействия фракций массы с клеем и крахмалом на качество тест-лайнера [Текст] / О.И.Блинушова, Д.А.Дулькин, И.Н.Ковернинский //Современные массоподготовительные системы бумажно-картонного производства. Сб. тр. ГОУ ВПО ГТУРП, С.-Пб., 2009, - С. 41-54.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными гербовой печатью и подписями просим направлять по адресу: 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, 17, АГТУ, диссертационный совет Д 212. 008. 02.

Подписано в печать 22 04. 2009. Формат 70×84/16.  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №

---

Отпечатано в типографии ГОУ ВПО «Архангельский  
государственный технический университет»

163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17