

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Кафедра «Химия и химическая технология»

## ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ И КАРТОНА

Сборник описаний лабораторных работ  
для студентов направления подготовки бакалавриата  
18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения

*Самостоятельное учебное электронное издание*

СЫКТЫВКАР 2018

УДК 676.1  
ББК 35.77  
Т38

Рекомендован к изданию в электронном виде  
кафедрой «Химия и химическая технология» Сыктывкарского лесного института.

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

Составитель: **Н. Ф. Пестова**, старший преподаватель

Отв. редактор: **В. А. Дёмин**, доктор химических наук, профессор

**Технология бумаги и картона** [Электронный ресурс] : сборник описаний лабораторных работ для студентов направления подготовки бакалавриата 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения : самост. учеб. электрон. изд. / сост. Н. Ф. Пестова ; Сыкт. лесн. ин-т. — Электрон. дан. — Сыктывкар : СЛИ, 2018. — Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. — Загл. с экрана.

В сборнике даны описания лабораторных работ по дисциплине «Технология бумаги и картона». Описаны методы контроля и анализа химикатов, применяемых в ЦБП, волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона. Приведены методики расчетов основных характеристик бумаги и картона. Даны вопросы для проверки знаний и самоконтроля, библиографический список, необходимый для изучения тем.

Предназначен для студентов направления подготовки бакалавриата 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения.

УДК 676.1  
ББК 35.77

Темплан 2018/19 учеб. г. Изд. № 119.

\* \* \*

*Самостоятельное учебное электронное издание*

Составитель: ПЕСТОВА Наталия Феликсовна

**ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ И КАРТОНА**

Электронный формат pdf. Разрешено к публикации 29.12.2018. Объем 4,6 уч.-изд. л.  
Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего 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)

Издано в СЛИ. Заказ № 160.

© Пестова Н. Ф., составление, 2018  
© СЛИ, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ .....</b>	<b>7</b>
Соблюдение правил и приемов техники безопасности при работе в химической лаборатории .....	7
Техника безопасности в лаборатории .....	8
Работа с кислотами и щелочами .....	9
Работа с твердыми веществами .....	10
Первая помощь при несчастных случаях.....	11
<b>ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>12</b>
<b>1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ХИМИКАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА.....</b>	<b>12</b>
1.1. Проклейка бумаги и картона.....	12
Лабораторная работа № 1. Анализ канифоли. Определение кислотного и эфирного чисел канифоли. Определение содержания неомыляемых веществ.....	12
Лабораторная работа № 2. Варка канифольного клея .....	17
Лабораторная работа № 3. Анализ канифольного клея .....	21
1.2. Наполнение бумаги и картона.....	24
Лабораторная работа № 4. Приготовление суспензии наполнителя .....	26
Лабораторная работа № 5. Анализ суспензии наполнителя.....	26
1.3. Крашение бумаги и картона .....	27
Лабораторная работа № 6. Приготовление раствора красителя .....	30
Лабораторная работа № 7. Анализ раствора красителя.....	30
Лабораторная работа № 8. Определение группы красителя окрашенной бумаги .....	32
Лабораторная работа № 9. Приготовление выкрасок массы.....	32
1.4. Химические вспомогательные вещества для удержания компонентов бумажной массы .....	33
Лабораторная работа № 10. Приготовление раствора сульфата алюминия .....	35
Лабораторная работа № 11. Анализ раствора сернокислого алюминия .....	35
<b>2. ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОБРАБОТКИ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ ИЗ БУМАЖНОЙ МАССЫ .....</b>	<b>39</b>
Лабораторная работа № 12. Определение степени помола и скорости обезвоживания..	40
Лабораторная работа № 13. Определения водоудерживающей способности целлюлозного волокна (WATER RETENTION VALUE-WRV).....	43
Лабораторная работа № 14. Определение фракционного состава древесной массы.....	44
<b>3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК БУМАГИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ.....</b>	<b>48</b>
Лабораторная работа № 15. Составление композиции и получение лабораторных отливок .....	48
<b>4. ИСПЫТАНИЕ БУМАГИ И КАРТОНА.....</b>	<b>55</b>
4.1. Определение показателей, характеризующих структурно-размерные свойства бумаги .....	56
Лабораторная работа № 16. Определение машинного и поперечного направлений, верхней и сеточной стороны бумаги (ГОСТ 7585-74).....	56
Лабораторная работа № 17. Определение массы 1 м <sup>2</sup> , толщины бумаги, плотности бумаги, влажности бумаги .....	59
Лабораторная работа № 18. Определение сорности бумаги ГОСТ 13525.4-68 .....	62
4.2. Определение композиционного состава бумаги .....	65
Лабораторная работа № 19. Определение композиции бумаги, исследование волокнистых полуфабрикатов, применяемых при производстве бумаги и картона .....	67

Лабораторная работа № 20. Определение количества наполнителя в бумаге.....	70
4.3. Определение показателей, характеризующих механические и упруго-пластические свойства бумаги.....	72
Лабораторная работа № 21. Определение прочности при растяжении. Метод нагрузки с постоянной скоростью (ГОСТ ИСО 1924-1-96) .....	74
Лабораторная работа № 22. Определение прочности на излом при многократных перегибах (сопротивление излому) (ГОСТ 13525.2-80) .....	79
Лабораторная работа № 23. Определение сопротивления раздиранию (ГОСТ 13525.3-78) .....	81
Лабораторная работа № 24. Определение стойкости поверхности к выщипыванию по Деннисону (ГОСТ Р 55083-2012) .....	84
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>87</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сборник лабораторных работ составлен для студентов направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» (направленность «Технология химической переработки древесины»).

Целью лабораторных работ является усвоение студентами основных технологических процессов производства бумаги и картона, начиная от подготовки бумажной массы (размол волокнистых полуфабрикатов, проклейки, наполнения, крашения), листообразования, прессования, сушки и других процессов этого производства, а также ознакомление с методами контроля и анализа в целлюлозно-бумажной промышленности.

При выполнении лабораторных работ следует соблюдать правила по технике безопасности.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретическим материалом к данной лабораторной работе.
2. Ознакомиться с содержанием лабораторной работы и методикой выполнения работы.
3. Получить допуск к выполнению лабораторной работы у преподавателя и приступить к выполнению работы.
4. Выполнить лабораторную работу (эксперимент).
5. Итоги лабораторной работы представить в виде краткого отчета, который включает:
  - цель работы и краткое описание проведения эксперимента;
  - схему приборов, при помощи которых выполнялась работа;
  - результаты проведенного эксперимента, расчеты и результаты исследования (должны быть приведены уравнения химических реакций; соответствующие расчеты).Результаты исследования должны быть сведены в соответствующие таблицы. Все результаты измерений должны быть в системе СИ.
6. Защитить отчет. Защита отчета проводится после выполнения каждой работы.
7. К зачету по лабораторной работе следует подготовить ответы на вопросы, которые приведены в конце каждой работы.

# ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

## Соблюдение правил и приемов техники безопасности при работе в химической лаборатории

В химических лабораториях проводятся работы, связанные с применением химических веществ, которые могут оказывать вредное действие на организм человека. Многие работы проводятся под высоким давлением, при высоких температурах, в вакууме. Используются стеклянная посуда, электрические приборы и механизмы. Все это требует исключительного внимания к охране труда, технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

При правильной организации работы и соблюдении техники безопасности возможность возникновения пожаров, взрывов, ожогов и т. д. может быть полностью исключена или сведена к минимуму.

К работе в любой химической лаборатории допускаются только лица, прошедшие инструктаж по охране труда, технике безопасности. От правильной организации проводимых в лаборатории работ зависит успех анализа. Обучающийся должен правильно спланировать свою работу с учетом возможности совмещения однотипных операций. Для этой цели полезно составлять график выполнения отдельных аналитических операций. Например, во время сушки веществ, их прокаливания, выпаривания и т. д. возможны взятие навески, приготовление пробы, титрование и т. п.

**Для быстрого получения точных результатов анализа необходимо соблюдать следующие основные правила:**

1. Прежде чем приступить к анализу, надо тщательно ознакомиться с методикой работы и расчетами, усвоить ход анализа и продумать рациональное его проведение.
2. Приготовление и анализ химических веществ или испытание образца следует выполнять в строгом соответствии с действующими методиками, стандартами и инструкциями.
3. Чтобы полученные данные характеризовали состав всего анализируемого образца, необходимо правильно отобрать пробу, подготовить ее для анализа.
4. Анализы необходимо проводить, применяя оборудование, материалы, реактивы, индикаторы и лабораторную посуду, отвечающие требованиям стандартов.
5. Необходимо вычислять результаты анализов или испытаний с точностью, определенной соответствующей методикой.
6. Необходимо строго соблюдать меры безопасности при проведении анализов или испытаний, знать действие вредных веществ на организм и правила оказания первой помощи, уметь обращаться со средствами огнетушения.

## Техника безопасности в лаборатории

1. Строго запрещается работать в лаборатории одному.
2. Рабочее место должно быть правильно организовано. Приступая к работе, нужно осмотреть и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных для работы предметов. На рабочем месте должны находиться только необходимое для проведения анализа оборудование и реактивы.
3. Перед работой необходимо проверить исправность оборудования.  
Запрещается:
  - работать на неисправных электрических приборах и установках;
  - перегружать электросеть;
  - переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
  - работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
4. При работе в химической лаборатории необходимо использовать средства индивидуальной защиты: халат из хлопчатобумажной ткани, очки различных типов, щитки, маски. Для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки. На перчатках не должно быть порезов, проколов и других повреждений.
5. Все работы с реактивами, посудой и приборами необходимо производить на специальных лабораторных столах.
6. Запрещается использовать стеклянную посуду, имеющую трещины, надколы, острые и отбитые края.
7. После использования реактива его необходимо сразу ставить на место, чтобы не создавать беспорядка на рабочем месте и не перепутать реактивы при расстановке их в конце занятий.
8. При работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ.
9. Работа с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводится только в вытяжных шкафах.
10. Стекло в вытяжном шкафу открывают на 30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса вести через стекла шкафа.
11. Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также выполняются в вытяжных шкафах. При этом работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук. средства защиты;
12. Запрещается набирать реактивы в пипетки ртом, для этой цели следует использовать резиновую грушу или другие устройства.
13. При определении запаха химических веществ следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки.
14. Смешивание или разбавление химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, следует проводить в термостойкой или фарфоровой посуде.
15. При упаривании в стаканах растворов следует тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости.

1. 16 Нагревание посуды из обычного стекла на открытом огне без асбестированной сетки запрещено.

16. Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

17. Ни при каких обстоятельствах нельзя допускать нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой.

18. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

19. При переносе сосудов с горячей жидкостью следует пользоваться полотенцем, держать в одной руке за дно, другой за горловину. Большие стаканы с химической жидкостью нужно поднимать двумя руками, так чтобы отогнутые края стакана опирались на указательные пальцы.

20. Запрещается совместное хранение и тем более сливание в одну посуду веществ, могущих оказать влияние одно на другое и вызывать в результате химическое взаимодействие пожар или взрыв (например, азотная кислота и какое-либо органическое вещество).

21. Использованную химическую посуду и приборы, содержащие кислоты, щелочи и другие едкие вещества, перед сдачей на мойку необходимо освободить от остатков и обязательно ополоснуть водопроводной водой.

22. Отработанные кислоты и щелочи следует собирать отдельно в специальную посуду и после нейтрализации сливать в канализацию или в другое место, специально отведенное для этого.

23. После работы рабочее место необходимо привести в порядок.

24. Перед уходом из лаборатории обязательно вымойте руки с мылом.

25. Уходя из лаборатории, проверьте, выключены ли вода, газ и электроэнергия на вашем рабочем месте.

## **Работа с кислотами и щелочами**

1. При работе с концентрированными кислотами и щелочами нужно быть осторожным и следить за тем, чтобы они не попали на кожу или на платье, так как это вызывает ожоги тела и порчу одежды.

2. Для приготовления растворов серной, азотной и других кислот их необходимо приливать в воду тонкой струей при непрерывном помешивании (при смешивании кислот разной концентрации более крепкую кислоту вливать в более слабую). Для этого используют термостойкую посуду, так как процесс растворения сопровождается сильным разогреванием.

Приливать воду в кислоты запрещается!

3. При отборе концентрированных кислот и щелочей пипетками нельзя засасывать жидкость ртом; для этого на пипетки надевают резиновые груши.

4. Твердую щелочь из банок отбирают пинцетом.

5. Растворение сухих щелочей в воде необходимо производить, добавляя щелочь в воду небольшими порциями пинцетом и осторожно перемешивая. Если оставить гранулированную или чешуирированную щелочь в сосуде с водой на некоторое время без перемешивания, гранулы слипнутся в единый комок, на

растворение которого уйдет очень много времени, даже если перемешивание затем возобновить.

6. Пролитую кислоту следует засыпать песком. После уборки песка место, где была разлита кислота, посыпают известью или содой, а затем промывают водой.

7. Пролитые концентрированные растворы едкого натра, едкого калия и аммиака можно засыпать как песком, так и древесными опилками, а после их удаления обработать место слабым раствором уксусной кислоты.

## **Работа с твердыми веществами**

1. Все сухие реактивы необходимо брать фарфоровыми ложками, шпателями.

Брать реактивы незащищенными руками запрещается!

2. При взвешивании твердых веществ всегда надо пользоваться какой-либо тарой. Недопустимо насыпать вещества непосредственно на чашку весов.

