

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С. М. Кирова»

Кафедра целлюлозно-бумажного производства, лесохимии и промышленной экологии

# ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ И КАРТОНА

Учебно-методический комплекс по дисциплине  
для подготовки дипломированного специалиста по направлению  
240000 «Химическая и биотехнологии»  
специальности 240406 «Технология химической переработки древесины»  
всех форм обучения

*Самостоятельное учебное электронное издание*

СЫКТЫВКАР 2012

УДК 676.1  
ББК 35.77  
Т38

Рекомендован к изданию в электронном виде кафедрой целлюлозно-бумажного производства, лесохимии и промышленной экологии  
Сыктывкарского лесного института

Утвержден к изданию в электронном виде советом технологического факультета  
Сыктывкарского лесного института

**Составитель:**

старший преподаватель **Н. Ф. Пестова**

**Отв. редактор:**

доктор химических наук, профессор **В. А. Демин**

Т38 **Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона**  
[Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс по дисциплине для студ. спец. 240406 «Технология химической переработки древесины» всех форм обучения : самост. учеб. электрон. изд. / Сыкт. лесн. ин-т ; сост.: Н. Ф. Пестова. – Электрон. дан. – Сыктывкар : СЛИ, 2012. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. – Загл. с экрана.  
В издании помещены материалы для освоения дисциплины «Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона». Приведены рабочая программа курса, методические указания по различным видам работ, библиографический список.

УДК 676.1  
ББК 35.77

---

*Самостоятельное учебное электронное издание*

Составитель: **Пестова** Наталия Феликсовна

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ И КАРТОНА**

Электронный формат – pdf. Объем 1,4 уч.-изд. л.

Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ),  
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, [institut@sfi.komi.com](mailto:institut@sfi.komi.com), [www.sli.komi.com](http://www.sli.komi.com)

Редакционно-издательский отдел СЛИ

© СЛИ, 2012  
© Пестова Н. Ф., составление, 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ                                  | 4  |
| ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ         | 5  |
| СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ   | 6  |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ | 9  |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ            | 11 |
| СБОРНИК ОПИСАНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ                           | 16 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК                                      | 31 |

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ,  
БУМАГИ И КАРТОНА»

для подготовки дипломированного специалиста по направлению  
240000 «Химическая и биотехнологии»  
специальности 240406 «Технология химической переработки древесины»

Факультативная

| <b>Форма обучения</b>         | <b>Очная</b> |
|-------------------------------|--------------|
| <b>Всего часов</b>            | 122          |
| <b>Всего аудиторных часов</b> | 60           |
| <b>Лекции</b>                 | 30           |
| <b>Лабораторные</b>           | 30           |
| <b>Самостоятельная работа</b> | 62           |
| <b>Зачет</b>                  | 9 семестр    |

## **1. Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

### **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Процессы обработки и переработки бумаги имеют большую историческую давность. В мировой практике продукция обработки и переработки бумаги и картона составляет по тоннажу более половины, а по ассортименту – более 80 % от общего объема производства целлюлозно-бумажной продукции.

Бурное развитие техники, средств оргтехники и значительный рост промышленности, особенно таких важнейших отраслей, как химическая, авиационная, автомобильная, электромашиностроительная, радиотехническая и многие другие, сопровождается расширением области применения целлюлозно-бумажной продукции и увеличением спроса на все новые промышленно-технические виды бумаги и картона.

Целью преподавания дисциплины «Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона» является обеспечение теоретической подготовки и фундаментальной базы инженеров в области обработки и переработки целлюлозно-бумажной продукции, позволяющей ориентироваться в различных технологических процессах производства, а так же применять новейшие технологии и разработки в данной области.

### **1.2. Задачи изучения дисциплины**

В результате изучения курса студент должен иметь представление:

- ✓ О химических процессах, происходящих при производстве целлюлозы
- ✓ О процессах, происходящих при отбелке целлюлозы
- ✓ Об основных технологических процессах производства целлюлозы и бумаги
- ✓ Об основных веществах, используемых при переработке бумаги и картона
- ✓ О требованиях предъявляемых бумаге основе для производства специфических видов бумаги

Знать и уметь использовать:

- ✓ Основные технологии производства при производстве целлюлозы, бумаги и картона в зависимости от вида продукции
- ✓ Теоретические основы получения и переработки основных видов бумаги и картона
- ✓ Уметь менять параметры технологического процесса и технологические схемы в зависимости от вида вырабатываемой продукции
- ✓ Методы анализа сырья и готовой продукции на целлюлозно-бумажных предприятиях

Студент должен уметь:

- ✓ Квалифицированно применять теоретические знания при управлении технологическими процессами получения основных продуктов целлюлозно-бумажной промышленности
- ✓ Иметь представление о перспективах развития производства ЦБП и возможности получения продуктов народного хозяйства

### **1.3. Перечень дисциплин и тем, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины**

Для полноценного усвоения учебного материала по данной дисциплине студентам необходимо иметь прочные знания по «Химии древесины», «Технологии целлюлозы», «Технологии бумаги и картона», «Оборудование ЦБП».

### **1.4. Дополнение к нормам Государственного стандарта 2000 года**

Требования к обязательному минимуму обязательной образовательной программы по дисциплине «Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона»: основные цели, направления и методы обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона; облагораживание целлюлозы, способы облагораживания, схемы для отбеливания сульфитной и сульфатной целлюлозы для химической переработки; подготовка бумаги – основы для нанесения покрытий, рисунка, клея и т.д.; переработка бумаги различными методами (способом офсетной печати, высокой печати и т.д.); мелование бумаги, способы, рецептура составов, виды машин для нанесения меловальных составов; проклейка бумаги, виды, назначение, характеристика проклеивающих веществ; нанесение на бумагу и картон пленочных, полимерных покрытий различными способами; производство специальных видов бумаг (калька, гофрированный картон и т.д.).

## **2. Содержание дисциплины**

### **2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий**

#### **Введение**

Перспективы развития производства целлюлозы, бумаги и картона. Их значение для народного хозяйства. Классификация процессов обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона. Основные направления, цели и методы обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона.....2

#### **Технология переработки и обработки целлюлозы**

Облагораживание целлюлозы. Задачи облагораживания и свойства облагороженных целлюлоз. Область применения. Способы облагораживания целлюлозы. Исходный материал для облагораживания целлюлозы.....2

Горячее облагораживание. Влияние отдельных факторов на качество облагороженной целлюлозы. Холодное облагораживание. Влияние факторов на качество облагороженных целлюлоз. КЩО условия. Свойства облагороженной целлюлозы. Схемы отбеливания сульфитной и сульфатной целлюлозы для химической переработки. Получение нитроцеллюлозы, ацетатного и вискозного волокна.....2

#### **Подготовка целлюлозной массы и бумаги-основы для дальнейшей переработки**

Обезвоживание и сушка целлюлозы. Подготовка бумажного полотна к нанесению покрытий, рисунка, клея.....2

## **Классификация процессов обработки и переработки, бумаги и картона**

Классификация процессов обработки. Бумага-основа и ее свойства. Способы и устройства для нанесения печати. Переработка бумаги способом офсетной печати. Требования к бумаге для офсетной печати. Переработка бумаги способом высокой печати. Требования к бумаге для высокой печати.....2

Химические материалы и их свойства. Способы и устройства для приготовления растворов и дисперсий, клеящих, пропитывающих и покровных составов.....2

## **Способы и устройства для физико-механических методов обработки бумаги и картона**

Способы и устройства для каландрирования, лощения, их технические параметры. Способы и устройства для крепирования. Способы и устройства для тиснения. Производство санитарно-бытовых изделий. Получения многослойных материалов без склеивания.....2

## **Способы и устройства для обработки бумаги и картона физико-химическими методами**

Способы и устройства для нанесения покрытий из дисперсий и растворов. Технология производства копировальной бумаги.....2

Технология мелования бумаги и картона. Способы, типы меловальных машин. Мелование бумаги на БДМ. Характеристика меловальных устройств. Технология подготовки меловальных составов. Рецептура меловальных составов. Характеристика используемых веществ (связующих пигментов, дисперсий).....2

Нанесение на бумагу и картон пленочных, полимерных покрытий. Способы и устройства нанесения покрытий из расплавов. Полимеры, применяемые при обработке и переработке бумаги и картона. Основные принципы нанесения на бумагу полимерных покрытий. Процесс ламинирования. Нанесение покрытий на кашировальных машинах. Экструзионное нанесение покрытий на бумагу. Нанесение покрытий при помощи шаберов, валиков и переработки бумаги.....2

Способы и устройства для нанесения порошков и ворса. Технология производства бархатной бумаги. Производство металлизированной бумаги.....2

Способы и устройства для пропитки. Внутренняя и поверхностная проклейка. Общая характеристика химических веществ бумажно-картонного производства, используемых для проклейки. Общая характеристика основных проклеивающих материалов и клеев на их основе. Канифольные проклеивающие материалы. Общие представления о синтетических проклеивающих материалах.....4

## **Химическая переработка бумаги**

Бумага-основа для химической переработки. Вещества, используемые для химической переработки бумаги и картона. Производство специальных видов бумаг (производство пергамента, производство фибры, кальки).....4

## 2.2. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

### ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

|  |   |
|--|---|
| 1. Определение содержания $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - целлюлозы .....              | 6 |
| 2. Определение медного числа целлюлозы.....  | 6 |
| 3. Определение карбоксильных групп в целлюлозе фотоколориметрическим методом Веберу..... | 6 |
| 4. Получение натриевых солей серноокислых эфиров целлюлозы .....                         | 6 |
| 5. Определение механических свойств бумаги и картона (на выбор).....                     | 6 |

Лабораторные работы по дисциплине «Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона» проводятся в лаборатории целлюлозы 19-1.

## 2.3. Самостоятельная работа и контроль успеваемости

### Самостоятельная работа и контроль успеваемости для студентов очной формы обучения

| Вид самостоятельных работ   | Число часов | Вид контроля успеваемости |
|---|-------------|---------------------------|
| 1. Проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе | 15          | КР                        |
| 2. Подготовка к промежуточной аттестации                              | 24          | КР                        |
| 3. Подготовка к лабораторной работе                                   | 15          | ОЛР                       |
| 4. Подготовка к зачету  | 8           | Зачет                     |
| всего   | 62          |                           |

Текущая успеваемость студентов контролируется опросом по лабораторным работам, проверкой контрольных работ.

Итоговая успеваемость определяется на зачете.

## 2.4. Распределение часов по темам и видам занятий

### Распределение часов по темам и видам занятий для студентов очной формы обучения

| Наименование темы дисциплины  | Объем работы студента, ч. |              |             |                |       | Форма контроля успеваемости |
|---|---------------------------|--------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------|
|   | Лекции                    | Прак занятия | Лаб. работы | Самост. работа | всего |                             |
| Введение  | 2                         | -            | -           | 2              | 4     | КР                          |
| Технология переработки и обработки целлюлозы                            | 4                         | -            | 12          | 6              | 22    | КР, ОЛР                     |
| Подготовка целлюлозной массы и бумаги основы для дальнейшей переработки | 2                         | -            | 12          | 2              | 16    | КР, ОЛР                     |
| Классификация процессов обработки и переработки                         | 4                         | -            | -           | 8              | 12    | КР                          |

|   |    |   |    |    |     |         |
|---|----|---|----|----|-----|---------|
| целлюлозы, бумаги и картона   |    |   |    |    |     |         |
| Способы и устройства для физико-механических методов обработки бумаги и картона | 2  | - | 6  | 6  | 14  | КР      |
| Способы и устройства для обработки бумаги и картона физико-химическими методами | 14 | - | -  | 16 | 30  | КР, ОЛР |
| Химическая переработка бумаги   | 2  | - | -  | 12 | 16  | КР      |
| Подготовка к зачету   |    |   |    | 8  | 8   | Зачет   |
| всего   | 30 |   | 30 | 62 | 122 |         |

### 3. Методические указания по самостоятельному изучению дисциплины

#### 3.1. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке теоретического материала

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, самоконтроль знаний по данной теме с помощью нижеприведенных контрольных вопросов и заданий.

| Наименование темы   | Контрольные вопросы и задания  |
|---|--|
| <b>Введение</b>   | 1. Чем отличается переработка бумаги и картона от облагораживания бумаги и картона. 2. Какие свойства может приобретать бумага и картон после облагораживания. 3. Области применения целлюлозы, бумаги и картона после облагораживания.  |
| <b>Тема 1.</b><br>Технология переработки и обработки целлюлозы                                | 1. В чем заключается облагораживание целлюлозы. 2. Какими свойствами должна обладать целлюлоза после облагораживания для химической переработки и производства бумаги. 3. Какие виды облагораживания существуют. 4. Разновидности облагораживания. 5. Технологические схемы отбелки с использованием ступени облагораживания. 6. Оборудование, используемое для облагораживания целлюлозы. |
| <b>Тема 2.</b><br>Подготовка целлюлозной массы и бумаги-основы для дальнейшей переработки     | 1. Варки, используемые для получения целлюлозы для облагораживания. 2. В чем заключается сортирование, очистка и сушка целлюлозы. 3. Для чего необходим раскат для бумаги.   |
| <b>Тема 3.</b><br>Классификация процессов обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона | 1. В чем заключается физико-химический способ, физико-химический, химический способ переработки бумаги и картона. 2. Какие требования предъявляются к бумаге-основе для ее переработки. 4. Какие способы печати существуют. 5. Отличие пигментов от наполнителей, применяемых при переработке бумаги и картона. 6. Классификация химических веществ, применяемых при                       |

|   |  |
|---|--|
|   | переработке бумаги и картона 7. Оборудование, используемое для приготовления покровных и пропитывающих составов.   |
| <b>Тема 4.</b><br>Способы и устройства для физико-механических методов обработки бумаги и картона | 1. За счет чего повышается гладкость и лоск бумажного полотна. 2. Какие виды каландров существуют. 3. Какие свойства приобретает бумага при крепировании. 4. Какие устройства используют для крепирования. 5. Какие виды тиснения существуют. 6. Технология производства гофрокартона.   |
| <b>Тема 5.</b><br>Способы и устройства для обработки бумаги и картона физико-химическими методами | 1. Каким способом наносятся растворы и дисперсии. 2. Какие виды шаберов существуют. 3. В чем заключается кашировальный и экструзионный способ нанесения пленок на бумагу основу. 4. Какие виды копировальной бумаги существуют. 5. Каким способом наносится ворс на бумагу основу в производстве бархатной бумаги. 6. Рецепттура меловальных паст. 7. Классификация обоев. 8. Какое назначение имеют валы в валиковых системах. 9. Какие способы существуют для улучшения пропитки бумаги-основы |
| <b>Тема 6.</b><br>Химическая переработка бумаги   | 1. Требования, предъявляемые бумаге-основе для химической переработки. 2. Что означает процесс пергаментации. 3. Какие химические реагенты используют для получения пергамента и фибры. 4. Технология производства пергаментной бумаги. 5. Технология производства листовой фибры. 6. Где используется пергамент и фибра.  |

### 3.2. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке к лабораторным работам

Согласно учебному плану по специальности на проведение лабораторных работ отводится 30 часов (очная форма обучения).

Самостоятельная работа студентов по подготовке к лабораторным работам, оформлению отчетов и защите лабораторных работ включает проработку и анализ теоретического материала, описание проделанной экспериментальной работы с приложением графиков, таблиц, расчетов, а также самоконтроль знаний по теме лабораторной работы с помощью следующих контрольных вопросов и заданий.

| Наименование темы   | Контрольные вопросы и задания   |
|---|---|
| <b>Лабораторная работа № 1</b><br>Определение содержания $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - целлюлозы. | 1. Определение $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -целлюлозы 2. В чем заключается метод определения $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -целлюлозы. 3. Как ведут себя $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -целлюлозы в 17,5%-ном растворе гидроксида натрия. 4. Где используется целлюлоза с повышенным содержанием $\alpha$ -целлюлозы. |
| <b>Лабораторная работа №2</b><br>Определение медного числа целлюлозы.                                 | 1. Что такое медное число целлюлозы? 2. С какой целью используется данный метод? 3. Сущность определения медного числа целлюлозы. 4. Что такое реактив Фелинга?   |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Лабораторная работа № 3</b><br/> Определение карбоксильных групп в целлюлозе фотокolorиметрическим методом по Веберу.</p>   | <p>1. Сколько видов карбоксильных групп в целлюлозе?<br/> 2. На чем основаны методы определения карбоксильных групп? 3. На чем основан метод определения СООН-групп по Веберу? 4. Каковы основные операции методики определения СООН-групп по Веберу?</p>   |
| <p><b>Лабораторная работа № 4</b><br/> Получение натриевых солей сернокислых эфиров целлюлозы.</p>  | <p>1. Что такое сернокислые эфиры целлюлозы, каковы области их применения? 2. Как получают сульфат целлюлозы? 3. Каковы особенности прямой этерификации целлюлозы серной кислотой?</p>  |
| <p><b>Лабораторная работа № 5</b><br/> Определение механических свойств бумаги и картона (на выбор).<br/> Определение механических свойств бумаги и картона на разрыв.</p> <p>Определение механических свойств бумаги и картона на излом.</p> | <p>1. Объясните значение понятий разрывное усилие, разрывная масса, удлинение при разрыве, разрывная длина, сопротивление разрыву при растяжении? 2. Рассчитайте эти значения с помощью соответствующих формул. 3. В чем измеряют разрушающее усилие? 4. В чем измеряют предел прочности при растяжении? 5. Отличаются ли механические показатели прочности бумаги с одинаковой композицией, но различной массой 1 м<sup>2</sup>. 6. Дайте характеристику условиям испытания при определении прочности на разрыв.</p> <p>1. Что следует понимать под сопротивлением излому?<br/> 2. Для каких видов бумаги показатель прочности на излом должен быть наибольшим? 3. Зависимость показателя механической прочности на излом от поперечного и продольного направления бумаги? 4. Назовите условия испытания для определения сопротивления излому?</p> |

## 4. Методические указания по контролю знаний студентов

### 4.1. Текущие контрольные мероприятия

Текущий контроль знаний студентов необходим для проверки усвоения знаний, полученных на лекционных, лабораторных занятиях, а также в ходе самостоятельного изучения дисциплины. Текущий контроль осуществляется в виде контрольной работы, либо теста.