3. Работы с ядовитыми и вредными твердыми веществами следует проводить только в вытяжном шкафу и со всеми мерами предосторожности.

4. Необходимо проявлять осторожность при смешивании твердых веществ (особенно органических), т. к. образующаяся пыль может быть взрывчатой. Запрещается смешивать сухие реактивы вблизи включенных электронагревательных приборов.

5. Работу с порошкообразными веществами для предотвращения их распыления нужно проводить в таких местах, где нет сквозняков или сильного движения воздуха.

6. Просыпавшийся на стол реактив нельзя всыпать обратно в ту же банку, где он хранится.

7. С пожароопасными реактивами следует работать вдали от огня и работающих нагревательных приборов.

8. Подлежащие растворению твердые вещества, особенно труднорастворимые, рекомендуется измельчать, так как растворение крупных кристаллов и комков происходит очень медленно.

9. Некоторые вещества, будучи растертыми в тонкий порошок, имеют свойство плавать по поверхности воды, не смачиваясь. Перед растворением такие порошки следует растереть в ступке с небольшим количеством воды до образования однородной кашицы, которую затем смывают водой в стакан и далее растворяют как обычно. Иногда перед растворением смачивают порошок несколькими каплями спирта.

10. Применение для приготовления растворов горячей воды при точных работах не рекомендуется. Хотя нагревание и ускоряет процесс растворения, оно приводит к изменению концентрации за счет испарения и к неточностям в измерении объемов.

11. Легко растворяющиеся твердые вещества и жидкости перемешивают вручную в закрытом сосуде (если не предвидится выделения газов или паров) путем встряхивания или многократного перевертывания сосуда; можно перемешивать их стеклянной лопаточкой в стакане.

## Первая помощь при несчастных случаях

Несчастные случаи (ожоги, ранения, отравления) в химической лаборатории являются следствием несоблюдения существующих инструкций по технике безопасности и правилами работы в лаборатории.

Оказание первой помощи пострадавшему заключается в следующем:

1. Немедленно снимите одежду, на которые попали химические вещества.  
2. Для устранения причины ожога смойте химические вещества с поверхности кожи, подержав пораженное место под холодной проточной водой не менее 20 минут. Если помощь при химическом ожоге оказывается с некоторым опозданием, продолжительность обмывания увеличивают до 30–40 мин.

3. Не пытайтесь удалить химические вещества салфетками, тампонами, смоченными водой, с пораженного участка кожи — так вы еще больше втираете химическое вещество в кожу.

4. Если агрессивное вещество, вызвавшее ожог имеет порошкообразную структуру (например, известь), то следует вначале удалить остатки химического вещества и только после этого приступить к обмыванию обожженной поверхности. Исключение составляют случаи, когда вследствие химической природы агента контакт с водой противопоказан. Например, алюминий, его органические соединения при соединении с водой воспламеняются.

5. Если после первого промывания раны ощущение жжения усиливается, повторно промойте обожженное место проточной водой в течение еще нескольких минут.

6. После обмывания химического ожога необходимо по возможности нейтрализовать действие химических веществ.

Если вы обожглись кислотой — обмойте поврежденный участок кожи мыльной водой или 2-процентным раствором пищевой соды (это 1 чайная ложка пищевой соды на 2,5 стакана воды), чтобы нейтрализовать кислоту.

Если вы обожглись щелочью, то обмойте поврежденный участок кожи слабым раствором лимонной кислоты или уксуса.

При попадании на кожу фенола, брома или других раздражающих веществ следует немедленно промыть пораженное место соответствующим органическим растворителем (спирт, бензол, керосин, эфир и др.).

7. При отравлении хлором, бромом, окислами азота, галогенангидридами надо вдыхать аммиак с ватки, смоченной разбавленным раствором аммиака (нашатырный спирт), а также выпить молока.

8. При ожогах пламенем немедленно промывают обожженное место 10%-ным раствором перманганата калия или накладывают на него компресс из спиртового раствора таннина.

9. При порезах рану обрабатывают спиртовым раствором иода и перевязывают. После оказания первой помощи пострадавшего следует немедленно направить в медпункт.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## 1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ХИМИКАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА

### 1.1. Проклейка бумаги и картона

Для придания бумаге некоторых специфических свойств применяются проклеивающие вещества.

К числу проклеивающих относятся вещества, которые сообщают бумаге водостойкость, а также те, которые связывают волокна в бумажном листе между собой и тем самым способствуют повышению механической прочности бумаги.

Вещества, применяемые для проклейки картона, можно разделить на три группы:

- придающие гидрофобность (канифоль и различные ее модификации, парафин, стеараты, латекс, воски, силиконы и др.);
- усиливающие гидрофобность и одновременно повышающие прочность (животный клей, крахмал и его производные, казеин, производные целлюлозы (метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза), поливиниловый спирт, поливинилацетат, полиакриламид и др.);
- обеспечивающие влагопрочность (карбамидо- и меламиноформальдегидные смолы).

### ***Лабораторная работа № 1*** **АНАЛИЗ КАНИФОЛИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОГО И ЭФИРНОГО ЧИСЕЛ КАНИФОЛИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕОМЫЛЯЕМЫХ ВЕЩЕСТВ**

***Цели работы:*** выработка практических навыков определения основных показателей канифоли; закрепление теоретических знаний о проклейке канифольным клеем.

***Задача работы:*** овладеть лабораторными методами контроля показателей канифоли.

***Задания:***

1. Определить кислотное и эфирное числа канифоли по существующей методике, рассчитать кислотное число канифоли.
2. Определить число омыления и содержание неомыляемых веществ канифоли.
3. По результатам химического анализа провести соответствующие расчеты.

### ***Теоретические сведения***

**Канифоль** представляет собой смесь изомерных одноосновных смоляных кислот состава  $C_{20}H_{30}O_2$  ( $C_{19}H_{29}COOH$ ) с преобладанием абиетиновой и дикропимаровой кислот. В канифоли содержатся также производные смоляных кислот и небольшое количество нейтральных веществ. Содержание смоляных кислот в канифоли и их состав зависят от способа получения.

В зависимости от способа получения канифоль подразделяется на живичную, экстракционную и талловую.

Живичную канифоль получают из сосновой живицы отделением примесей (сор и вода) и отгонкой скипидара.

Экстракционную канифоль получают экстрагированием органическими растворителями пневой древесины сосны. В качестве растворителя обычно применяют бензин.

Талловая канифоль представляет собой смесь смоляных кислот, выделяемых при ректификации таллового масла.

Канифоль применяется для приготовления клея при проклейке бумаги и представляет собой хрупкую, твердую смолу от прозрачного светло-желтого до едва прозрачного бурого цвета.

Канифоль характеризуется цветом, содержанием золы, влаги и механических примесей, содержанием неомыляемых веществ, кислотным числом и температурой размягчения.

В табл. 1 приведены некоторые характеристики канифоли, применяемой в целлюлозно-бумажной промышленности по ГОСТ 797-55.

Таблица 1 — Свойства канифоли в зависимости от вида сырья

Основные показатели канифоли	Канифоль, получаемая из следующего сырья		
	сосновой живицы	лиственничной живицы	таллового масла
Смоляные кислоты, %	83—94	72	84—92
Кислотное число	150—180	138	150—175
Неомыляемые вещества, %	6,5—10,5	19—17,5	7—12
Температура размягчения, °С	54—72	—	60—80
Содержание золы, %	0,05	0,05	0,05

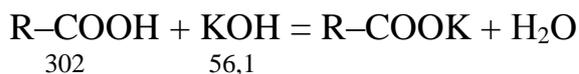
### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА КАНИФОЛИ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; колба коническая вместимостью 250 мл с обратным холодильником; мерный цилиндр вместимостью 50 мл; бюретка вместимостью 15 мл; коническая колба вместимостью 100 мл; спирт этиловый 90 %, свеженейтрализованный по фенолфталеину, 50 мл; 0,5 н КОН спиртовой раствор; 1 %-ный раствор фенолфталеина; канифоль.

Кислотное число характеризует наличие смоляных кислот, нейтрализующихся при комнатной температуре в спиртовой среде, спиртовым раствором КОН.

*Кислотным числом канифоли* называют количество миллиграммов гидроксида калия (мг, КОН), необходимого для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г канифоли.

Кислотное число канифоли определяется по реакции



Исходя из молекулярной массы абиетиновой кислоты (302) и КОН (56,1), теоретическое кислотное число будет равно 185.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Для определения кислотного числа берут навеску около 2 г канифоли, предварительно истертой в ступке до порошкообразного состояния, взвешенной на аналитических весах, и растворяют ее в 50 мл нейтрализованного 90 % этилового спирта в колбе 250 мл при кипячении с обратным холодильником в течение 5 мин.

После охлаждения раствор титруют 0,5 н спиртовым раствором гидроксида калия (или гидроксида натрия) в присутствии фенолфталеина до исчезающего розового окрашивания.

Кислотное число  $K_{\text{ч}}$ , мг/г, вычисляют по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{V \times A \times k}{m},$$

где  $V$  — объем точно 0,5 н спиртового раствора КОН, пошедшего на титрование, мл;  $A$  — масса КОН, содержащегося в 1 мл точно 0,5 н раствора КОН, спиртового раствора щелочи (для NaOH  $A = 19,998$ ; для КОН  $A = 28,053$ );  $k$  — поправочный коэффициент к раствору КОН (определяется титрованием с 0,5 н HCl) (для NaOH  $k = 1,403$ ; для КОН  $k = 1$ );  $m$  — масса канифоли, взятой для анализа, г.

Более четкий переход при титровании, особенно при анализе канифоли темного цвета, наблюдается при использовании в качестве индикатора щелочного голубого красителя. Индикатор добавляется в количестве 1 мл, переход цвета — от грязно-синего до буро-красного.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФИРНОГО ЧИСЛА КАНИФОЛИ**

***Обеспечивающие средства:*** колба коническая вместимостью 250 мл с обратным холодильником; коническая колба вместимостью 100 мл; бюретка вместимостью 15 мл; 0,5 н КОН спиртовой раствор; 1 %-ный раствор фенолфталеина; 0,5 н раствор HCl.

*Эфирным числом* называется количество миллиграммов КОН, необходимого для омыления связанных в виде сложных эфиров кислот, содержащихся в 1 г канифоли.

Эфирное число характеризует содержание связанных кислот в канифоли и определяется как разность между числом омыления и кислотным числом.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

В раствор, в котором определялось кислотное число, добавляют из бюретки 25—30 мл 0,5 н спиртового раствора КОН и кипятят в колбе с обратным холодильником на водяной бане в течение 30 мин. Избыток щелочи оттитровывают 0,5 н раствором НСl в присутствии фенолфталеина (до исчезновения красно-розовой окраски).

Эфирное число канифоли  $\mathcal{E}_ч$ , мг/г, вычисляют по формуле:

$$\mathcal{E}_ч = \frac{A \times (V_1 \times k - V_2)}{m},$$

где  $A$  — масса КОН, содержащегося в 1 мл точно 0,5 н раствора КОН, спиртового раствора щелочи (для NaOH  $A = 19,998$ ; для КОН  $A = 28,053$ );  $V_1$  — объем точно 0,5 н спиртового раствора КОН пошедшего на титрование (25—30 мл), мл;  $k$  — поправочный коэффициент к раствору КОН (определяется титрованием с 0,5 н НСl) (для NaOH  $k = 1,403$ ; для КОН  $k = 1$ );  $V_2$  — объем точно 0,5 н НСl, пошедший на титрование пробы, мл;  $m$  — масса канифоли, взятой для анализа, г.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ОМЫЛЕНИЯ**

***Обеспечивающие средства:*** весы лабораторные аналитические; колба коническая вместимостью 250 мл с обратным холодильником; коническая колба вместимостью 100 мл; бюретка вместимостью 25 мл; 0,5 н КОН спиртовой раствор; 1 %-ный раствор фенолфталеина; канифоль; 0,5 н раствор НСl.

Число омыления характеризует суммарное содержание свободных и связанных в виде эфиров смоляных кислот в канифоли.

Числом омыления канифоли называется количество миллиграммов КОН, необходимое для полной нейтрализации при нагревании свободных смоляных кислот и связанных в виде эфиров, содержащихся в 1 г канифоли.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

В конической колбе на 250 мл с обратным холодильником нагревают 2 г измельченной канифоли с 25 мл 0,5 н спиртового раствора КОН в течение 1 часа. Затем раствор охлаждают и титруют избыток щелочи 0,5 н НСl с фенолфталеином до исчезновения розового окрашивания.

Число омыления  $\mathcal{O}_ч$ , мг/г, вычисляют по формуле:

$$\mathcal{O}_ч = \frac{A \times (V_1 \times k - V_2)}{m},$$

где  $A$  — масса КОН, содержащегося в 1 мл точно 0,5 н раствора КОН, спиртового раствора щелочи (для NaOH  $A = 19,998$ ; для КОН  $A = 28,053$ );  $V_1$  — объем точно 0,5 н спиртового раствора КОН пошедшего на титрование, мл;  $k$  — поправочный коэффициент к раствору КОН (определяется титрованием с 0,5 н НСl) (для NaOH  $k = 1,403$ ; для КОН  $k = 1$ );  $V_2$  — объем 0,5 н НСl, пошедший на титрование неизрасходованного КОН в пробе после омыления, мл;  $m$  — масса канифоли, взятой для анализа, г.

Число омыления, которое используется для расчета расхода щелочи на варку канифольного клея, можно определить также расчетным путем при известных значениях показателей  $K_q$  и  $\mathcal{E}_q$ .