Контрольная работа носит описательный характер, задание выбирается по последней цифре зачетной книжки.

Контрольная работа должна содержать:

- Введение
- Характеристику выпускаемой продукции или химических веществ используемых при переработке целлюлозы, бумаги и картона.
- Характеристику целлюлозы или бумаги-основы, используемые для переработки.
- Описание химизма процесса данного производства
- Описание общей технологической схемы
- Краткое описание принципа работы основного оборудования.
- Чертеж технологической схемы производства

## **Примерная тематика контрольных работ.**

### Вариант 1

1. Способы переработки бумаги и картона.
2. Способы нанесения порошков и ворса. Производство бархатной бумаги.

### Вариант 2

1. Назначение процесса облагораживания, технология облагораживания целлюлозы, применение облагороженной целлюлозы.
2. Производство гуммированной бумаги.

### Вариант 3

1. Способы печати. Переработка бумаги способом глубокой печати. Производство обоев.
2. Производство фибры.

### Вариант 4

1. Свойства бумаги-основы для физико-механической, физико-химической, химической переработки.
2. Производство копировальной бумаги.

### Вариант 5

1. Химические материалы, используемые для переработки бумаги-основы.
2. Способы и устройства для каландрирования, лощения, крепирования, тиснения.

### Вариант 6

1. Нанесение покрытий из растворов, дисперсий. Способы и устройство оборудования.
2. Технология производства адгезионной бумаги, применение.

### Вариант 7

1. Производство мелованной бумаги.
2. Нанесение покрытий из расплавов. Способы и устройство оборудования.

### Вариант 8

1. Вспомогательные вещества, используемые в композиции покровных составов.
2. Поверхностная и внутренняя пропитка бумаги-основы.

### Вариант 9

1. Физико-механические способы переработки бумаги.
2. Производство пергаментной бумаги.

### Вариант 10

1. Производство фильтровальной бумаги.
2. Способы и устройства для нанесения полимерных пленок.

## **Варианты тестов для текущего контроля.**

### **Тест 1**

1. К каким методам переработки бумаги и картона относится тиснение бумаги?
  - физико-механическим
  - химическим
  - физико-химическим

2. Чем обрабатывают целлюлозу при облагораживании?
- 94 % серной кислотой
  - 18 % соляной кислотой
  - 17,5 % щелочью

3. Устройство Beel Blade относится:
- к шаберным устройствам
  - к валиковым устройствам
  - к фильерным устройствам

4. Наполнитель в покровном составе играет роль:
- основного компонента
  - вспомогательного компонента
  - технологической добавки

5. К какому способу относится офсетный способ печати?
- глубокому
  - плоскому
  - литографскому

6. Битумы наносятся на бумажное полотно в виде:
- дисперсий
  - расплава
  - водного раствора

7. Копировальная бумага должна обеспечивать получение:
- не менее 8 одновременных оттисков и не менее 15 последовательных оттисков
  - не менее 4 одновременных оттисков и не менее 10 последовательных оттисков
  - не менее 15 одновременных оттисков и не менее 8 последовательных оттисков

8. Облагораживание целлюлозы может быть:
- холодным
  - горячим
  - холодным и горячим

9. Тиснение – это:
- получение на бумажном полотне поперечных складок
  - повышение гладкости бумаги на суперкаландрах
  - получение выбитого рисунка на поверхности бумаги

10. Пергамент представляет собой:
- уплотненный, эластичный, жиростойкий, влагопрочный, воздухо непроницаемый, непылимый материал
  - уплотненный, жесткий, жиростойкий, влагопрочный, воздухо непроницаемый, непылимый материал
  - уплотненный, эластичный, жиростойкий, влагопрочный, воздухопроницаемый материал

## Тест 2

1. Где установлено крепирующее устройство на БДМ:
  - на Янке - цилиндре
  - на накате
  - на сеточном столе
  
2. Основное назначение пигментов:
  - повышение лоска и прочности
  - повышение белизны бумаги
  - улучшение оптических и печатных свойств
  
3. Кашировальная машина предназначена для нанесения:
  - водных дисперсий
  - меловальных паст
  - полимерных покрытий
  
4. При получении пергаментной бумаги, бумагу - основу обрабатывают:
  - серной кислотой
  - смесью кислот
  - щелочью
  
5. При приготовлении покровных составов каолин является:
  - наполнителем
  - пигментом
  - наполнителем и пигментом
  
6. Клеильный пресс является:
  - одновальной системой
  - двухвальной системой
  - многовальной системой
  
7. Устройство Массей относится:
  - к валиковым устройствам
  - к шаберным устройствам
  - к фильерным устройствам
  
8. К гуммированной относится бумага:
  - с односторонним клеевым покровным слоем, способным при смачивании водой или при нагревании приклеиваться к другим предметам
  - с двухсторонним нанесением покровного состава, который придает бумаге высокие водоотталкивающие свойства
  - с двухсторонним покрытием меловальной пастой, для повышения печатных свойств.
  
9. При проверке качества копировальной бумаги принято использовать бумагу писчую массой 1 м<sup>2</sup> равной:
  - 70 г
  - 90 г
  - 20 г
  
10. Каширование это процесс:

- формования пленки из расплава полимера между двумя обогреваемыми валами с последующей припрессовкой полученной пленки к бумаге
- который объединяет образование пленки из расплава и ее склеивание с бумагой
- формования пленки из расплава полимера между двумя обогреваемыми валами с последующим ее охлаждением и припрессовкой полученной пленки к бумаге

## **4.2. Рубежные контрольные мероприятия**

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Способы переработки бумаги и картона.
2. Назначение процесса облагораживания, применение.
3. Горячее облагораживание целлюлозы.
4. Холодное облагораживание целлюлозы.
5. Кислородно-щелочной метод облагораживания целлюлозы.
6. Получение ацетатного волокна.
7. Получение вискозного волокна.
8. Способы сушки целлюлозы, их характеристика.
9. Способы печати. Переработка бумаги способом глубокой печати.
10. Способы печати. Переработка бумаги способом высокой печати.
11. Методы переработки бумаги и картона.
12. Свойства бумаги-основы для физико-механической, физико-химической, химической переработки.
13. Химические материалы, используемые для переработки бумаги-основы. Характеристика, свойства.
14. Пигменты и наполнители, применяемые для переработки бумаги.
15. Связующие, клеящие и пленкообразующие вещества.
16. Вспомогательные вещества для покровных и пропиточных составов.
17. Способы и устройства для каландрирования. Назначение.
18. Способы и устройства для крепирования.
19. Способы и устройства для тиснения. Получение обоев.
20. Нанесение покрытий из расплавов.
21. Физико-механические способы переработки бумаги-основы.
22. Физико-химические методы переработки бумаги-основы.
23. Химические методы переработки бумаги-основы.
24. Нанесение покрытий из порошков и ворса. Способы и устройство оборудования.
25. Нанесение покрытий из расплавов. Способы и устройство оборудования.
26. Получение вошеной бумаги.
27. Переработка бумаги способом офсетной печати.
28. Производство кальки, пергамента и битумированной бумаги и картона.
29. Поверхностная и внутренняя пропитка бумаги-основы. Производство парафинированной бумаги.
30. Технология мелования бумаги и картона.
31. Технология производства бархатной бумаги.
32. Технология производства гуммированной бумаги.
33. Технология производства пергамента и фибры.
34. Технология производства гофрированного картона.
35. Производство бумажных мешков.

## 5. СБОРНИК ОПИСАНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.....   | 17 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 Определение содержания $\alpha$ - , $\beta$ - , $\gamma$ -<br>целлюлозы.....   | 17 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 Определение медногочисла целлюлозы.....  | 29 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 Определение карбоксильных групп в<br>целлюлозе фотоколориметрическим методом по Веберу.....  | 20 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 Получение натриевых солей серноокислых<br>эфиров целлюлозы.....  | 22 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 Определение механических свойств бумаги и<br>картона (на выбор). Определение механических свойств бумаги и картона на<br>разрыв. Определение механических свойств бумаги и картона на излом..... | 24 |

## Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.

Процессы обработки и переработки бумаги имеют большую историческую давность. В мировой практике продукция обработки и переработки бумаги и картона составляет по тоннажу более половины, а по ассортименту – более 80 % от общего объема производства целлюлозно-бумажной продукции.

Бурное развитие техники, средств оргтехники и значительный рост промышленности, особенно таких важнейших отраслей, как химическая, авиационная, автомобильная, электромашиностроительная, радиотехническая и многие другие, сопровождается расширением области применения целлюлозно-бумажной продукции и увеличением спроса на все новые промышленно-технические виды бумаги и картона.

Целью преподавания дисциплины «Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона» является обеспечение теоретической подготовки и фундаментальной базы инженеров в области обработки и переработки целлюлозно-бумажной продукции, позволяющей ориентироваться в различных технологических процессах производства, а так же применять новейшие технологии и разработки в данной области.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Определение содержания $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - целлюлозы.

**Цель работы:** получить представление о методах анализа целлюлозы и ее устойчивости к растворяющему действию щелочей.

**Задачи работы:** изучить методику определения содержания  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - целлюлозы.

**Задание:** приготовить необходимые растворы, провести обработку целлюлозы щелочью в соответствии с методикой, отфильтровать волокно, провести окисление фильтрата, выполнить титрование содержимого колбы, рассчитать массовую долю растворимых в щелочи веществ.

**Требования к отчету:** итоги работы представить в виде краткой характеристики хода определения и необходимых расчетов.

#### Обеспечивающие средства:

Оборудование и посуда

1. Ступка.
2. Мерная колба (1000 см<sup>3</sup>).
3. Мерный цилиндр (100 см<sup>3</sup>).
4. Пипетка (10, 20 см<sup>3</sup>).
5. Сушильный шкаф.
6. Механическая мешалка.
7. Стекланный фильтр.
8. Колба Бунзена.
9. Бюретка.

#### Реактивы:

1. Сульфатная целлюлоза.
2. Гидроксид натрия – 5-6 %, 8-9 % и 17,5 %-е растворы.
3. Дистиллированная вода.
4. Уксусная кислота, конц.
5. Раствор  $K_2Cr_2O_7$  0,4 моль/дм<sup>3</sup>.
6. Серная кислота концентрированная (плотность 1,835 г/см<sup>3</sup>).
7. Соль Мора (160 г соли на 1 л воды).

При обработке древесной или хлопковой целлюлозы 17,5 % раствором едкого натра большая часть целлюлозы остается в нерастворенном виде, а часть нестойких соединений, представляющих собой продукты распада целлюлозы (гидро- и оксигидроцеллюлоза, декстрины), а также пентозаны переходят в раствор. Нерастворимая часть целлюлозы называется  $\alpha$ -целлюлозой и является самой ценной составной частью целлюлозы. Естественно, определение  $\alpha$ -целлюлозы чрезвычайно важно при оценке качества целлюлозы.

Продукты, перешедшие в раствор, носят название  $\beta$ - и  $\gamma$ -целлюлозы.  $\beta$ -целлюлоза выпадает в осадок при подкислении раствора уксусной кислотой,  $\gamma$ -целлюлоза остается в кислом растворе.

Химический состав  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -целлюлозы не постоянен и зависит от состава исходной целлюлозы и метода ее получения.

### Определение $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -целлюлозы по методу Бубека

*Принцип определения* основан на нерастворимости неизменной целлюлозы ( $\alpha$ -) в 17,5 %-ном растворе NaOH и растворимости в нем гемицеллюлоз ( $\beta$ - и  $\gamma$ -).

*Технология выполнения работы.*

Навеску массой 3 г воздушно-сухой целлюлозы, измельченной вручную, растирают в небольшой ступке с 20 см<sup>3</sup> 17,5 %-го раствора химически чистого NaOH при температуре  $18,0 \pm 0,2$  °С и оставляют стоять на 30 минут. Затем прибавляют 80 см<sup>3</sup> 5-6 %-го раствора NaOH, тщательно перемешивают и отфильтровывают волокно при медленном отсасывании через стеклянный фильтр до исчезновения капель на кончике фильтра.  $\alpha$ -Целлюлозу промывают сначала 50 см<sup>3</sup> 8-9 %-го раствора NaOH, а затем водой для удаления щелочи. Остаток подкисляют разбавленной уксусной кислотой. Окончательно промытую водой  $\alpha$ -целлюлозу сушат при 105<sup>0</sup> до постоянного веса.

$\beta$ -целлюлоза осаждается из раствора при подкислении его уксусной кислотой (удобнее концентрированной). Осадок выпадает не сразу, а при продолжительном отстаивании. Его отфильтровывают, промывают и сушат обычным способом.

Количество  $\gamma$ -целлюлозы (в %) можно вычислить по разности

$$\% \gamma\text{-целлюлозы} = 100 - (a + b),$$

где  $a$  и  $b$  – количество  $\alpha$ - и  $\beta$ -целлюлозы в процентах.  $\gamma$ -Целлюлоза может быть определена также весовым путем после осаждения сернокислым аммонием из щелочного раствора. Метод Бубека дает надежные результаты (максимальные расхождения между отдельными опытами 1,2 – 1,3 %), но связан с длительной промывкой и сушкой.

### Определение суммы $\beta$ - и $\gamma$ -целлюлозы объемным методом (окислением)

*Принцип определения.* При действии сильных окислителей  $\beta$ - и  $\gamma$ -целлюлозы, так же как и целлюлоза вообще, окисляются до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. При действии двуххромовокислого натрия в присутствии серной кислоты реакция окисления протекает по следующему уравнению:



*Технология выполнения работы.*

Щелочной фильтрат (после отделения  $\alpha$ -целлюлозы) и первые промывные воды собирают в мерную колбу на 1000 см<sup>3</sup> и разбавляют водой до метки. 100 см<sup>3</sup> такого раствора кипятят 4 минуты в конической колбе с избытком двуххромовокислого калия (15 см<sup>3</sup> 1 н раствора) в присутствии серной кислоты (10 см<sup>3</sup> концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). При охлаждении раствора избыток K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> определяют с помощью раствора соли Мора. При этом железо переходит в окисное:



Расчет производится на основании следующего. Так как при окислении на 6 молей  $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  расходуется 1 моль  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (отдающий при окислении 3 атома кислорода), то  $50 \text{ см}^3$  соли Мора (при содержании 160 г соли на 1 л воды) соответствует 1 г  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  или 0,1375 г гемицеллюлоз.

Метод объемного определения  $\beta$ - и  $\gamma$ -целлюлозы удобнее весового тем, что позволяет произвести определение гораздо быстрее.

### Контрольные вопросы

1. Что такое степень набухания целлюлозы?
2. Что такое  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -целлюлоза?
3. Какие факторы влияют на степень набухания и растворимость целлюлозы в щелочах?
4. В чем состоит сущность метода определения  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - целлюлозы по методу Бубека?
5. В чем состоит сущность метода суммы  $\beta$  - и  $\gamma$ - целлюлозы объемным методом (окислением)?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Определение медного числа целлюлозы

**Цель работы:** получить представление о редуцирующей способности альдегидных групп, содержащихся в целлюлозе.

**Задачи работы:** овладеть методикой определения редуцирующей способности альдегидных групп по медному числу.

**Задание:** приготовить реактив Фелинга; в соответствии с методикой выполнить определение и расчет медного числа целлюлозы.

**Требования к отчету:** итоги работы представить в виде краткой характеристики хода определения и необходимых расчетов

#### Обеспечивающие средства:

Оборудование и посуда

1. Колбы конические (50, 250  $\text{см}^3$ ).
2. Бюретки 25  $\text{см}^3$ .
3. Холодильник обратный.
4. Фильтр Шота (ПОР 100).
5. Воронка Бюхнера.
6. Колба Бунзена.
7. Стаканы (250  $\text{см}^3$ ).
8. Стеклянная палочка.
9. Водоструйный насос.

Реактивы

1. Воздушно-сухая целлюлоза.
2. Медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .
3. Сегнетова соль  $\text{KOO}(\text{CHOH})_2\text{COONa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .
4. Гидроксид натрия.
5. Сульфат железа (III)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .
6. Серная кислота конц. ( $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ ) и 60 %-я.
7. Фенолфталеин.
8. Тиоцианат аммония  $\text{NH}_4\text{SCN}$ .
9. Перманганат калия 0,04 М.

### Технология выполнения работы

Готовят два раствора: А – 62,5 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в 1 дм<sup>3</sup> воды; Б – 346 г сегнетовой соли и 150 г  $\text{NaOH}$  в 1 дм<sup>3</sup> воды. Для растворения осадка меди (I) готовят раствор В<sub>1</sub> – 50 г  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  и 200 г конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 1 дм<sup>3</sup> воды или раствор В<sub>2</sub> – 100 г  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  и 140 г конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 1 дм<sup>3</sup> воды.

Навеску массой около 1 г воздушно-сухой целлюлозы помещают в коническую колбу (250 см<sup>3</sup>), приливают 20 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и нагревают до кипения. Одновременно в две конические колбы (50 см<sup>3</sup>) из бюреток наливают по 20 см<sup>3</sup> соответственно растворов А и Б. Растворы нагревают до кипения и сливают вместе в одну из колб. Образовавшийся раствор темно-синего цвета осторожно вливают в колбу с навеской, закрывают пробкой с воздушным холодильником и ставят колбу на горячую плитку. С момента закипания (появления первого пузырька) содержимое кипятят точно 3 мин. Во время кипячения необходимо следить, чтобы не было выбросов из колбы в холодильник. После этого снимают колбу с плитки, быстро обмывают пробку воздушного холодильника 50 мл дистиллированной воды, сливают эту воду в колбу и охлаждают ее под проточной водой. Содержимое колбы после охлаждения фильтруют через стеклянный фильтр под вакуумом. Целлюлозу с осадком  $\text{Cu}_2\text{O}$  промывают горячей водой до нейтральной реакции по фенолфталеину (индикатор при нанесении на целлюлозу не должен давать розового окрашивания). При фильтровании необходимо следить, чтобы целлюлоза с осадком  $\text{Cu}_2\text{O}$  во избежание окисления последним кислородом воздуха находилась под водой. Затем пористый стеклянный фильтр с промытой целлюлозой и с осадком, покрытыми водой, переносят на другую чистую отсосную колбу. Отсасывают воду, быстро отключают вакуум, приливают 15 см<sup>3</sup> раствора В<sub>1</sub> или В<sub>2</sub> и помешивают стеклянной палочкой. После этого отсасывают жидкость, отключают вакуум и повторно приливают 15 см<sup>3</sup> раствора В<sub>1</sub> или В<sub>2</sub>, перемешивают его с осадком и снова отсасывают. Целлюлозу на фильтре промывают в два приема по 30 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты концентрацией 4 моль/дм<sup>3</sup>, затем 150 см<sup>3</sup> дистиллированной воды до отрицательной реакции на железо (проба тиоцианатом аммония  $\text{NH}_4\text{SCN}$  не должна давать красного окрашивания).