Число омыления принято выражать в процентах от массы канифоли. Таким образом, *число омыления* — это выраженное в процентах количество КОН, пошедшее на нейтрализацию и омыление всех свободных и связанных в виде сложных эфиров кислот канифоли.

Расчетное число омыления  $O_q$ , %, вычисляют по формуле:

$$O_q = \frac{(K_q + \mathcal{E}_q) \times 100}{1000}.$$

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕОМЫЛЯЕМЫХ ВЕЩЕСТВ

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; конические колбы вместимостью 100 мл, 250 мл; мерный цилиндр вместимостью 50 мл; делительная воронка вместимостью 500 мл; колба со шлифом вместимостью 500 мл для отгонки эфирной вытяжки; водяная баня; сушильный шкаф; 0,2 н КОН спиртовой раствор; 50 %-ный раствор этилового спирта.

Содержащиеся в канифоли неомыляемые вещества представляют собой сложную смесь, состоящую из терпеновых углеводов и их спиртов, многоатомных спиртов (фитостеринов), сесквитерпенов, резенов, продуктов разложения смоляных кислот. Все эти вещества имеют нейтральный характер.

Неомыляемые вещества снижают качество канифоли, поэтому их содержание должно быть не выше 6,5—7,5 % (ГОСТ Р 50482-93).

Определение содержания неомыляемых веществ основано на их способности растворяться в некоторых органических растворителях, петролейном эфире, легком бензине и серном эфире.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

В колбу объемом 100 мл помещают 5 г измельченной канифоли, взвешенной на технических весах, и растворяют ее в 25 мл спиртового 2 н раствора гидроксида калия (3 г гидроксида калия в 25 мл 95 %-ного этилового спирта). Содержимое кипятят с обратным холодильником в течение 30 мин. Затем наливают в колбу 20 мл воды и кипятят ее в течение 15 мин. Охлажденную смесь сливают в делительную воронку объемом 500 мл. Колбу ополаскивают 20 мл 50 %-ного этилового спирта и 20 мл петролейного эфира и сливают в делительную воронку, в которую затем добавляют еще 50 мл чистого петролейного эфира.

После тщательного взбалтывания раствором дают отстояться. Через некоторое время происходит разделение слоев, над которыми производят следующие операции: нижний слой — раствор мыла в спирте — сливают в другую делительную воронку, а эфирный раствор неомыляемых промывают 2 раза этиловым спиртом. Для этого каждый раз берут по 20 мл 50 % этилового спирта, который после взбалтывания и отстаивания сливают в делительную воронку со спиртовым раствором мыла.

Мыльный раствор экстрагируют трехкратно петролейным эфиром ( по 50 мл), присоединяя эти экстракты к эфирному раствору в первой делительной воронке. Собранные эфирные вытяжки промывают 50 мл 50 % спирта, затем тщательно отделяют от него в сухую взвешенную колбу объемом 300 мл. Петролейный эфир отгоняют на водяной бане, а колбу с остатком сушат при 105 °С в течение 1 ч и взвешивают.

Содержание неомыляемых веществ, % вычисляют по формуле:

$$O_{\text{ч}} = \frac{m_1 \times 100}{m_2},$$

где  $m_1$  — масса сухого остатка, г;  $m_2$  — навеска канифоли, взятой для анализа. г.

## **Лабораторная работа № 2** **ВАРКА КАНИФОЛЬНОГО КЛЕЯ**

**Цель работы:** приобрести навыки расчета и приготовления (варки) канифольного клея.

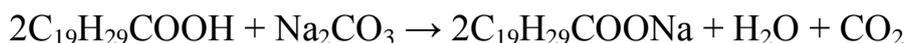
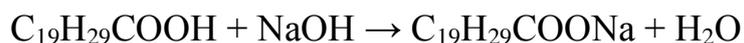
### **Задачи работы:**

1. Освоить расчеты необходимые для приготовления (варки) канифольного клея.
2. Овладеть техникой приготовления канифольного клея.

**Задание:** рассчитать и приготовить канифольный клей в соответствии с заданием преподавателя.

### **Теоретические сведения**

При приготовлении канифольного клея путем варки канифоли гидроксидом натрия или содой происходит нейтрализация смоляных кислот. Образующийся при этом смолянокислый натрий (резинат натрия) хорошо растворяется в воде:



Для полной нейтрализации канифоли, считая на абиетиновую кислоту, теоретически необходимо 13,3 % NaOH или 17,5 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> от массы канифоли.

В зависимости от количества гидроксида натрия, взятого для варки клея, и, соответственно, от полноты нейтрализации кислот канифоли различают три вида клея (разное содержание свободных смоляных кислот):

- 1) нейтральный, характеризующийся полной нейтрализацией свободных смоляных кислот (содержание свободной смолы не более 5—8 %);
- 2) белый (частично нейтрализованный) — с содержанием свободных смоляных кислот до 40 %;
- 3) высокосмоляной — с содержанием свободной смолы до 70—90 %.

Нейтральный клей представляет собой гидродисперсию резината натрия и имеет янтарный или бурый цвет.

Белый клей — это коллоидная дисперсия свободной смолы в воде. Резинат натрия в этом случае выполняет роль поверхностноактивного вещества, обеспечивающего устойчивость дисперсии. Стабилизация частиц дисперсной фазы высокосмоляного клея осуществляется резинатом натрия и за счет дополнительного введения защитного коллоида — казеината натрия или казеината аммония.

Размеры частиц белого клея составляют 2—3 микрона. Клей чувствителен к солям жесткости воды. Проклейка белым клеем более эффективна, чем бурым. Концентрация белого клея при проклейке бумажной массы составляет 20 г/дм<sup>3</sup>.

Стабилизация частиц дисперсии невысокосмоляного клея осуществляется резинатом натрия и за счет введения защитного коллоида — казеината натрия. Размеры частиц высокосмоляного клея изменяются в пределах 0,2—2 микрон и в среднем равны примерно 0,5 микрона.

Высокосмоляной клей готовится концентрацией до 500 г/дм<sup>3</sup>. Такой клей обладает хорошей проклеивающей способностью, даже при проклейке волокнистых материалов с низкой адсорбционной способностью, например, тряпичной полумассы. Клей не чувствителен к жесткости производственной воды. При сушке бумаги не требуется высокой температуры.

Выбор канифольного клея зависит от вида бумаги, характера волокнистых полуфабрикатов, жесткости производственной воды и других факторов. В лабораторных условиях готовят нейтральный или белый клей. Задание на варку клея каждому студенту выдает преподаватель. Задание на варку клея каждому студенту выдается преподавателем.

## РАСЧЕТЫ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ КАНИФОЛЬНОГО КЛЕЯ

### Расчеты по приготовлению белого клея

Пример 1. Приготовить белый клей с содержанием 25 % свободной смолы. Навеска канифоли 10 г. Кислотное число канифоли 170 в ед. КОН. Для варки используют 1 н NaOH.

Для нейтрализации 10 г канифоли потребуется:

$$170 \times 10 = 1700, \text{ мг КОН} = 17 \text{ г КОН.}$$

В данном случае для приготовления белого клея необходимо:

$$\frac{1.7 \times (100 - 25)}{100} = 1.28, \text{ г КОН.}$$

Учитывая, что варка клея будет проводится не с КОН, а с NaOH, определяем количество гидроксида натрия, необходимого для варки клея:

$$\frac{1,28 \text{ экв NaOH}}{\text{экв КОН}} = \frac{1,28 \times 40}{56} = 0,91 \text{ г NaOH,}$$

Зная, что нормальный раствор NaOH содержит 40 г/дм<sup>3</sup> гидроксида натрия, определяем необходимый объем раствора:

$$\frac{0,91 \times 1000}{40} = 22,8 \text{ мл 1 н NaOH.}$$

**Пример 2.** Приготовить белый клей с содержанием свободной смолы 25 %. Навеска канифоли 5 г, число омыления канифоли 19,0 в ед. КОН. Для варки клея использовать 1 н раствор NaOH.

Расход щелочи на варку клея (в процентах от массы канифоли, %):

$$m = \frac{O_ч \times m_3}{m_2} \times \frac{100}{P} \times \frac{100 - C_{CB}}{100},$$

где  $O_ч$  — число омыления канифоли, %;  $m_3$  — эквивалентная масса щелочи, применяемой для варки;  $m_2$  — эквивалентная масса КОН, равная 56,1;  $P$  — содержание химически чистой щелочи, %;  $C_{CB}$  — количество свободной смолы в клее, %.

Получим

$$m = \frac{119,0 \times 40}{56,1} \times \frac{100}{96} \times \frac{100 - 25}{100} = 10,5 \text{ \%}.$$

В пересчете на массу канифоли 5 г потребуется:

$$\frac{5 \times 10,5}{100} = 0,52 \text{ г NaOH или } \frac{0,52 \times 100}{40} = 13,0 \text{ мл 1 н NaOH.}$$

### **Расчеты по приготовлению высокосмоляного клея**

Приготовить высокосмоляной клей с содержанием свободной смолы 80 %. Навеска канифоли — 200 г. Кислотное число канифоли в ед. КОН — 170. Расход казеина — 5 % от веса канифоли. Расход NaOH для растворения казеина — 10 % от массы последнего. Концентрация раствора гидроксида натрия — 300 г/дм<sup>3</sup>.

Для приготовления казеината натрия необходимо:

$$\frac{200 \times 5}{100} = 10 \text{ г казеина } \frac{10 \times 10}{100} = 1 \text{ г гидроксида натрия}$$

или

$$\frac{1 \times 1000}{300} = 3,3 \text{ мл раствора гидроксида натрия.}$$

При варке клея необходимо добавить NaOH, для полной нейтрализации канифоли:

$$170 \times 200 = 34000 \text{ ед. КОН} = 34 \text{ г КОН.}$$

При содержании свободной смолы, равном 80 %:

$$\frac{34 \times (100 - 80)}{100} = \frac{34 \times 20}{100} = 6,8 \text{ г КОН.}$$

При пересчете на гидроксид натрия:

$$\frac{6,6 \times 40}{56} = 4,9 \text{ г NaOH.}$$

или

$$\frac{4,9 \times 100}{300} = 16,3 \text{ мл раствора NaOH.}$$

## ПРИГОТОВЛЕНИЕ (ВАРКА) КАНИФОЛЬНОГО КЛЕЯ

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; водяная баня; электроплитка; конические колбы вместимостью 500, 250 и 100 мл; фарфоровая посуда; мерные колбы 500 и 1000 мл; NaOH; канифоль; 0,1 н раствор NaOH.

### *Порядок выполнения лабораторной работы*

#### **Варка белого клея**

Варку белого клея проводят следующим образом. Отмеренный объем раствора NaOH, выливают в фарфоровую чашку, куда приливают затем небольшое количество воды (объем жидкости в чашке должен быть 20—25 мл) и ставят на кипящую водяную баню. После нагревания раствора до 70—80 °С в чашку при тщательном помешивании постепенно всыпают истертую в порошок заданную навеску канифоли. Варку клея продолжают в течение 0,5—1 часа при непрерывном перемешивании. Для поддержания постоянного объема жидкости по мере выпаривания воды в чашку периодически добавляют небольшое количество горячей воды.

Признаком готовности клея является следующее: проба клея стекает со стеклянной палочки тонкими пленками, не образуя нитей, при добавлении теплой воды наблюдается побеление клея после окончания варки клей разбавляют при энергичном размешивании горячей водой (почти до краев чашки). Полученную эмульсию переносят в мерную колбу объемом 500 мл и окончательно разводят холодной водой до метки.

Аналогично варят и нейтральный клей. Его готовность определить значительно проще: клей готов, когда вся канифоль растворилась и образовался однородный раствор бурого цвета.

#### **Варка высокосмоляного клея**

Казеин засыпают в стакан, заливают водой комнатной температуры и оставляют набухать в течение 2—10 час. Затем содержимое стакана подогревают на водяной бане до 30—45 °С и добавляют раствор гидроксида натрия. Массу перемешивают мешалкой в течение 1,5—2 часа до полного растворения комков.

Высокосмоляной клей варят на водяной бане. В стакан объемом 1 л заливают 120 мл воды и 16,3 мл раствора NaOH.

После нагревания раствора до 85—90 °С постепенно при перемешивании засыпают 200 г канифоли. Варка клея продолжается 0,5—1 часа при перемешивании и периодическом добавлении горячей воды для восполнения чрезмерной потери воды за счет ее испарения.

Варка считается законченной, когда вся канифоль расплавилась — кусочки канифоли отсутствуют, и проба клея стекает с палочки тонкими пленками без образования нитей. При этом объем массы должен составлять примерно 250 мл. Если в процессе варки выпарилась больше воды, то добавляют горячую воду и перемешивают клей. Если объем больше 250 мл, варку продолжают, хотя канифоль может быть и вся расплавлена. Соблюдение этого условия обеспечит в дальнейшем получение надлежащего качества клея. Далее, при увеличенной частоте вращения мешалки постепенно в течение 8—12 минут вводят раствор казеината натрия, нагретый до температуры 40 °С. при этом нагрев водяной бани прекращается. Образование защитного слоя на частицах свободной канифоли является абсорбционным процессом, причем он сопровождается выделением тепла. При введении казеина наблюдается выделение пара из массы. В это время следует увеличить количество казеина. Когда парение прекращается — подачу казеина сокращают, так как может наступить загустение массы. В последнем следует сократить подачу казеина или вовсе прекратить ее, не останавливая мешалки. Когда произойдет разжижение массы, подача казеина продолжается. К концу подачи казеина клеевая масса приобретает белый сметанообразный вид, что свидетельствует о правильности протекания процесса.