Фильтрат непосредственно в колбе Бунзена титруют раствором перманганата калия, концентрацией 0,04 моль/дм<sup>3</sup> до первой устойчивой розовой окраски раствора (сохраняется при встряхивании 1 мин). Медное число, г на 100 г абсолютно сухой целлюлозы, рассчитывают по формуле

$$Cu = \frac{v \cdot 0,00254}{g} \cdot 100,$$

где  $v$  – объем раствора перманганата калия концентрацией 0,04 моль/дм<sup>3</sup>, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>; 0,00254 – масса меди, соответствующая 1 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия концентрацией 0,04 моль/дм<sup>3</sup>, г;  $g$  – масса абсолютно-сухой целлюлозы, г.

Расхождение между результатами двух параллельных опытов 0,03 г при уровне показателя медного числа до 1,0 г; 0,2 г – свыше 1,0 г.

### Контрольные вопросы

2. Что такое медное число целлюлозы?
3. С какой целью используется данный метод?
4. Сущность определения медного числа целлюлозы.
5. Что такое реактив Фелинга?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Определение карбоксильных групп в целлюлозе фотоколориметрическим методом по Веберу

**Цель работы:** получить представление об определении содержания карбоксильных групп в целлюлозе.

**Задачи работы:** освоить методику и выполнить фотоколориметрическое определение количества красителя метиленового голубого, связанного СООН-группами.

**Задание:** приготовить раствор метиленового голубого (МГ) и других необходимых растворов, построить градуировочные графики по эталонным растворам МГ, выполнить анализ сделать соответствующие расчеты, согласно методике.

**Требования к отчету:** итоги работы представить в виде краткой характеристики хода определения и необходимых расчетов.

**Обеспечивающие средства:**

Оборудование и посуда

1. Колба мерная (50, 100, 200, 250, 500, 1000 см<sup>3</sup>).
2. Пипетка (2 см<sup>3</sup>).
3. Фильтр Шотта (ПОР 100).
4. Колба Бунзена.
5. Кювета (10 см<sup>3</sup>).
6. Бюкс.
7. Фотоэлектроколориметр (оранжевый фильтр) или спектрофотометр КФК-3.
8. Сушильный шкаф.
9. Водоструйный насос.
10. Механическая мешалка.

Реактивы

1. Воздушно-сухая целлюлоза.
2. Метиленовый голубой 0,0005 М.
3. Раствор соляной кислоты 0,01 М.
4. Раствор соляной кислоты в этаноле 0,2 М.

**Технология выполнения работы**

Навеску воздушно-сухой целлюлозы массой 0,10–0,25 г размешивают на мешалке в дистиллированной воде, переносят на пористый стеклянный фильтр с краном и отфильтровывают воду. Затем закрывают кран на фильтре и обрабатывают волокно 25 см<sup>3</sup> раствора метиленового голубого (МГ), при этом массу на фильтре перемешивают палочкой. По истечении 10 мин открывают кран и отсасывают раствор красителя. Обработку повторяют до тех пор, пока оптические плотности исходного раствора и фильтрата не сравняются. Для фотоколориметрирования отбирают пипеткой 2 см<sup>3</sup> фильтрата, переносят в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> и доводят до метки раствором соляной кислоты НСl концентрацией 0,01 М. Измеряют оптическую плотность полученного раствора на спектрофотометре при длине волны 600 нм или на фотоэлектроколориметре с оранжевым фильтром в кювете толщиной 10 мм. Таким же образом измеряют оптическую плотность исходного раствора. По окончании последней обработки тщательно отсасывают раствор красителя, вынимают окрашенную целлюлозу из фильтра, взвешивают (масса *a*, г) и помещают в чистый стеклянный пористый фильтр с краном. После этого для извлечения МГ окрашенную целлюлозу подвергают следующей обработке:

1. Четырехкратной промывке порциями по 25 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты 0,01 М с перемешиванием по 5 мин при закрытом кране; фильтрат собирают в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> и доводят его объем соляной кислотой 0,01 М до метки (фильтрат 1).

2. Четырехкратной промывке порциями по 25 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты 0,01 М с перемешиванием по 10 мин при закрытом кране; фильтрат собирают в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> (фильтрат 2).

3. Четырехкратной промывке порциями по 25 см<sup>3</sup> раствора соляной кислоты в этаноле концентрацией 0,2 М с перемешиванием по 10 мин при закрытом кране; фильтрат собирают

в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup> и доводят его объем раствором соляной кислоты в этаноле 0,2 М до метки (фильтрат 3).

После последней промывки, несмотря на бесцветный фильтрат, волокно может сохранять слабую окраску, обусловленную частично необратимым связыванием МГ. Однако удерживаемая масса красителя дает ошибку не более 1 % от определяемого значения.

Промытое волокно помещают во взвешенный бюкс и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы (масса *g*, г). Полученные фильтраты подвергают фотоколориметрированию, при этом фильтрат 1 разбавляют в 10 раз (например, 10 см<sup>3</sup> до 100 см<sup>3</sup>), а фильтраты 2 и 3 исследуют без разбавления. Измеряют оптические плотности фильтратов и по соответствующим градуировочным графикам определяют массу МГ в каждом фильтрате.

Количество карбоксильных групп СООН, ммоль на 100 г абсолютно-сухой целлюлозы, рассчитывают по формуле:

$$\text{COOH} = \frac{[m_1 - m_0(a - g) + m_2 + m_3] \times 0,14}{45 \times g},$$

где  $m_1$  – масса МГ в фильтрате 1, рассчитанная с учетом разбавления фильтрата, мг;  $m_2$  – масса МГ в фильтрате 2, мг;  $m_3$  – масса МГ в фильтрате 3, мг;  $m_0$  – концентрация МГ в исходном растворе, мг/см<sup>3</sup>;  $(a - g)$  – количество исходного раствора МГ, удержанное волокном, г (или см<sup>3</sup>); 1 мг МГ соответствует 0,14 мг карбоксильных групп (СООН). 1 ммоль СООН соответствует 0,045 г.

*Приготовление раствора метиленового голубого.* Навеску массой около 140–150 мг химически чистого МГ высушивают в вакуумном шкафу при температуре 60 °С и растворяют дистиллированной водой в мерной колбе вместимостью 1 дм<sup>3</sup> для получения раствора концентрацией 0,0005 моль/дм<sup>3</sup>.

**Построение градуировочных графиков.** Готовят эталонные растворы МГ в водном и этанольном растворах соляной кислоты. С этой целью 1 см<sup>3</sup> раствора МГ концентрацией 0,0005 моль/ дм<sup>3</sup> разбавляют в мерных колбах соответствующими растворами соляной кислоты в 50, 100, 200, 400, 800 раз. Полученные растворы фотоколориметрируют по вышеуказанной методике. На основании средних данных 5–6 параллельных определений строят градуировочные графики для растворов МГ в воде и этаноле.

#### **Контрольные вопросы**

3. Сколько видов карбоксильных групп в целлюлозе?
4. На чем основаны методы определения карбоксильных групп?
5. На чем основан метод определения СООН-групп по Веберу.
6. Каковы основные операции методики определения СООН-групп по Веберу.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

### **Получение натриевых солей сернокислых эфиров целлюлозы**

**Цель работы:** получить представление о реакциях целлюлозы с образованием эфиров.

**Задачи работы:** овладеть методикой получения сульфатов целлюлозы обработкой этерифицирующей смесью «серная кислота : изопропиловый спирт».

**Задание:** приготовить этерифицирующую смесь, провести этерификацию целлюлозы, отделить избыток серной кислоты от полученного продукта, провести нейтрализацию сернокислого эфира целлюлозы.

**Требования к отчету:** итоги работы представить в виде краткой характеристики хода определения и необходимых расчетов.

#### **Обеспечивающие средства:**

Оборудование и посуда

1. стакан стеклянный (200 см<sup>3</sup>).

2. Кристаллизатор.
3. Мешалка механическая.
4. Фильтр Шотта (Пор 16).

Реактивы

1. Беленая сульфатная хвойная целлюлоза.
2. Кислота серная.
3. Изопропиловый спирт.
4. Ацетон.
5. Натрий едкий.

**Технология выполнения работы**

**Приготовление этерифицирующей смеси.** Объем этерифицирующей смеси составляет 95 см<sup>3</sup>, молярное отношение компонентов смеси (серная кислота : изопропанол) – от 1:1 до 2:1 (табл. ниже).