После охлаждения клеевой пасты до температуры 80—75 °С начинают добавлять при перемешивании воду с температурой 30—35 °С. разбавление производят до объема примерно 750 мл, т. е. концентрации клея 250—300 г/дм<sup>3</sup>. при необходимости дальнейшего разбавления его можно производить холодной водой.

### **Лабораторная работа № 3** **АНАЛИЗ КАНИФОЛЬНОГО КЛЕЯ**

**Цели работы:** выработка практических навыков определения основных характеристик канифольного клея; закрепление теоретических знаний о проклейке канифольным клеем.

**Задачи работы:** овладеть лабораторными методами контроля характеристик канифольного клея.

#### **Задание:**

1. Провести анализ канифольного клея приготовленного по заданию преподавателя. В нейтральном канифольном клее анализируют содержание сухого остатка. В белом клее определяют содержание сухого остатка (концентрацию клея), щелочи, канифоли и свободной смолы, степень дисперсности клея.

2. По результатам химического анализа провести соответствующие расчеты.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КЛЕЯ ПО СУХОМУ ОСТАТКУ**

**Обеспечивающие средства:** сушильный шкаф; водяная баня; пипетки вместимостью 20 мл; фарфоровая посуда.

*Концентрация массы* — отношение сухого вещества к массе сухого остатка клея, выраженное в процентах.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Пипеткой отбирают 20 мл белого или нейтрального клея, переносят его в предварительно взвешенный тигель и, осторожно выпарив воду на водяной бане, высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы.

Концентрацию клея (%), г/дм<sup>3</sup>, рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{a * 1000}{200},$$

где  $C$  — концентрацию клея (%);  $a$  — масса сухого остатка клея, г.

### **Контрольные вопросы**

1. Химический состав канифоли.
2. Какие виды канифоли существуют?
3. В чем заключается метод определения кислотного числа канифоли?
4. В чем заключается метод определения неомыляемых веществ канифоли?
5. Как определяют и что характеризует эфирное число канифоли?

## **СОДЕРЖАНИЕ ЩЕЛОЧИ (ГИДРОКСИДА) В БЕЛОМ КЛЕЕ**

*Обеспечивающие средства:* электроплитка; коническая колба вместимостью 200 мл; пипетка вместимостью 20 мл; мерные цилиндры 100 мл; 0,1 н раствор H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,1 н раствор NaOH; 0,1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Пипеткой в коническую колбу плоскодонную колбу объемом 200 мл переносят 20 мл белого клея, и приливают 30 мл 0,1 н серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Раствор нагревают над электроплиткой. Выпавший хлопьевидный осадок канифоли собирают в комочек вращением колбочки. После небольшого охлаждения колбочки комочки вынимают препарировальной иглой и обмывают струей воды над колбой.

Избыток кислоты оттитровывают 0,1 н раствором гидроксида натрия NaOH. В присутствии фенолфталеина. По количеству кислоты, затраченной на разложение клея, рассчитывают содержание гидроксида натрия (г/л) в клее:

$$A = \frac{(30 - a) * 1000 * 0,004}{20},$$

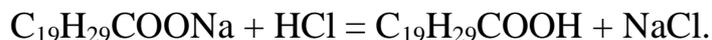
где  $A$  — содержание гидроксида натрия, г/л;  $a$  — количество 0,1 н раствора гидроксида натрия пошедшего на титрование, мл

Путем вычитания из содержимого сухого остатка найденного количества гидроксида определяют содержание канифоли в белом клее.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА КАНИФОЛИ В КАНИФОЛЬНОМ КЛЕЕ

**Обеспечивающие средства:** водяная баня; коническая колба вместимостью 100 мл; пипетки вместимостью 20 и 50 мл; 1 н раствор HCl.

Сущность метода заключается в обработке гидродисперсии модифицированной канифоли соляной кислотой. При этом происходит разложение резината натрия и коагуляция при нагревании всех частичек смоляных кислот, как образовавшихся, так и присутствовавших:



### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Для этого анализа в коническую колбу 100 мл пипеткой наливают 20 мл гидродисперсии модифицированной канифоли и обрабатывают ее 10 мл 1 н раствором соляной кислоты. Затем содержимое колбы нагревают на кипящей водяной бане. Выпавший хлопьевидный осадок канифоли путем вращения колбы собирают в комочек, извлекают его из колбы, промывают дистиллированной водой и высушивают между листов фильтровальной бумаги. Затем высушенный комочек взвешивают на аналитических весах и рассчитывают общее содержание канифоли ( $B$ , г/л) по формуле

$$B = \frac{P \times 1000}{20},$$

где  $P$  — масса полученного осадка из 20 мл гидродисперсии модифицированной канифоли, г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНОЙ СМОЛЫ В КЛЕЕ

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; спиртовая горелка или электроплитка; водяная баня; фарфоровая чашка 200 мл; нейтральный 96 %-ный этиловый спирт; 0,1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина; 1 н раствор NaOH.

Содержание свободной смолы является важнейшей характеристикой канифольного клея, влияющей на качество клеевой эмульсии и ее проклеивающую способность.

Для определения содержания свободной смолы в клее наиболее приемлемы методы титрования и эфирной экстракции.

Сущность метода заключается в титровании спиртового раствора гидродисперсии модифицированной канифоли спиртовым раствором КОН в присутствии фенолфталеина. Количественное титрование возможно лишь в спиртовой среде — во избежание гидролитического воздействия воды на смолянокислый натрий.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Для проведения анализа методом титрования отвешивают около 1 г канифольного клея в предварительно взвешенной фарфоровой чашке объемом 100 мл. При слабом подогреве на водяной бане (температура 60—70 °С) растворяют клей в 50 мл нейтрального 96 %-ного этилового спирта. К теплomu раствору прибавляют две-три капли фенолфталеина и титруют 1 н раствором гидроксида натрия до слабого розового окрашивания. Содержание свободной смолы определяют по формуле

$$m_c = \frac{V \times m \times 100}{g}, \quad (1)$$

где  $m_c$  — массовая доля свободной смолы, %;  $V$  — объем 1 н раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование, мл;  $m$  — масса канифоли, нейтрализованной 1 мл 1 н раствора гидроксида натрия, г;  $g$  — масса клея, взятого для анализа, г.

Значение  $m$  рассчитывают по формуле

$$m = \frac{100 \times 0.04 \times 56}{K_a \times 40} = \frac{56}{10 \times K_a}, \quad (2)$$

где  $K_a$  — кислотное число канифоли, мг КОН/г;

Подставляя  $m$  в формулу (1), окончательно получим формулу для расчета  $m_c$ :

$$m_c = \frac{560 \times V}{g \times K_a} \quad (3)$$

### **Контрольные вопросы**

1. Для чего применяется канифольный клей в производстве бумаги?
2. Виды канифольного клея.
3. Провести расчет для белого клея с содержанием 14 % свободной смолы (навеска канифоли 10 гр., кислотное число канифоли в единицах КОН 160).
4. Анализ канифольного клея (определение концентрации канифольного клея, определение содержания щелочи, свободных смоляных кислот в канифольном клее).
5. Факторы, влияющие на эффективность процесса проклейки бумаги и картона при использовании различных видов клея.

## **1.2. Наполнение бумаги и картона**

**Цели работ:** приобрести навыки расчета приготовления суспензии наполнителя и ее анализа; закрепить теоретические знания о наполнении бумаги и картона.

### **Задачи работ:**

1. Освоить расчеты необходимые для приготовления суспензии наполнителя.

2. Овладеть техникой приготовления суспензии наполнителя.
3. Овладеть лабораторными методами контроля характеристик наполнителя.

### **Задания:**

1. Приготовить суспензию наполнителя по заданию преподавателя.
2. Провести анализ приготовленной суспензии наполнителя.
3. По результатам химического анализа провести соответствующие расчеты.

### **Теоретические сведения**

Многие виды бумаги и картона изготавливаются с использованием минеральных наполнителей (каолин, бланфикс, гипс, мел, тальк, двуокись титана, сульфид цинка и другие), которые придают готовой продукции белизну, светонепроницаемость, мягкость, гладкость, а также повышают печатные свойства.

Зольность косвенно характеризует количество наполнителя в бумаге (картоне), так как естественная зольность волокон менее 1 %.

По зольности бумагу делят на четыре группы:

– бумага с естественной зольностью — фильтровальная, электроизоляционная, основа для фибры и пергамента, жиронепроницаемая; наполнители не вводятся;

– бумага малозольная (с зольностью до 5 %) — газетная, мундштучная, обойная и др.; в этих видах бумаги важно сохранить механическую прочность, поэтому повышение содержания наполнителей, существенно снижающих механические показатели бумаги, нецелесообразно;

– бумага средней зольности — писчая с зольностью до 6—8 %, некоторые виды бумаги для печати с зольностью до 15 %; в эти виды бумаги наполнитель вводится в ограниченных количествах;

– бумага высокозольная (зольность свыше 15 %) — это типографская, для глубокой печати и др.; для этих бумаг важно иметь хорошие печатные свойства и высокую непрозрачность, поэтому содержание наполнителя в них большое.

Общим недостатком введения наполнителей является заметное снижение механической прочности и степени проклейки бумаги. Кроме того, с увеличением содержания наполнителей в большей степени обнаруживается пылимость бумаги — явление отделения от поверхности бумаги мелких волокон, частиц наполнителя, проклеивающих веществ. Этот эффект резко ухудшает качество печати — бумажная пыль прилипает к печатной форме, забивает набор и клише.

Минеральные наполнители отличаются химическим составом ( $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ), белизной по фотометру (60—98 %), коэффициентом преломления света (1,3—2,7), размером частиц (0,6—15,5 мкм) и удельной массой (2,3—5,6 г/мл). Внешний вид наполнителя — сухой порошок либо гранулы. Используется он, как правило, в виде 10 %-ных суспензий.

На степень удержания наполнителя в бумаге влияют свойства наполнителя и волокнистой массы, порядок введения химикатов, степень помола бумажной массы, pH среды, обусловленная наличием в массе сульфата алюминия или другой алюминиевой соли, проклеивающих веществ и других добавок, режим

обезвоживания, закисленность оборотных вод в производстве, а также применение специальных флокулирующих агентов, например полиакриламида или полиэтиленimina, повышающих удержание наполнителей в бумаге.

#### **Лабораторная работа № 4** **ПРИГОТОВЛЕНИЕ СУСПЕНЗИИ НАПОЛНИТЕЛЯ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; сетка № 80; фарфоровый стакан 250 мл; мерная колба 100 мл; дистиллированная вода; наполнители (каолин, бланфикс, мел, тальк и др.).

##### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Для приготовления 10 %-ной суспензии наполнителя на аналитических весах взвешивают 20,0 г сухого наполнителя и помещают его в фарфоровый стакан, куда добавляют 180 г дистиллированной воды.

После перемешивания стеклянной палочкой в течение 10 мин полученную суспензию фильтруют через сетку № 80 с целью удаления механических включений.

Определение концентрации суспензии наполнителя осуществляется при помощи сравнения массы этой суспензии с массой такого же объема дистиллированной воды. Для этого в предварительно взвешенную на аналитических весах мерную колбу наливают до метки суспензию наполнителя. Колбу с суспензией взвешивают и отмечают ее массу. Затем в эту же колбу до метки наливают только дистиллированную воду и колбу с водой снова взвешивают. Концентрацию суспензии наполнителя ( $C$ , %) рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{P_3 - P_1 - P_2}{1 - \frac{1}{\rho}}$$

где  $P_3$  — масса колбы с суспензией наполнителя, г;  $P_1$  — масса пустой колбы, г;  $P_2$  — масса воды в колбе, г;  $\rho$  — плотность сухого наполнителя, г/мл (для каолина  $\rho = 2,6$ ; для бланфикса  $\rho = 4,35$ ; для гипса  $\rho = 2,3$ ; для мела  $\rho = 2,7$ ; для талька  $\rho = 2,5$ ; для двуокиси титана  $\rho = 3,9$ ; для окиси цинка  $\rho = 5,6$ ).

#### **Лабораторная работа № 5** **АНАЛИЗ СУСПЕНЗИИ НАПОЛНИТЕЛЯ**

##### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ ИЛИ ЩЕЛОЧНОСТИ** **СУСПЕНЗИИ НАПОЛНИТЕЛЯ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; рН-метр; колба 100 мл; мерная бюретка; 0,1 н раствор HCl; 0.1 н раствор NaOH; растворы индикаторов метилоранжа и фенолфталеина.

Кислотность или щелочность суспензии наполнителя определяют по значению рН при помощи рН-метра. Более точное определение основывается на цветовом переходе окраски индикатора.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

На аналитических весах взвешивают 50 г суспензии наполнителя и оттитровывают пробу 0,1 н раствором соляной кислоты или 0,1 н едкого натра в присутствии индикаторов метилоранжа или фенолфталеина. В табл. 2 приводятся интервалы перехода окраски индикаторов при комнатной температуре.

Таблица 2 — Интервалы рН перехода окраски индикаторов

Название индикатора	Цвет кислотной формы	Цвет щелочной формы	Интервал рН
Метилоранж	Красный	Желтый	3,4—4,4
Фенолфталеин	Бесцветный	Малиновый	8,2—10,0

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ НАПОЛНИТЕЛЯ**

***Обеспечивающие средства:*** секундомер; мерный цилиндр 250 мл.

Определение размеров частиц наполнителя основывается на скорости их осаждения в мерном цилиндре 250 мл.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Находят время осаждения 250 мл суспензии наполнителя (верхний слой — вода, нижний слой — наполнитель). Радиус частиц наполнителя ( $R$ , м) рассчитывают по формуле Стокса:

$$R = 0.537 \sqrt{\frac{H}{t}},$$

где  $H$  — высота верхнего слоя, м;  $t$  — время разделения суспензии наполнителя, с.

### ***Контрольные вопросы***

1. Виды и свойства наполнителей.
2. Применение наполнителей в композиции бумаги и картона.
3. Влияние наполнителей на свойства бумаги и картона.
4. На чем основывается определение размеров частиц наполнителя.

## **1.3. Крашение бумаги и картона**

***Цели работ:*** выработка практических навыков приготовления раствора красителя и его анализа; закрепление теоретических знаний о крашении бумаги и картона.

### ***Задачи работ:***

1. Овладеть техникой приготовления раствора красителя.

2. Овладеть лабораторными методами определения типа красителя и его взаимодействие с волокнистыми полуфабрикатами.

### **Задания:**

1. Приготовить 1 %-ный раствор красителя.
2. Определить знак заряда красителя.
3. Определить тип красителя химическим и колористическим методом.
4. Получить и сравнить выкраски отливок из различных волокнистых полуфабрикатов.
5. Определить группу красителя окрашенных образцов бумаги.
6. Полученные образцы (фильтровальные бумажки с каплями красителя, выкраски волокнистых полуфабрикатов) приложить к отчету.

### **Теоретические сведения**

Внешний вид является одним из основных качественных показателей бумаги. Он зависит не только от отделки, но и от окраски бумаги. Поэтому крашение и подцветка являются важными процессами бумажного производства.

Окрашенными выпускаются следующие виды бумаги: писчая, цветная, литографская, промокательная, афишная, конвертная, упаковочная, оберточная. Для подцветки бумаги применяют небольшое количество синих, фиолетовых или красных красителей. Подцветка устраняет желтизну и сырые тона бумаги, и делают ее оттенок более живым и белым. Газетная, печатные, документная бумаги могут вырабатываться с подцветкой.

В бумажной промышленности применяются органические и неорганические красители. Преобладающее применение для крашения и подцветки бумажной массы получили искусственные органические или так называемые анилиновые красители.

Наибольшее применение при крашении бумаги получили основные, прямые и кислотные красители.

Основные красители, содержащие группы  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ,  $-\text{NHCH}_3$ ,  $-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ , (аурамин, родамин, метиленовый голубой, хризондин и др.), по своей химической природе являются солями органического основания и серной, соляной, азотной, уксусной или щавелевой кислот.

При крашении краситель сначала адсорбируется волокном, а затем диффундирует с поверхности вглубь волокна до тех пор, пока не наступит равновесие между концентрациями красителя в растворе и в волокне, при котором краситель равномерно распределяется в толще волокна. Основные красители хорошо окрашивают волокна древесной массы и небеленой целлюлозы, богатые лигнином и гемицеллюлозами.

Основные красители обладают ярким цветом, однако имеют низкую светопрозрачность и чувствительны к изменению pH среды и жесткости производственной воды. Применяются они в основном для крашения недолговечной бумаги, содержащей не древесную массу и небеленую целлюлозу.

Кислотные красители (содержащие активные группы  $-\text{SO}_3\text{Na}$  либо  $-\text{COONa}$ ), по своему химическому составу являются натриевыми, реже калиевыми или аммониевыми солями ароматических сульфокислот и сульфокар-

боксикислот. Эти красители имеют сродство к животному волокну и хорошо окрашивают шерсть, шелк и полиамидные волокна.

В растворе кислотные красители имеют отрицательный заряд, как и целлюлозные волокна. Поскольку эти красители не имеют химического сродства с целлюлозой и в растворе имеют одинаковый с ней заряд, то для их закрепления на волокнах обязательно нужно вводить сернистый алюминий, который образует с анионом красителя окрашенный лак, осаждаемый на волокне.

Эти красители хуже фиксируются на волокне, чем основные, но при окраске сложной композиции не дают «мраморности бумаги». При крашении кислотными красителями иногда в массу добавляют рассчитанные количества основного красителя, благодаря чему образуются лаки, хорошо осаждающиеся на волокнах.

Кислотные красители следует вводить в массу после канифольного клея, но до введения сернокислого алюминия. Эти красители уступают по своей яркости основным, однако они более светостойкие, но более чувствительны к высокой температуре поверхности сушильных цилиндров и «выгорают».

Прямые красители (содержащие группы  $-OH$ ,  $-NH_2$ ), представляют собой натриевые соли сульфокислот и сульфокар-боновых кислот сложных ароматических соединений..

Прямые красители по многим химическим свойствам сходны с кислотными красителями, однако имеют цепное строение, и в их структуре, помимо типичных хромофорных групп  $-N = Na-$ , содержатся также ауксохромные  $-OH$ ,  $-NH_2$  и др. Которые способны образовывать водородную связь с  $-OH$  группами целлюлозы. Эти красители и называются прямыми, так как могут адсорбироваться на волокнах без всяких протрав и сернокислого алюминия.

Сернокислый алюминий образует с красителями лаки, менее яркие, чем сам краситель, поэтому краситель надо вводить в массу до введения сернокислого алюминия. Эти красители очень хорошо окрашивают беленую целлюлозу, хуже небеленую и почти не окрашивают древесную массу, в которой  $-OH$ -группы целлюлозы блокированы лигнином.

Прямые красители являются самыми распространенными и дешевыми. Они обладают высокой светостойкостью, однако уступают по яркости основным.

Сущность крашения бумаги и картона в массе заключается в способности красителей диссоциировать в водной среде и последующем взаимодействии образующихся активных групп с активными группами целлюлозы.

На процесс крашения оказывают влияние следующие факторы: рН среды, природа волокна и степень помола, наличие добавок (клея, наполнителя, сернокислого алюминия), температура массы и сушки бумаги, каландрирование.

Расход красителей при крашении составляет 0,1—2,0 кг, а при подцветке 0,05—0,2 кг на 1 т бумаги.

## **Лабораторная работа № 6** **ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРА КРАСИТЕЛЯ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; мешалка; термостойкий химический стакан 250 мл; мерная колба 250 мл; фильтровальная бумага; различные виды красителя.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Приготовление 1 %-ного раствора красителя основано на взвешивании 2,5 г сухого красителя в сухом химическом стакане и последующем добавлении в него 100 мл горячей дистиллированной воды (60—80 °С).

При растворении прямых и кислотных красителей воду подогревают до 80 °С, основные красители растворяют при 50—60 °С. Полнота растворения красителя контролируется капельной пробой на фильтровальную бумагу. Если краситель растворился не до конца, то пятно на фильтровальной бумаге получается неравно окрашенным и в середине его легко можно заметить крупинки красителя.

После этого содержимое стакана переносят в мерную колбу 250 мл и доводят объем водой до метки.

## **Лабораторная работа № 7** **АНАЛИЗ РАСТВОРА КРАСИТЕЛЯ**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРАСИТЕЛЯ ПО ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ С ТАННИНОМ (ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД)**

**Обеспечивающие средства:** пробирки; 2. 10 %-ный раствор таннина.

Этот метод дает возможность отличить основные красители от прямых и кислотных.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

В пробирку наливают небольшое количество 0,5 %-ного раствора красителя и добавляют несколько капель 5 %-ного раствора уксуснокислого натрия (таннин), содержащего 5 % таннина в растворе. Основные красители образуют с таннином лак в виде хлопьевидного осадка, кислотные и прямые красители осадка не дают. К небольшому количеству раствора испытуемого красителя в пробирку приливают примерно такое же количество раствора или основного или кислотного красителя. Если произойдет образование мелких хлопьев, то красители противоположных классов. Образование осадка удобнее наблюдать при сильном разбавлении красителя после добавления таннина.

При одинаковых классах красителей хлопья не образуются. Осаждение может не произойти и том случае, если один из красителей взят с избытком.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРАСИТЕЛЯ (ПО ЗНАКУ ЗАРЯДА КРАСИТЕЛЯ)

**Обеспечивающие средства:** фильтровальная бумага; различные виды красителя.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Берут одну каплю 1 %-ного раствора испытуемого красителя и наносят на фильтровальную бумагу. Известно, что целлюлозные волокна в водной среде имеют отрицательный заряд. Поэтому положительно заряженный ион основного красителя будет фиксироваться волокном в месте нанесения на бумагу, а вода как нейтральная среда, растекаясь по бумаге, образует водный ореол. Отрицательно заряженный ион кислотного красителя отталкивается от одноименно заряженного волокна, поэтому капля красителя сильно растекается по бумаге без образования водного ореола. Прямые красители менее растворимы, чем кислотные. Они склонны образовывать коллоидные растворы и содержат частицы различной степени дисперсности. Хотя прямые красители в водной среде имеют отрицательный заряд, по растекаемости капли на фильтровальной бумаге они занимают промежуточное положение между кислотными и основными красителями.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРАСИТЕЛЯ ПО ОКРАСКЕ ВОЛОКОН (КОЛОРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД)

**Обеспечивающие средства:** водяная баня; спиртовка; фильтровальная бумага; пробирки; образцы волокнистых полуфабрикатов шерсти, хлопка; 3 %-ная уксусная кислота; 10 %-ный раствор таннина;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Определение группы красителя (по окраске волокон) основано на способности красителя окрашивать волокна различного происхождения. Известно, что кислотные красители хорошо окрашивают шерсть, основные красители — протравленные таннином хлопок, а прямые — хлопок без протравы.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

В пробирку с разбавленным 1 % раствором испытуемого красителя добавляют несколько капель уксусной кислоты, затем в нее погружают два кусочка пряжи: обезжиренную шерсть и протравленный таннином хлопок, и нагревают в течение 30 мин. Если окрашивается протравленный таннином хлопок, то краситель — основной, если шерсть — краситель кислотный или прямой.

Если при исследовании краситель окрашивает и шерсть, и протравленный таннином хлопок, испытание должно быть повторено в сильно разбавленном растворе красителя с добавлением большего количества уксусной кислоты.

В другую пробирку или колбочку наливают 1 %-ный раствор того же красителя, добавляют немного хлористого натрия или сульфата натрия, помещают непротравленный хлопок и нагревают. Если при этом хлопок окрашивается и окраска не смывается при дальнейшем кипячении хлопка в дистиллированной воде, то краситель является прямым.

## **Лабораторная работа № 8**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРАСИТЕЛЯ ОКРАШЕННОЙ БУМАГИ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; водяная баня; электрическая плитка; пробирки 25 %-ный раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; спиртовка;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 10 %-ный раствор уксусной кислоты; хлопок, шерсть, окрашенная бумага.

#### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Окрашенный образец бумаги массой 0,1—0,3 гр помещают в пробирку, добавляют 5—10 мл воды и 1 мл 25 %-ный раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$  и кипятят до получения окрашенного раствора. Затем образец бумаги удаляют и помещают в пробирку 10—30 мг хлопка и 5—30 мг сульфата натрия. Содержимое пробирки кипятят в течение 40—80 с. После охлаждения до комнатной температуры раствор удаляют, промытый хлопок анализируют.

Если интенсивность окраски хлопка можно сравнить с интенсивностью и оттенком исходного образца бумаги, то краситель является прямым. Если при обработке образца бумаги указанным способом получается окрашенный раствор, но хлопок оказывается незакрашенным, то вытяжку нейтрализуют 10 % раствором уксусной кислоты и подкисляют последующей добавкой 1 мл той же кислоты. вносят в пробирку 10—30 мг белой шерсти и содержимое пробирки кипятят в течение 30—40 с. Если шерсть закрашивается однотонно с образцом бумаги, то краситель кислотный.

В случае если образец бумаги не закрашивает воду или закрашивает незначительно, тогда проводят испытания на присутствие в образце основного красителя. В пробирку помещают 0,1—0,3 г испытываемого образца бумаги, добавляют 0,25—0,5 мл ледяной уксусной кислоты, нагревают до 100 °С и обрабатывают 1—2 мин.

Далее образец бумаги, удаляют, раствор разбавляют водой (5—10 мл), вносят в окрашенный раствор 5—20 мг таннированного хлопка и содержимое пробирки кипятят еще в течение 60—80 с. Окрашивание протравленного хлопка является доказательством присутствия в образце основного красителя.

## **Лабораторная работа № 9**

### **ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВЫКРАСОК МАССЫ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; мешалка; сушильный шкаф ( $105 \pm 2$ )°; термостойкий химический стакан 250 мл; фарфоровая воронка; фильтровальная бумага; образцы волокнистых полуфабрикатов шерсти, хлопка; весы аналитические; различные виды красителя.

Проводятся пробные выкраски различных волокнистых материалов одним и тем же красителем. По интенсивности окраски определяется средство красителя к различным видам волокнистого сырья. Пробные выкраски должны осуществляться в совершенно одинаковых условиях температуры, концентрации массы, расхода красителя, длительности и интенсивности перемешивания.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

При анализе применяются влажные волокнистые материалы. Пробы древесной массы, размолотой целлюлозы и хлопковой полумассы массой 2 г а.с.в взвешиваются и разбиваются на мешалке. Масса тщательно перемешивается, затем в каждый стакан добавляется по 5 мл раствора определенного красителя. Расход красителя составляет 0,05, 0,10 и 0,15 % от массы абсолютно сухого волокна. Окрашенная масса перемешивается в течение 10—15 мин при комнатной температуре. Из полученной массы на фарфоровой воронке готовят отливки.