Для приготовления этерифицирующей смеси с молярным отношением компонентов 1:1 в химический стакан вместимостью 200 см<sup>3</sup> вносят расчетное количество изопропилового спирта. Стакан устанавливают в кристаллизатор, наполненный снегом или льдом. Затем к спирту при помешивании небольшими порциями добавляют серную кислоту. Процесс добавления серной кислоты длится в течение примерно 20 мин. После добавления всего заданного объема кислоты смесь перемешивают и охлаждают до температуры (0 ± 2) °С.

Формула для расчета объемов компонентов этерифицирующей смеси:

$$V_{см} = V(H_2SO_4) + V((CH_3)_2CHOH)$$

$$V(H_2SO_4) = \frac{M \times M(H_2SO_4) \times \rho((CH_3)_2CHOH) \times V_{см}}{\omega \times \rho(H_2SO_4) \times M((CH_3)_2CHOH) + M \times M(H_2SO_4) \times \rho((CH_3)_2CHOH)},$$

$$V((CH_3)_2CHOH) = V_{см} - V(H_2SO_4),$$

где  $V_{см}$  – общий объем этерифицирующей смеси, см<sup>3</sup>;

$M$  – молярное отношение компонентов смеси;

$\omega$  – массовая концентрация серной кислоты, %;

$V(H_2SO_4)$  – объем концентрированной серной кислоты в смеси, см<sup>3</sup>;

$M(H_2SO_4)$  – молекулярная масса серной кислоты, г/моль;

$\rho(H_2SO_4)$  – плотность концентрированной серной кислоты, г/см<sup>3</sup>;

$\rho((CH_3)_2CHOH)$  – плотность изопропилового спирта, г/см<sup>3</sup>;

$M((CH_3)_2CHOH)$  – молекулярная масса изопропилового спирта, г/моль.

Состав реакционной смеси: (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  $\rho$  = 1,830 г/см<sup>3</sup>, 93,64%;

(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHOH  $\rho$  = 0,875 г/см<sup>3</sup>, ч; целлюлоза  $K_{сyx}$  = 0,964)

| Молярное отношение в смеси H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : ИПС* | Объёмы, см <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : ИПС* | Содержание воды в этерифицирующей смеси, см <sup>3</sup> | Содержание воды в навеске целлюлозы, г | Масса абс. сухой навески целлюлозы, г | Концентрация массы в смеси, % |
|--|---|--|--|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1,0:1,0  | 43,2:51,8   | 5,0  | 0,2                                    | 5,0                                   | 3,9                           |
| 1,5:1,0  | 52,8:42,2   | 6,1  | 0,2                                    | 5,0                                   | 3,6                           |
| 1,6:1,0  | 54,3:40,7   | 6,3  | 0,2                                    | 5,0                                   | 3,6                           |
| 1,8:1,0  | 57,0:37,8   | 6,6  | 0,2                                    | 5,0                                   | 3,5                           |

|         |           |     |     |     |     |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 2,0:1,0 | 59,4:35,6 | 6,9 | 0,2 | 5,0 | 3,4 |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|

\* ИПС – изопропиловый спирт

#### Этерификация целлюлозы

В химический стакан с охлажденной этерифицирующей смесью вносят мелко расщепленную навеску воздушно сухой целлюлозы массой 5,2 г ( $K_{\text{сух}} = 0,964$ ). Продолжительность обработки этерифицирующей смесью 120 мин. Смесью периодически перемешивают (каждые 5 мин). Температура реакционной смеси составляет  $0 \pm 2$  °С. Её поддерживают, помещая емкость с реакционной смесью в кристаллизатор со снегом и льдом. Контроль температуры осуществляют лабораторным термометром.

#### Отделение избытка серной кислоты от этерифицированного продукта

После окончания процесса этерификации целлюлозу переносят на стеклянный фильтр Шота (пор 16), где отфильтровывают максимально возможное количество этерифицирующей смеси ( $50 \text{ см}^3$ ). Затем образец переносят в стакан и заливают  $30 \text{ см}^3$  изопропилового спирта при перемешивании, по истечении 5 мин смесь фильтруют и снова переносят в стакан.

#### Нейтрализация сернокислого эфира целлюлозы

Перед нейтрализацией к образцу добавляют  $30 \text{ см}^3$  изопропилового спирта и тщательно перемешивают. Для этого к смеси небольшими порциями добавляют насыщенный раствор гидроксида натрия в этаноле. Полноту нейтрализации смеси контролируют по универсальной индикаторной бумаге. Процесс нейтрализации ведут до  $\text{pH} = 8-9$ .

После этого продукт переносят на фильтр Шотта, где удаляют излишек жидкости. Затем его промывают небольшим объемом спирта и после возможно более полного удаления жидкости переносят в чашку Петри. Образец высушивают при комнатной температуре.

#### **Контрольные вопросы**

1. Что такое сернокислые эфиры целлюлозы, каковы области их применения?
2. Как получают сульфат целлюлозы?
3. Каковы особенности прямой этерификации целлюлозы серной кислотой?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5**

Определение механических свойств бумаги и картона (на выбор)

Определение механических свойств бумаги и картона на разрыв

**Цель работы:** ознакомление с методикой определения прочности бумаги на разрыв и удлинение (одним из производственных показателей качества бумаги).

**Задачи работы:** овладеть методом определения прочности бумаги на разрыв. Закрепить теоретические знания, полученные на лекциях, о качествах бумаги.

#### **Задание:**

1. Определение прочности бумаги на разрыв и удлинение при растяжении различных образцов бумаги и картона.
2. Провести соответствующие вычисления.

#### **Обеспечивающие средства:**

- Разрывная машина РМБ-30-М
- Сушильный шкаф с вентиляцией обеспечивающий постоянную температуру ( $105 \pm 2$ ) °С в процессе сушки или сушильная горка, весы лабораторные аналитические.

**Требования к отчету:** итоги работы представить в виде краткой характеристики хода определения и необходимых расчетов. Полученные и расчетные данные представить в виде таблицы.

Оформление результатов определений

| Образец  | F, Н | F <sub>ср</sub> , Н | m, г | L, м |
|--|------|---------------------|------|------|
| Бумага газетная<br>- поперечное направление<br>- машинное направление          |      |                     |      |      |
| Бумага писчая<br>- поперечное направление<br>- машинное направление            |      |                     |      |      |
| Картон облицовочный<br>- поперечное направление<br>- машинное направление      |      |                     |      |      |
| Картон для плоских слоев<br>- поперечное направление<br>- машинное направление |      |                     |      |      |

Метод заключается в определении усилия, вызывающего разрушение образца и его удлинения до момента разрыва.

Прочность на разрыв характеризуется:

- разрушающим усилием;
- удельным сопротивлением разрыву;
- индексом прочности при растяжении;
- пределом прочности при растяжении;
- разрывной длиной.

Показатель сопротивления разрыву является наиболее широко распространенной прочностной характеристикой целлюлозы, и это надежный признак пригодности ее для тех или иных целей.

Сопротивление бумаги и картона разрыву и удлинение образцов являются важными показателями механической прочности продукции. Большинство видов бумаг и картона должны иметь высокие показатели механической прочности (особенно типографские виды бумаги, упаковочный картон).

Сопротивление образцов, например бумаги, обычно характеризуется разрывной длиной, под которой понимают длину полоски бумаги в метрах, при которой эта полоска, подвешенная за один конец, разрывается под тяжестью собственного веса.

При отливе бумажного полотна на сетке БДМ большинство волокон располагаются вдоль хода сетки. Вследствие этого прочность бумаги на разрыв больше в продольном направлении, чем в поперечном. Наоборот, растяжимость (относительное удлинение) бумаги больше в поперечном направлении. Поэтому бумагу на растяжимость и разрыва испытывают в обоих направлениях.

Разрывная длина бумаги зависит от прочности и длины исходных волокон, помола массы и режима работы БДМ. Бумага с разрывной длиной до 2000 м считается слабой, от 2000 до 3500 м – средней прочности, от 3500 до 5000 м – прочными, свыше 5000 м – очень прочными.

Растяжимость бумаги зависит от вида бумаги и колеблется в пределах 1 – 5% и более. Бумага, имеющая высокую растяжимость, при приложении к ним усилия разрываются не сразу, а лишь после того, как бумага удлиняется до предела. Поперек полотна бумаги растяжимость в 1,5 – 2 раза больше, чем вдоль.

Сопротивление целлюлозы разрыву выражается величиной разрывного усилия в Ньютонах с указанием ширины полоски или показателем разрывной длины в метрах (или километрах) то есть такой расчетной длиной полоски целлюлозы, при которой она, будучи свободно

повдешена за один конец, разрывается в точке подвеса под влиянием силы собственной тяжести.

Для определения сопротивления образца разрыву применяют вертикальные разрывные машины (динамометры) РМБ-30-2М.

#### *Устройство разрывной машины РМБ-30-2М.*

Разрывная машина (рис.1) состоит из маятникового силоизмерителя, механизма измерения удлинения и регулируемого электропривода с магнитным усилителем.