После тщательной отмывки массы до бесцветных или слабоокрашенных промывных вод отливки высушиваются.

По интенсивности окраски отливок определяется способность данного красителя окрашивать различные виды волокнистого сырья.

Далее пробные выкраски массы повторяются с другими заданными красителями. Весь полученный студентом наглядный материал в обязательном порядке прилагается к отчету по работе.

### ***Контрольные вопросы***

1. Прямые и кислотные красители.
2. Какими преимуществами и недостатками обладают основные красители?
3. Порядок введения красителя в массу.
4. Каким образом можно повысить эффективность фиксации пигментных красителей на волокне?
5. В чем заключается химический метод определения вида красителя?
6. В чем заключается метод определения группы красителя окрашенной бумаги?
7. Какие факторы влияют на крашение бумажной массы?
8. Какой расход красителя при крашении и подцветке бумажной массы?

## **1.4. ХИМИЧЕСКИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ БУМАЖНОЙ МАССЫ**

***Цель работ:*** выработка практических навыков приготовления и анализа растворов сернокислого алюминия (глинозема) различной концентрации.

### ***Задачи работ:***

1. Овладеть техникой приготовления растворов сернокислого алюминия.
2. Овладеть лабораторными методами контроля сернокислого алюминия.

### ***Задания:***

1. Приготовить 10 %-ный раствор сульфата алюминия.
2. Провести анализ приготовленного раствора сернокислого алюминия.
3. По результатам химического анализа провести соответствующие расчеты.

### ***Теоретические сведения***

Средства удержания разделяют на различные классы:

- неорганические средства удержания;
- средства на основе органических природных материалов;
- синтетические органические, растворимые в воде полимеры.

С помощью открытия в 1807 г. Иллигом смоляной проклейки в производство бумаги был введен сульфат алюминия, который в бумажной промышленности Квасцы представляют собой двойные сернокислые соли одновалентного и трехвалентного металлов, например алюмокалиевые квасцы  $KAl(SO_4)_2$ , алюмонатриевые квасцы  $NaAl(SO_4)_2$ , а сернокислый алюминий ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) — сернокислая соль трехвалентного алюминия. Как коагулирующее средство квасцы применяются мало из-за высокой стоимости по сравнению с сульфатом алюминия.

Сульфат алюминия имеет свойство удержания. Важнейшие причины применения сульфата алюминия — осуществление смоляной проклейки и улучшение свойств быстроходных БДМ, т.е. уменьшение провала осадка через фиксацию смолы и других вредных и клеящих веществ на волокнистых материалах и наполнителях.

Сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  получают путем обработки серной кислотой каолина, нефелина или глины с последующей фильтрацией и выпариванием раствора. В качестве примесей он содержит свободную серную кислоту, сульфаты двух- и трехвалентного железа, а также нерастворимые в воде вещества. Содержание  $Al_2O_3$  составляет 14—18 %.

В отличие от некоторых других средств удержания действие сульфата алюминия лежит в нормальных для производства бумаги величинах  $pH = 4—8$ . Он действует при этом не как естественный водный раствор, а как положительно заряженный коллоид. Свойства этого коллоида зависят не только от  $pH$ , но и от природы аниона в соли алюминия.

Количество вводимого в массу глинозема или квасцов зависит от условий выработки бумаги (качества воды, волокнистых материалов, количества клея).

Соотношение между канифолью и глиноземом варьируется в широких пределах — от 1:1 до 1:2 (табл. 4).

Таблица 4 — Соотношение между канифолью и глиноземом

Количество, %		Соотношение
канифоль	глинозем	
0,5	2,5...3,0	1 : 5...6
1,0	2,5...3,0	1 : 2,5...3
1,5	2,5...3,0	1 : 1,7...2
2,0	2,5...3,0	1 : 1,25...1,5
2,5	3,0...3,75	1 : 1,25...1,5
3,0	3,0...3,75	1 : 1...1,25

Данные получены при проклейке белым клеем.

## **Лабораторная работа № 10** **ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРА СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; мерный цилиндр 500 мл; химический стакан 750 мл; дистиллированная вода;  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

На аналитических весах взвешивают с точностью до третьего знака 97,370 г сернокислого алюминия  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , помещают его в химический стакан, куда добавляют 403 мл дистиллированной воды. Полученный 10 %-ный раствор  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  можно использовать в качестве коагулянта при канифольной проклейке бумаги и картона

## **Лабораторная работа № 11** **АНАЛИЗ РАСТВОРА СЕРНОКИСЛОГО АЛЮМИНИЯ**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕРАСТВОРИМОГО В ВОДЕ ОСТАТКА**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; шкаф сушильный; мерный цилиндр 500 мл; мерная колба 500 мл; беззольный бумажный фильтр; дистиллированная вода;  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Из средней пробы глинозема берут навеску 10 г (с точностью до 0,001 г) и растворяют в 90—100 мл горячей дистиллированной воды. Нерастворившийся остаток отфильтровывают через беззольный бумажный фильтр, промывают его водой до полного исчезновения ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в промывной воде (проба по хлористому барью).

Весь фильтрат собирают в мерную колбу вместимостью 500 мл, доводят до метки и оставляют для дальнейших определений.

Фильтр с осадком сушат, сжигают и прокаливают до постоянной массы.

Содержание нерастворимого осадка ( $H$ , %):

$$H = \frac{x \times 100}{p},$$

где  $x$  — масса абсолютно сухого нерастворимого остатка, г;  $p$  — навеска глинозема, г.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВОБОДНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ**

**Обеспечивающие средства:** коническая колба 100 мл; мерный цилиндр 100 мл; мерная бюретка 25 мл; 0,5 н раствор NaOH; индикатор тропеолин «ОО».

Метод основан на титровании раствора сернокислого алюминия щелочью в присутствии индикатора тропеолин «ОО».

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Для проведения анализа в коническую колбу 100 мл помещают 25 мл испытываемого раствора сернокислого алюминия, прибавляют одну каплю индикатора и титруют 0,5 н раствором NaOH до исчезновения окраски.

Количество свободной серной кислоты (СК, г/л) рассчитывается по формуле

$$СК = \frac{V \times K \times T \times 1000}{25},$$

где  $V$  — количество 0,5 н. раствора NaOH, пошедшего на титрование, мл;  $K$  — нормальность раствора NaOH;  $T$  — титр 1 н раствора серной кислоты ( $T = 0,049$  мг/мл).

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА**

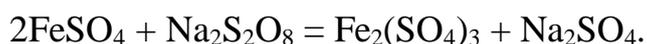
***Обеспечивающие средства:*** мерный цилиндр 100 мл; мерная колба 100 мл; коническая колба 100 мл; мерная бюретка 25 мл; HCl; Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> или K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>; KCNS.

Определение общего содержания железа основано на предварительном окислении солей железа под действием H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> или Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> и последующем образовании окрашенного роданида.

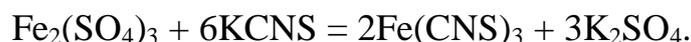
### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Для проведения анализа в колбу или цилиндр вместимостью 100 мл наливают 50 мл дистиллированной воды, прибавляют 2 мл соляной кислоты уд. массой 1,12; 2 мл раствора надсернокислого натрия Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (или калия K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), 2 мл 50 %-ного раствора роданистого калия KCNS (или аммония) и 1 мл испытываемого раствора сернокислого алюминия и тщательно перемешивают.

Надсернокислый натрий как сильный окислитель окисляет двухвалентное железо в трехвалентное:



Трехвалентное сернокислое железо взаимодействует с роданистым калием, образуя роданистое железо, придающее раствору розовую окраску:



В другой такой же цилиндр или колбу наливают 50 мл дистиллированной воды, 2 мл соляной кислоты, 2 мл надсернокислого натрия и 2 мл роданистого калия. Содержимое хорошо перемешивают. Затем из бюретки по каплям прибавляют раствор железоммонийных квасцов (V<sub>2</sub>), содержащий 0,00001 г железа в 1 мл в пересчете на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, до получения одинаковой окраски в обеих колбочках или цилиндрах, что соответствует равному содержанию железа в обоих

растворах. При этом объемы растворов в сосудах должны быть одинаковы, что достигается добавлением воды в один из них.

Содержание окиси железа (Ж, г/л) рассчитывают по формуле

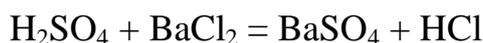
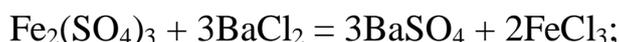
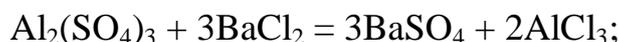
$$Ж = \frac{V_2 \times 0,00001 \times 1000 \times M_1}{1 \times M_2},$$

где  $V_2$  — количество раствора железоаммонийных квасцов, пошедшее на уравнение окраски раствора во втором цилиндре, мл; 0,00001 — количество окиси железа, соответствующее 1 мл раствора железоаммонийных квасцов, г;  $M_1$  и  $M_2$  — молекулярная масса  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  соответственно ( $M_1 = 101,49$ ,  $M_2 = 159,64$ ).

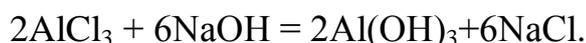
### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ $Al_2O_3$

**Обеспечивающие средства:** коническая колба 100 мл; мерный цилиндр 50 мл; мерная бюретка 25 мл; 3 %-й раствор  $H_2O_2$ ; дистиллированная вода;  $BaCl_2$ ; 0,5 н раствор  $NaOH$ ; фенолфталеин.

Определение содержания  $Al_2O_3$  основано на предварительном переводе сульфатов в хлориды и свободной серной кислоты в соляную по уравнениям



и последующем титровании соли алюминия по реакции



#### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Для проведения анализа в коническую колбу наливают 25 мл испытуемого раствора сульфата алюминия, прибавляют три капли 3 %-ного раствора перекиси водорода. При этом происходит окисление сернокислого закисного железа в окисное:



Затем добавляют 75 мл дистиллированной воды, нагревают до кипения и добавляют около 10 мл нагретого до кипения 10 %-ного раствора хлористого бария. В результате указанных выше обменных реакций между серной кислотой и хлористым барием, сернокислым алюминием и сернокислым окисным железом выпадает осадок сернокислого бария. В растворе образуется соляная кислота, хлористый алюминий и хлорное железо. Теплый раствор с осадком титруют 0,5 н раствором едкого натра в присутствии фенолфталеина до слабо-розового окрашивания.

Содержание окиси алюминия ( $C_{O}$ ) рассчитывают по формуле

$$C_0 = \frac{(V_3 - V_1) \times K \times T \times 1000}{25} - Ж,$$

где  $V_3$  — количество 0,5 н раствора NaOH, пошедшего на титрование, мл;  $V_1$  — количество 0,5 н раствора NaOH при определении свободной серной кислоты, мл;  $K$  — нормальность раствора NaOH;  $T$  — титр 1 н раствора  $Al_2O_3$ , равен 0,01699; Ж — содержание окиси железа в пересчете на окись алюминия, г/л.

***Контрольные вопросы:***

1. Применение сульфата алюминия в качестве коагулянта при проклейке бумаги и картона в кислой и нейтральной средах.
2. Свойства сульфата алюминия в качестве коагулянта.
3. Технология приготовления раствора сернокислого алюминия.
4. Анализ раствора сернокислого алюминия.
5. На чем основано определение содержания  $Al_2O_3$  в растворе сернокислого алюминия?

## 2. ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОБРАБОТКИ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ ИЗ БУМАЖНОЙ МАССЫ

**Цели работ:** выработка практических навыков оценки степени обработки волокнистых полуфабрикатов в процессе подготовки бумажной массы; закрепление теоретических знаний о размоле волокнистых полуфабрикатов.

### **Задачи работ:**

1. Овладеть лабораторными методами контроля определения степени помола, скорости обезвоживания и водоудерживающей способности бумажной массы.
2. Овладеть методикой определения фракционного состава древесной массы.

### **Задания:**

1. Определить степень помола и скорость обезвоживания массы после размола на аппарате СР-2.
2. Определить водоудерживающую способность целлюлозного волокна.
3. Определить фракционный состав образцов древесной массы.
4. По результатам проведенного анализа провести соответствующие расчеты.

### **Теоретические сведения**

Когда бумажная масса в процессе изготовления бумаги подвергается обработке (размолу), включающей в себя гидратацию и измельчение, структура волокон изменяется. Физические изменения, которые при этом имеют место, это фибриллирование вторичных стенок, сокращение средней длины волокон и образование органических остатков. Следствием этих изменений являются увеличение эластичности волокон и повышение степени связи между ними в процессе последующего отлива и сушки, а также увеличение их удельной поверхности, что, в конечном счете, и будет определять физико-механические свойства конечной продукции (бумаги или картона)

Лабораторные методы контроля процесса размола основаны на скорости удаления воды из массы. Масса различной степени помола при обезвоживании ее на сетке отдает воду с различной скоростью. Различают жирный помол, т.е. состояние массы, когда волокна значительно расщеплены и гидратированы и вследствие этого медленно обезвоживаются и садкий помол, при котором волокна не расщеплены и слабо гидратированы. Такая масса быстро обезвоживается.

Для лабораторной оценки степени обработки волокон в процессе производства бумаги из бумажной массы используются два основных известных прибора: прибор для определения садкости массы по канадскому стандарту и прибор Шоппер-Риглера для определения степени помола (рис. 1). Результаты испытаний позволяют с достаточной степенью точности судить о механических свойствах (прочность на разрыв, излом, сопротивление продавливанию, раздиранию и т. д.) изготавливаемой продукции (бумаги или картона).

Оба прибора используют один принцип работы. Основные различия заключаются в том, что в приборе Шоппер-Риглера испытуемый образец должен иметь более низкую концентрацию массы, вместо экрана используется проволочная сетка, а деления шкалы показывающей результаты испытаний имеют обратные значения. Кроме того, крышка загрузочной камеры в приборе Шоппер-Риглера имеет коническую форму, при открывании которой образец подвергается медленному перемешиванию.

Между результатами, полученными на разных приборах при испытании одной и той же волокнистой массы, может быть получена зависимость, однако эта зависимость не является универсальной.

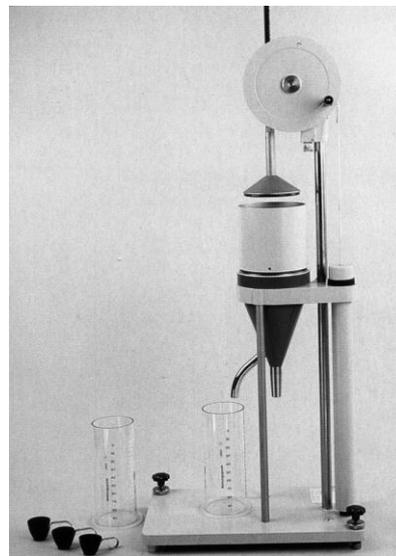


Рисунок 1 — Прибор CP-2 для определения степени помола

## **Лабораторная работа № 12** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОМОЛА И СКОРОСТИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ**

**Обеспечивающие средства:** аппарат CP-2 (Шоппер-Риглера); весы лабораторные аналитические; дезинтегратор; весы лабораторные аналитические; мерные цилиндры на 1000 мл.

Степень помола массы, характеризующая способность массы отдавать воду на сетках бумагоделательных машин, является одной из важнейших ее характеристик.

Прибор Шоппер-Риглера может быть использован со всеми видами волокнистой массы, обычно применяемой при производстве бумаги или картона, и соответствует требованиям международных и национальных стандартов, включая ISO 5267/1 и ГОСТ 14363.4-89.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОМОЛА**

Степень помола массы определяется на аппарате CP-2 и выражается в градусах Шоппер-Риглера ( $^{\circ}$ ШР). (рис. 2). принцип работы прибора основан на разной скорости отдачи воды массой различного помола при обезвоживании ее на сетке и заключается в определении количества отфильтрованной воды, прошедшей через центральный и боковой отводы конуса при обезвоживании на сетке прибора волокнистой суспензии, определенной концентрации и количества.

Верхняя, снимающаяся часть прибора, представляет собой цилиндр 1 (рис. 2), дно которого обтянуто одинарной миткалевой сеткой № 40. Сетчатое дно цилиндра закрывается клапаном 2, края которого обтянуты резиновым кольцом, чтобы плотно закрывал цилиндр снизу.

Нижняя часть прибора представляет конус 3, укрепленный на устойчивом штативе 4, и имеет два отверстия: центральное узкое 5 (диаметр 3,1 мм) и боковое, более широкое (диаметр 12,5 мм). Расположение этих отверстий выбрано так, что вода, стекающая через слой массы и сетку верхнего цилиндра, может уходить через боковое отверстие лишь тогда, когда скорость стекания ее больше, чем пропускная способность центрального отверстия. В этом случае часть воды не успевает уйти через нижнее отверстие и скапливается в конусе, а часть же ее будет вытекать через боковое переливное отверстие.

С повышением степени помола степень водоотдачи убывает. При низкой степени помола вода стекает быстро, и большая часть ее уходит через широкое боковое отверстие в градуированный сосуд. При высокой степени помола вода насколько медленно стекает, что почти вся проходит через центральное узкое отверстие в другой сосуд.

Сетка аппарата должна находиться в строго горизонтальном положении, поэтому перед началом работы аппарат выравнивают по уровню, который вмонтирован в основание аппарата. Сетка должна быть ровной, без прогибов, натянута и очищена от остатков волокон. Перед испытанием дно цилиндра закрывается коническим клапаном, который опускается в цилиндр с помощью маховичка с ручкой. Подъем клапана во время испытания производится нажатием рычажка, освобождающего маховичок.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Для определения степени помола размолотой массы берут 1 дм<sup>3</sup> суспензии, содержащей точно 2 г массы в расчете на абсолютно сухое волокно. Пробу помещают в мерный цилиндр и затем разбавляют водой до 1 л. Так как скорость водоотдачи волокнистой массы в сильной степени зависит от вязкости воды, степень помола необходимо определять при температуре воды в пробе 20 °С. Повышение температуры на 1 °С снижает степень помола на 0,46 °ШР.

Хорошо перемешав массу путем переливания из одной кружки в другую, ее выливают в цилиндр аппарата, сетка которого закрыта клапаном. Затем поднимают клапан, масса обезвоживается на сетке, а вода поступает в нижнюю часть аппарата. Жирная масса отдает воду медленно, и почти вся вода успевает уйти через центральную вертикальную трубу с узким отверстием. Садкая масса быстро отдает воду, она не успевает пройти через узкое отверстие центральной

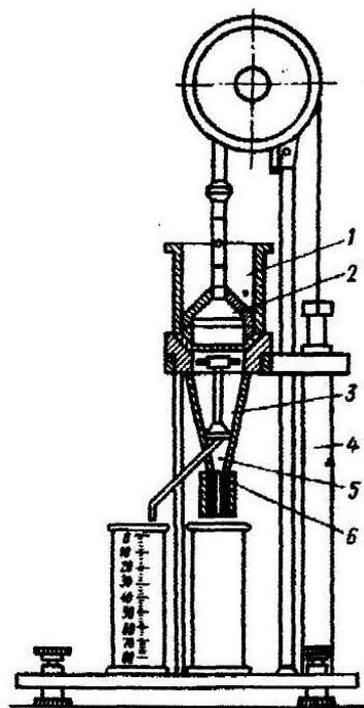


Рисунок 2 — Прибор для определения степени помола СР-2

- 1 — камера заполнения; 2 — фиксатор;
- 3 — разделительная камера;
- 4 — станина; 5 — сопло;
- 6 — центральный отвод

трубки и, наполнив коническую часть воронки, уходит через широкую боковую трубку. Объем воды в боковом цилиндре замеряют с точностью до 10 мл и определяют степень помола массы, °ШР:

$$V = \frac{1000 - a}{10},$$

где  $a$  — объем воды, вытекший через боковое отверстие, мл.

Определение следует проводить в двух параллельных пробах. По окончании работы сетку аппарата следует тщательно промыть.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Скорость обезвоживания определяют на аппарате Шоппер-Риглера при закрытом центральном отверстии. Концентрация массы составляет 3 г а.с.в./дм<sup>3</sup>, температура должна быть одинаковой во всех испытаниях.

Продолжительность испытания определяют в каждом конкретном случае индивидуально в зависимости от свойств массы. В результате предварительных испытаний определяют оптимальное время для скорости обезвоживания, для этого собирают фильтрат через боковое отверстие с интервалом 5—10 с. Затем составляют таблицу зависимости скорости обезвоживания от времени испытания (табл. 5). За оптимальное время испытания принимают время максимального прироста скорости обезвоживания между двумя точками (например, 20 с).

Таблица 5 — Зависимость скорости обезвоживания от времени испытания

Время, с.	Объем, мл
10	410
20 (оптимальное время испытания)	490 (+80)
30	510 (+30)
40	560 (+50)

#### *Порядок выполнения лабораторной работы*

Для определения степени помола размолотой массы берут 1 дм<sup>3</sup> суспензии, содержащей точно 3 г массы в расчете на абсолютно сухое волокно. Пробу помещают в мерный цилиндр и затем разбавляют водой до 1 л.

Закрывают центральное отверстие пробкой. Под боковую трубку ставят мерный цилиндр.

Хорошо перемешав массу путем переливания из одной кружки в другую, ее выливают в цилиндр аппарата, сетка которого закрыта клапаном. Через 5 с после заполнения цилиндра аппарата поднимают клапан и одновременно включают секундомер.

Когда из боковой трубки вытечет 700 мл воды, нужно остановить секундомер и определить продолжительность обезвоживания в секундах (ШР).

## **Лабораторная работа № 13** **ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ** **ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ВОЛОКНА (WATER RETENTION VALUE-WRV)**

**Обеспечивающие средства:** центрифуга; виалы 4 мл с защелкивающей крышкой со стекловолоконным фильтром мембрана (0,45); весы лабораторные аналитические; дезинтегратор целлюлозы; воронка Бюхнера; колба Бунзена; бумажный фильтр марки красная лента; стеклянный бюкс на 50 мл с крышкой; дистиллированная вода; образцы целлюлозы.

Водоудерживающая способность целлюлозы — это способность целлюлозного волокна удерживать на себе воду за счет межмолекулярных физических сил. WRV — одна из характеристик, которая может описывать способность целлюлозы к обезвоживанию на сетке бумагоделательной машины.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

**Подготовка пробы.** Для испытания берут навеску целлюлозы из расчета содержания в ней 15 г а.с.в. Навеску помещают в мерный цилиндр, разбавляют дистиллированной водой до 1000 мл воды и тщательно перемешивают. Подготовленную суспензию (1,5 % раствор) дезинтегрируют в течение 10 минут

Часть суспензии (210—250 мл) отфильтровывают через бумажный фильтр, при этом вес осадка на фильтре должен составлять 500—600 г/м<sup>2</sup> в а.с.в. Полученный осадок снимают с фильтра.

От осадка отрезают кусочек размером (1×1) см, помещают в виалу и закрывают крышкой. Производят центрифугирование в течение 30 мин. при скорости вращения центрифуги 7.700 об/мин.

Для проб с мелом: осадок на фильтре после отбора для определения водоудерживающей способности сушится, после чего производится анализ содержания карбоната кальция согласно методу определения содержания кальция (комплексометрического) в бумаге и целлюлозе.

После центрифугирования пробу целлюлозы помещают в предварительно взвешенный стеклянный бюкс с крышкой и взвешивают еще раз. Открытый бюкс с пробой сушится в шкафу (примерно 2 ч) при температуре 105 °С и взвешивается еще раз. Взвешивание необходимо производить при закрытой крышке.

Водоудерживающая способность WRV, г/г и водоудерживающая способность проб, содержащих мел WRV<sub>мел</sub>, г/г рассчитывают по формулам:

$$WRV = \left[ \frac{a - a_1}{b - a_1} \right] - 1 ,$$

$$WRV_{мел} = \frac{WRV \times 100}{100 - \%_{мел}} ,$$

где WRV — водоудерживающая способность, г/г;  $a$  — вес виалы, включая влажную пробу, г;  $a_1$  — вес пустой виалы, г;  $b$  — вес виалы, включая высушенную пробу, г; WRV<sub>мел</sub> — водоудерживающая способность проб, содержащих мел, г/г; %<sub>мел</sub> — содержание мела, %.

Для получения результатов необходимо производить параллельный расчет. Разница между обоими расчетами не должна превышать 10 %.

## **Лабораторная работа № 14** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ**

**Обеспечивающие средства:** фракционатор типа ФДМ; сушильный шкаф, обеспечивающий постоянную температуру ( $105 \pm 2$ ) °С в процессе сушки; весы лабораторные аналитически; образцы древесной массы.

Как известно, размолотые и неразмолотые волокнистые материалы представляют собой конгломерат, состоящий из следующих компонентов: костра, длинные волокна, короткие волокна, мелкие волокна.

Лабораторная работа заключается в исследовании фракционного состава древесной массы после первой и второй ступени размола и выявления на основании экспериментальных данных зависимости фракционного состава от способа производства древесной массы (ТММ, ХТММ)

Для древесной массы характерна размерная неоднородность волокнистых элементов, которую определяют фракционированием древесной массы на аппарате типа ФДМ.

Фракционатор предназначен для определения фракционного состава древесной массы путем сортирования навески массы через последовательно расположенные цилиндрические сита с сетками различных номеров, с последующим определением количества сухого вещества полученных фракций и рассчитать их процентное соотношение..

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

**Устройство фракционатора.** Фракционатор древесной массы (рис. 3) представляет собой трехступенчатую центробежную сортировку проточного типа с цилиндрическими каркасами с сетками: верхняя сетка № 9/9 — для грубого волокна, средняя № 20 миткалевого переплетения — для среднего волокна и нижняя № 40 — для мелкого волокна. Высота каркасов сеток 75 мм, диаметр 150 мм. Внутри каркаса каждой сетки помещена четырехлопастная перфорированная мешалка с частотой вращения  $1,73 \text{ с}^{-1}$ . Зазоры между лопастями мешалок и сетками 3 мм. Бак 5 неподвижно укреплен на плите станины. Внутри бака вертикально установлен приводной вал 6, который приводится во вращение электродвигателем 1 с помощью шнеков 2 и ремня. В баке размещается также корпуса сеток 7 с лопастными мешалками 8. мешалки одеваются на вал, опираясь друг на друга, и находятся между собой в зацеплении. Нижняя мешалка через штифт 4 закрепляется валом 6, таким образом все мешалки вращаются вместе с валом и, одновременно, центруются валом. Бак верхней частью упирается в плиту 11, на которой укреплена откидывающая крышка 12 с воронкой 9. при закрытой крышке воронка плотно прилегает нижней частью к корпусу верхней сетки. В воронке размещен кольцевой спрыск 10, который при помощи петли,

установленной на плите станины ФДМ, соединен с водяной магистралью. Для предохранения от попадания из бака в подшипниковую опору на валу установлены резиновые манжеты 13.