Маятник 6, представляющий собой неравноплечий рычаг и предназначенный для нагружения испытуемого образца подвешен на подшипниках в верхней части стойки – угольника 23. Короткое плечо рычага выполнено в виде сектора, круговую поверхность которого охватывает цепочка, верхним концом закрепленная неподвижно, а нижним – с верхним зажимом 14.

Подвеска верхнего зажима на цепочке обеспечивает постоянство величины короткого плеча на повороте маятника. Верхний зажим при перемещении маятника с грузом всегда находится в вертикальном положении. На длинном плече маятника установлены: храповики 5, фиксирующие его положение в момент разрыва испытуемого образца; указатель 4 для счета величины разрывного усилия; шкала 9 для отсчета удлинения образца и арретир маятника 22. Кроме, того на длинном плече маятника установлен и зафиксирован штифом сменный груз 3. В нерабочем положении и при закреплении испытуемого образца положение маятника фиксируется арретиром, а верхний зажим – винтом 13.

Нижний зажим 18 смонтирован на рычаге 16, который может поворачиваться в вертикальной плоскости. При подъеме тубуса 21 в крайнее верхнее положение рычаг 16 поворачивается, замыкая контакты цепи электродвигателя. В верхнем положении тубус автоматически останавливается.

На линейке 15 установлен упор 17, положение которого фиксируется винтом. Упор снабжен двумя штоками: неподвижными и подвижными. В зависимости от выбранного расстояния между зажимами нижний торец неподвижного штока соприкасается с пластиной, на которой смонтирован узел нижнего штока. При этом, подвижный шток с помощью специального рычага поднимает нижний зажим в крайнее верхнее положение. Пластина с узлом нижнего зажима закреплена на выдвигном стержне 19, который с помощью конического штифа 20 фиксируется в тубусе 21, наличие семи отверстий в стержне 19 позволяет установить расстояние между зажимами, равное 0, 10, 50, 100.

При разрушении испытуемого образца происходит мгновенное выключение электродвигателя и останов нижнего зажима вследствие размыкания контактов 12. Для определения величины растяжения испытуемого образца в момент его разрушения предусмотрен маятник удлинения 11. На длинном его плече установлен нониус 10 для отсчета абсолютного удлинения образца и стрелка 8, указывающая его относительное в процентах при работе с образцами длиной 180 мм. Отсчет усилия, при котором происходит разрушение образца, отсчитывается по двухпоясной шкале 7.

Привод машины помещен в тумбу 24. Органы управления работой машины расположены на пульте 1. Напряжение на электрическую часть машины подается при включении тумблера. Опускание нижнего зажима, его остановка при необходимости в процессе испытания и возврат в исходное верхнее положение происходит после нажатия соответствующих кнопок «верх», «вниз», «стоп». Установка необходимой скорости опускания нижнего зажима осуществляется при помощи рукоятки 2.

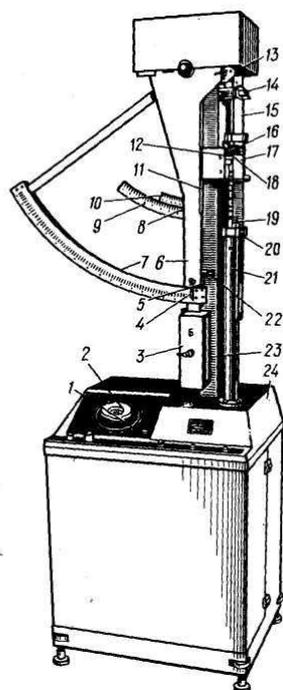


Рис. 1

Динамометр РМБ-30-2М для определения сопротивления бумаги на разрыв

### Технология выполнения работы.

Испытанию подвергают не менее пяти полосок целлюлозы в поперечном и машинном направлениях. Расстояние между зажимами устанавливается 100 мм. Длина полосок, учитывая припуск для закрепления в зажимах, должна быть 140 – 150 мм, ширина – 15 мм. Испытания выполняются в следующей последовательности. На маятнике машины устанавливают груз, при котором величина разрушающего усилия при испытании образцом должна быть не менее 10% предельного значения шкалы. По шкале скоростей определяют требуемую скорость опускания нижнего зажима, при которой разрыв образца наступает через 15 – 25 с от начала нагружения машины. Ручку тумблера переводят в положение «вкл», при этом зажигается сигнальная лампочка. Закрепляют в зажимах испытуемый образец, при этом полоску целлюлозы сначала вставляют в верхний зажим, затем – в нижний. Полоски должны быть закреплены ровно, без перекосов, в слегка натянутом положении. Освобождают верхний зажим и маятник усилия. Нажимают кнопку «вниз». При этом зажим опускается вниз и происходит нагружение испытуемого образца. В момент разрыва образца нижний зажим автоматически останавливается, а положение маятника фиксируется храповиком.

Записывают показания по шкале разрывного усилия. При нажатии кнопки «вверх» нижний зажим возвращается в исходное положение. Придерживая маятник, нажимают на храповики и возвращают его в исходное положение, затем фиксируют. При помощи винта фиксируют положение верхнего зажима.

Срезают куски разорванной полоски у самого основания зажимов и откладывают их в сторону, сохранив до окончания опыта. Ослабляют верхний и нижний зажимы и вынимают оставшиеся в зажимах концы полоски. После этого аппарат готов для последующего испытания. Опыт можно считать проведенным правильно, если полоска разорвалась на расстоянии не менее 1 см от зажимов.

Взвешивают все вместе отложенные полоски целлюлозы с точностью до 0,001 г и определяют среднюю массу одной полоски. Результаты испытаний записывают в таблицу и рассчитывают среднее значение разрывного усилия.

### Вычисление результатов

Разрушающее усилие определяют средним арифметическим значением результатов пяти измерений в машинном и поперечном направлениях.

Разрушающее усилие  $F$  в Н (кгс) выражают числом, округленным до 0,1 Н (0,01 кгс) при  $F$  до 50 Н (0,5 кгс) или до 1 Н (0,1 кгс) при  $F$  свыше 50 Н (5,0 кгс) до 500 Н (50 кгс).

$$F_{уд} = F / b$$

где:

$F$  – разрушающее усилие, Н (кгс)

$b$  – ширина образца, мм

Индекс прочности при растяжении  $I_F$  в Н\*м/г (кгс\*м/г) вычисляют по формуле:

$$I_F = F_{уд} / m_0 * 10^3$$

где:

$m_0$  – масса 1 м<sup>2</sup> бумаги, г

Числовое значение индекса прочности Н\*м/г, равно числовому значению разрывной длины в метрах, умноженному на  $9,81 * 10^3$

Предел прочности при растяжении  $\sigma$  в МПа (кгс/мм<sup>2</sup>) вычисляют по формуле:

$$\sigma = F / b * h$$

где:

$F$  – разрушающее усилие, Н (кгс);

$b$  – ширина образца, мм;

$h$  – толщина образца (среднее арифметическое результатов измерений толщины всех испытуемых образцов), мм.

Относительная погрешность определения предела прочности при растяжении не превышает 10% при доверительной вероятности 0,95.

Разрывную длину вычисляют по формуле:

$$L = l_0 * F / m$$

где:

$l_0$  – номинальное расстояние между зажимами, мм;

$F$  – разрушающее усилие, кгс;

$m$  – масса образца (среднее арифметическое результатов измерения массы всех испытуемых образцов), г.

Результаты округляют до 50 Н при  $L$  5000 м или до 100 Н при  $L$  более 5000 м.

Относительное удлинение при растяжении  $\delta$  в процентах вычисляют по формуле:

$$\delta = \Delta l / l_0 * 100\%$$

где:

$\Delta l$  – среднее арифметическое значение удлинения всех испытуемых образцов, мм;

$l_0$  – номинальное расстояние между зажимами, мм.

Результат округляют с точностью до 0,1.

### Контрольные вопросы:

1. Объясните значение понятий разрывное усилие, разрывная масса, удлинение при разрыве, разрывная длина, сопротивление разрыву при растяжении?
2. Рассчитайте эти значения с помощью соответствующих формул.
3. В чем измеряют разрушающее усилие?
4. В чем измеряют предел прочности при растяжении?
5. Отличаются ли механические показатели прочности бумаги с одинаковой композицией, но различной массой  $1 \text{ м}^2$ ?
6. Дайте характеристику условиям испытания при определении прочности на разрыв.

### Определение механических свойств бумаги и картона на излом

**Цель работы:** ознакомление с методом определения механического показателя бумаги прочности на излом (один из производственных показателей качества бумаги).

**Задачи работы:** овладеть способом определения прочности на излом. Закрепить теоретические знания, полученные на лекциях, о производстве бумаги.

#### Задание:

1. Определить число двойных перегибов для различных видов бумаги.
2. Сделать сравнительный анализ механической прочности бумаги в зависимости от ее композиции и направления бумажного полотна.

#### Обеспечивающие средства:

- Прибор И-1-2
- сушильный шкаф с постоянной температурой  $105^\circ\text{C}$
- шаблон

**Требования к отчету:** итоги работы представить в виде краткой характеристики хода определения и необходимых расчетов. Полученные и расчетные данные представить в виде таблицы.

| Вид бумаги | Показатель сопротивления излому |                        | Композиционный состав бумаги |
|------------|---------------------------------|------------------------|------------------------------|
|            | Продольное направление          | Поперечное направление |                              |
|            |                                 |                        |                              |

Сопротивление излому характеризуется числом двойных перегибов на  $180^\circ\text{C}$ , выдерживаемых целлюлозой до момента разрыва, при натяжении ее с усилием 10Н. Определение сопротивления излому производится на аппаратах И-1-2, И-2-1, И-1-3.

Устройство аппарата И-1-2.

Аппарат (рис.1) состоит из станины 11, с укрепленной на ней колонками 2, в которых помещены патроны 1 со спиральными пружинами внутри. Пружины оканчиваются с одного конца зажимами 4, а с другого – шайбами для регулирования натяжения пружин. Штифты 3 служат для закрепления патрона при отводе его в сторону при натяжении пружин перед началом испытания. Для изгиба образца служит приспособление 5, смонтированное на подставке 10 и состоящее из двух пар металлических роликов, между которыми образуется параллельная цепь. В этой щели находится стальная пластинка с вертикальной прорезью, в которую вставляется испытуемая полоска образца. Пластинка укреплена на ползунке,двигающемся с помощью шатуна, соединенного с валом колеса. К нему с помощью винтовой передачи присоединяется счетчик числа оборотов 6. За один оборот колеса образец подвергается одному двойному перегибу. Поперек проходит штанга, заканчивающаяся на одном конце выключателем 8, другой конец ее входит в углубление колеса, чтобы закрепить его в положении, когда прорезь стальной пластинки находится на одной линии с центральными точками обоих зажимов.

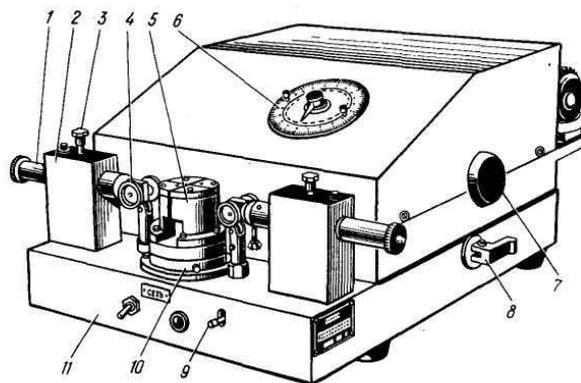


Рис. 1

Аппарат И-1-2 для определения числа двойных перегибов

1 – патрон; 2 – колонки; 3 – шрифт; 4 – зажим; 5 – приспособление для изгиба; 6 – счетчик числа оборотов; 7 – ручка для стопорения; 8 – выключатель; 9 – рычаг включения электродвигателя; 10 – подставка; 11 – станина

### Технология выполнения работы

#### Проведение испытания на аппарате И-1-2

Определение прочности на излом при многократных перегибах производится следующим образом. Из листа бумаги нарезают по 10 образцов в машинном и поперечном направлениях шириной 15 мм и длиной 100 мм. Перед испытаниями подготовленные образцы должны обязательно выдерживаться в кондиционных условиях, а само испытание должно проводиться в комнате со стандартными параметрами воздуха, т.к. сопротивление излому особенно чувствительно к изменениям ее равномерной влажности.

Перед началом испытания аппарат устанавливают в нулевое положение следующим образом. Запирают колесо ручкой 7 до стопорения. Приподнимают вверх головки штифтов 3 для спуска пружин и устанавливают стрелки счетчика 6 на «0». Испытуемую полоску образца вставляют в прорезь механизма изгиба и закрепляют ее концы в зажимах 4 винтами. Провисание и перекося полоски не допускается. Отводя в стороны до защелкивания левый и правый патроны, натягивают пружины. При этом полоска образца находится под напряжением пружин 10Н. Подключают счетчик 6 к валу колеса, поднимая рычаг 9 вверх, при этом выключается электродвигатель. После разрыва полоски счетчик автоматически отключается.

Записывают показания счетчика, запирают колесо при помощи выключателя, опускают пружины, приподнимая головки штифтов, ослабляют винты зажимов и вынимают за концы обе части разорванной полоски образцы.

Устанавливают стрелки на «0», и аппарат готов для проведения следующего опыта.

Результаты испытания записывают в таблицу и рассчитывают среднее значение.

Число двойных перегибов отсчитывают по счетчику с точностью до 1. Результаты испытания образцов, выскользнувших из зажима или разорвавшихся не по линии изгиба не засчитывают. Испытанию подвергают десять образцов в машинном направлении и десять в поперечном. Число двойных перегибов подсчитывают отдельно для каждого направления и результат выражают средним арифметическим результатов испытаний всех образцов каждого направления.

Среднеарифметическое значение округляют до 1 при числе двойных перегибов до 100, до 10 при числе двойных перегибов свыше 100.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что следует понимать под сопротивлением излому?
2. Для каких видов бумаги показатель прочности на излом должен быть наибольшим?
3. Зависимость показателя механической прочности на излом от поперечного и продольного направления бумаги?
4. Назовите условия испытания для определения сопротивления излому?

## **6. Библиографический список**

### **Основная учебная литература**

1. Технология переработки целлюлозы, бумаги и картона [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов направления бакалавриата 240100 «Химическая технология» и специальности 240406 «Технология химической переработки древесины» всех форм обучения : самостоятельное электронное издание / Н. Ф. Пестова, В. А. Демин ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Сыкт. лесн. ин-т (фил.) ФГБОУ ВПО С.-Петерб. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова, Каф. ЦБП, лесохимии и промышленной экологии. – Электрон. текстовые дан. (1 файл в формате pdf: 1,53 Мб). – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – on-line. – Систем. требования: Acrobat Reader (любая версия). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com/ft/301-000689.pdf>.

### **Дополнительная учебная, учебно-методическая литература**

1. Иванов, С. Н. Технология бумаги [Текст] : [учеб. пособие] / С. Н. Иванов. – 3-е изд. – Москва : Шк. бумаги, 2006. – 696 с.

2. Фляте, Д. М. Свойства бумаги [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. М. Фляте ; Издательство "Лань" (ЭБС). – Изд. 5-е, стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 384 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3199/>.

### **Дополнительная литература**

1. Лесная индустрия [Текст] : теория и практика бизнеса. – Москва : [б. и.]. – Выходит 10 раз в год.  
2012 № 3-6,1/2;

2. Лесопромышленник [Текст] : the Timber Industry Worker. – Выходит раз в два месяца.  
2004 № 4-6;  
2005 № 1-6;  
2006 № 4-6;  
2007 № 2-5,9,10;  
2008 № 1-4;

3. Новый справочник химика и технолога : Общие сведения. Строение вещества. Физические свойства важнейших веществ. Ароматические соединения. Химия фотографических процессов. Номенклатура органических соединений. Техника лабораторных работ. Основы технологии. Интеллектуальная собственность [Текст] : научное издание / [ред. А. В. Москвин]. – Санкт-Петербург : Профessional, 2006. – 1464 с.

4. Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений [Текст] : научное издание / [ред. Н. К. Скворцов [и др.]]. – Санкт-Петербург : Профessional, 2007. – 1276 с.

5. Справочник механика целлюлозно-бумажного предприятия [Текст] / под ред. М. И. Калинина. – Москва : Лесн. пром-сть, 1983. – 552 с.

6. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : справочные материалы : в 3-х томах / Всерос. научно-исслед. ин-т цел.-бум. пром-сти ; гл. ред. П. С. Осипов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2005 – 2006.

Т. 2 : Производство бумаги и картона, Часть 1 : Технология производства и обработки бумаги и картона. – 2005. – 423 с.

7. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : справочные материалы : в 3-х томах / Всерос. научно-исслед. ин-т цел.-бум. пром-сти ; гл. ред. П. С. Осипов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2005 – 2006.

Т. 2 : Производство бумаги и картона, Часть 1 : Технология производства и обработки бумаги и картона. – 2005. – 423 с.

8. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : справочные материалы : в 3-х томах. Т. 1. Часть 1 / Всерос. научно-исслед. ин-т цел.-бум. пром-сти ; отв. ред. П. С. Осипов. – Санкт-Петербург : ЛТА, 2002. – 425 с.

9. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : в 3-х томах. Т.1 . Сырье и производство полуфабрикатов . Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2003. – 633 с.

10. Химическая промышленность сегодня [Текст]. – Выходит ежемесячно.

2012 № 1-6;

11. Химическая технология [Текст] : производственный, научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал. – Выходит ежемесячно.

2012 № 1-6;

12. Химия и химическая технология [Текст] : научно-технический журнал. Известия вузов/ Ивановский гос. химико-технолог. ун-т. – Выходит ежемесячно.

2009 № 1,4,5;

13. Химия растительного сырья [Текст]. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та. – Выходит ежеквартально.

2012 № 1,2;

2011 № 1-4 (Часть 1),4 (Часть 2);

2010 № 3,4;

14. Целлюлоза. Бумага. Картон [Текст]. – Выходит 10 раз в год.

2005 № 1-10;

2006 № 3,9,10;

2007 № 1-6,8,10-12;

2010 № 1-10;

2011 № 1-10;

2012 № 1-9.