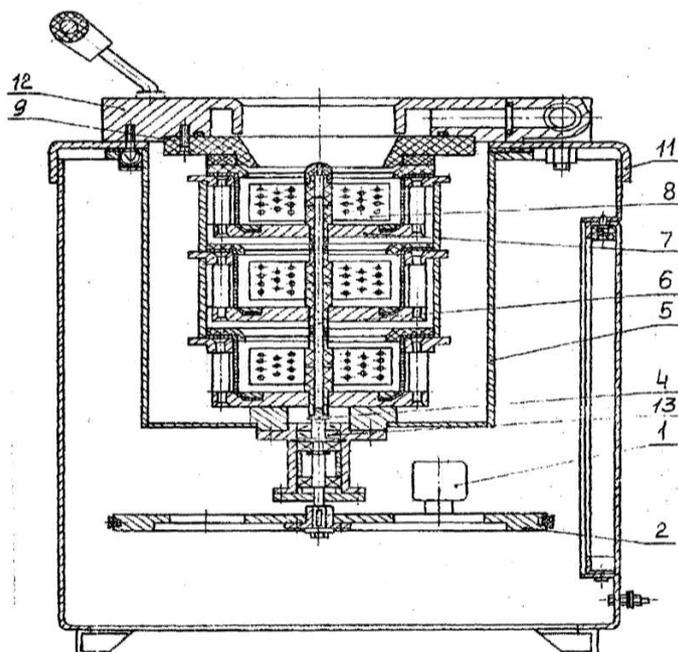


Рисунок 3 — Фракционер древесной массы типа ФДМ  
1 — электродвигатель; 2 — шкив; 3 — штифт; 5 — бак;  
6 — приводной вал; 7 — сетки; 8 — лопастные мешалки;  
9 — воронка; 11 — плита; 12 — крышка; 13 — резиновые манжеты

Заполнение бака водой и выпуск ее из бака после окончания фракционирования производится при помощи кранов. Ручки кранов налива и слива, и крана spryska расположены над верхней плитой. На плите нанесены отметки, указывающие рабочее положение пробок кранов.

Для выключения и включения электродвигателя привода в корпусе ФДМ установлен магнитный пускатель, срабатывающий от реле времени.

Фракционер комплектуется стабилизатором расхода воды, подаваемой в бак и на sprysk с заданным гидростатическим напором.

**Подготовка пробы древесной массы.** Для фракционирования берут навеску древесной массы с точностью до 0,01 г из расчета 5 г а.с.в. из предварительно отобранной пробы и готовят из нее 1 дм<sup>3</sup> волокнистой суспензии.

Навеску взвешивают, заливают 500 мл воды и оставляют на 30 мин. По истечение времени навеску разбивают на дезентеграторе и доводят ее объем до 1 дм<sup>3</sup>.

#### **Порядок работы на фракционаторе:**

1. Открыть крышку ФДМ и на вал установить корпус с сеткой № 40 (3-я ступень сортирования) с мешалкой. Корпус своим основанием должен упереться в днище бака и зафиксироваться от поворачивания установленным в нем упором.

Для исключения ошибок при сборке мешалок на поверхностях корпуса последних имеются соответствующие пометки. Последующая сборка производит-

ся согласно рис.1 При установке каждой ступени убедиться в том, что каждая деталь села на свое место, а мешалки полностью посажены друг на друга.

2. Повернуть ручку крана налива в положение, соответствующее впуску воды в бак.

3. Открыть кран водопроводной магистрали, заполнить бак ФДМ водой до переливного патрубка, после чего кран закрыть. Ручку крана налива повернуть в положение «закрыто»

4. Закрыть крышку фракционатора.

5. Повернуть рукоятку крана спрыска в положение, соответствующее впуску воды (отм. откр.), после чего открыть кран поступления воды из водопроводной магистрали в бак стабилизатора расходов.

6. При проведении анализов ФДМ между испытаниями следует держать заполненным водой.

7. Включить реле времени, предварительно подготовленную навеску древесной массы перелить равномерной струйкой в воронку верхней крышки работающего ФДМ с постоянным расходом  $10 \text{ дм}^3$  в минуту. Одновременно включают секундомер; в течение 15 с споласкивают кружки водой ( $100\text{—}150 \text{ см}^3$ ) и выливают ее в аппарат. По истечении 15 мин с начала выливания пробы аппарат выключают, прекращают подачу воды на спрыск и выпускают из него оставшуюся воду.

8. По истечении 5 мин электродвигатель автоматически выключается, одновременно нужно закрыть поступление воды в кольцеобразный спрыск. Повернуть ручку крана слива в положение, соответствующее выпуску воды, слить воду из бака ФДМ. После освобождения от воды верхней сетки кратковременным открыванием спрыска смывают оставшиеся на сетке волокна ко дну каркаса, открывают откидную воронку и извлекают из аппарата каркас с сеткой и мешалкой. Отверстие в дне каркаса закрывают снизу резиновой пробкой ( $(37 \times 43 \times 44) \text{ мм}$ ), одновременно поднимают пробкой мешалку и, не допуская выхода волокон через отверстие, смывают слабой струей воды волокна с мешалки и сетки ко дну каркаса. Затем вынимают мешалку и тщательно собирают оставшиеся волокна в фарфоровую чашечку.

9. После сушки ее до постоянной массы в сушильном шкафу и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Получают первую фракцию Г (грубое волокно). В такой же последовательности собирают вторую и третью фракцию и после сушки получают соответственно количество среднего С и мелкого М.

Суммарную массу абсолютно сухих волокон Г, С, М вычитают из абсолютно сухой навески и получают четвертую фракцию волокна Мл (мелочь).

Содержание в древесной массе каждой фракции ( $X, \%$ ) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{p \times 100}{P \times K},$$

где  $p$  — масса абсолютно сухого волокна фракции, г;  $P$  — навеска древесной массы, взятой для испытания, г;  $K$  — коэффициент сухости навески.

Содержание в древесной массе мелочи Мл вычисляют по формуле:

$$Мл = 100 - (Г + С + М),$$

где Г, С, М — содержание грубого, среднего и мелкого волокна, %.

***Контрольные вопросы:***

1. Лабораторные методы контроля процесса размола.
2. Чем отличается садкий помол от жирного?
3. Принцип работы аппарата СР-2.
4. Применение волокнистых полуфабрикатов различной степени помола в производстве бумаги и картона.
5. Водоудерживающая способность целлюлозы.
6. Для чего определяют фракционный состав древесной массы?
7. На каком этапе технологического процесса контролируют фракционный состав древесной массы?

### 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК БУМАГИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

#### **Лабораторная работа № 15** **СОСТАВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ** **И ПОЛУЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ОТЛИВОК**

**Цели работ:** ознакомиться с технологическими процессами изготовления бумаги, влиянием параметров на характеристики готового продукта, с основными свойствами бумаги. Приобрести навыки составления композиции бумаги.

**Задачи работ:**

1. Освоить расчеты необходимые для приготовления лабораторно отливки.
2. Овладеть техникой приготовления отливки.

**Задания:**

1. Рассчитать необходимое количество материалов для составления композиции бумаги.
2. Изготовить отливки бумаги на листоотливном аппарате для последующего анализа.

Перед выполнением лабораторной работы преподаватель указывает вид бумаги, вид проклеивающих и наполняющих материалов, степень помола, аппарат, на котором производится размол, красители для окраски или подцветки бумаги.

Задается состав бумаги по волокну, зольность, степень проклейки, масса 1 м<sup>2</sup>, влажность. В соответствии с этими показателями производятся расчеты необходимого количества материалов для составления композиции бумаги.

#### **СОСТАВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ БУМАГИ**

Допустим, что надо приготовить бумагу, обладающую следующими свойствами:

- масса 1 м<sup>2</sup> 80 г;
- степень проклейки 1,25 мм;
- зольность 10 %;
- влажность 6 %;
- в составе волокна 60 % беленой сульфатной целлюлозы и 40 % древесной массы, степень помола целлюлозы 28 °ШР.

Предположим, нужно приготовить отливки из 30 г абсолютно сухой целлюлозы. Тогда необходимое количество древесной массы составит:

30 г — 60 %

X г — 40 %

$$X = \frac{30 \times 40}{60} = 20 \text{ г.}$$

Установив предварительно влажность волокнистых материалов, берут на технических весах соответствующие навески.

Предположим, что сухость целлюлозы 40 %, а сухость древесной массы 35 %, в таком случае необходимо взвесить следующие количества этих полуфабрикатов:

$$X = \frac{30 \times 100}{40} = 75 \text{ г влажной целлюлозы};$$

$$X = \frac{20 \times 100}{35} = 75,1 \text{ г влажной древесной массы.}$$

Расход проклеивающих веществ ведут на 50 г абсолютно сухого волокнистого материала (30 г целлюлозы и 20 г древесной массы).

Различают слабую (0,25...0,5 мм), среднюю (0,75...1,25 мм) и высокую степень проклейки (1,5 мм).

Расход канифольного клея устанавливается в зависимости от требуемой степени проклейки бумаги (табл. 6).

Таблица 6 — Расход канифольного клея

Степень проклейки, мм	Расход клея к массе абсолютно сухого волокна, %
0,25...0,5	1...1,5
0,75...1,25	1,5...2,5
1,5	3,0...3,5

В рассматриваемом случае для получения степени проклейки 1,25 мм можно ввести в массу 2 % клея от массы волокна:

$$X = \frac{50 \times 2}{100} = 1,0 \text{ г.}$$

При концентрации клея 20 г/л это составит:

$$X = \frac{1,0 \times 1000}{20} = 50 \text{ мл.}$$

Сернокислого алюминия, как правило, задается в 1,5—2 раза больше, чем клея (чем больше свободной смолы в клее, тем меньше вводится сернокислого алюминия), т. е.  $X = 1,0 \times 1,5 = 1,5 \text{ г}$

При концентрации сернокислого алюминия 80 г/л потребуется раствора:

$$X = \frac{1,5 \times 1000}{80} = 18,75 \text{ мл.}$$

3. Для получения зольности бумаги 10 % нужно ввести каолина (с учетом степени удержания каолина в лабораторных условиях 50 %):

$$X = 50 \times 0,10 = 5 \text{ г}$$

Количество каолина при удержании 50 % составит:

$$X = \frac{5 \times 100}{50} = 10 \text{ г.}$$

При концентрации каолиновой суспензии 150 г/л для наполнения бумажной массы нужно взять суспензии:

$$X = \frac{10 \times 1000}{150} = 66,7 \text{ мл.}$$

Краситель растворяют до концентрации 5 г/л и вводят его в количестве 0,005...0,05 % (от массы волокна) для подцветки и 0,2...1,0 % для крашения массы.

Волокнистые материалы перед отливом подготавливают соответствующим образом: целлюлозу размалывают до определенной степени помола (в зависимости от вида получаемой бумаги), а древесную массу просто размешивают на быстроходной мешалке.

Проклейка бумажной массы производится в фарфоровом стакане вместимостью 5 л при концентрации массы около 1 % и постоянном перемешивании.

Дозировка проклеивающих и наполняющих веществ должна точно соответствовать их количеству, полученному по расчету композиции.

Первым добавляется канифольный клей, после перемешивания в течение 10—15 мин добавляется сернокислый алюминий. Размешивание сернокислого алюминия в массе также продолжается 10—15 мин. Порядок введения наполнителя не оказывает существенного влияния на результаты проклейки. Однако существует мнение, что если бумага клееная, то наполнитель (каолин) вводится одновременно с клеем; при сильноклееных видах бумаги подачу наполнителя производят после сернокислого алюминия. В этом случае после введения каолина дополнительно размешивают массу еще 15 мин.

При крашении и подцветке бумаги следует соблюдать определенный порядок введения красителей: если в композицию бумаги входит только целлюлоза, то кислотный и прямой красители добавляют в массу до введения сернокислого алюминия, а основной краситель — после сернокислого алюминия.

Если в композицию бумаги входит древесная масса, то предварительно, во избежание получения пятнистой (мраморной) окраски, закрашивают одну древесную массу до получения равномерной окраски всей массы, после чего добавляют размолотую целлюлозу, размешивают и производят проклейку и наполнение бумажной массы.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК

Лабораторные отливки из предварительно подготовленной бумажной массы изготавливают на листоотливном аппарате.

Листоотливной аппарат типа «Рapid-Кетен» Gockel RK-2H (рис. 4), предназначен для изготовления лабораторных отливок бумаги диаметром 200 мм, соответствует требованиям следующих стандартов: ГОСТ 14363.4-89; ISO 5269/2; DIN 54358; Zellcheming Merkblatt V/8/76.

Метод, применяемый в листоотливном аппарате, применим для большинства видов целлюлозы. Он не подходит для длинноволокнистых сортов целлюлозы, которые получают из неразмолотых хлопковых волокон, льняных воло-

кон, и подобных материалов. Этот метод не пригоден для приготовления лабораторных отливок с целью определения коэффициента диффузного отражения в голубой области (белизна по ISO) в соответствии с ISO 3688.

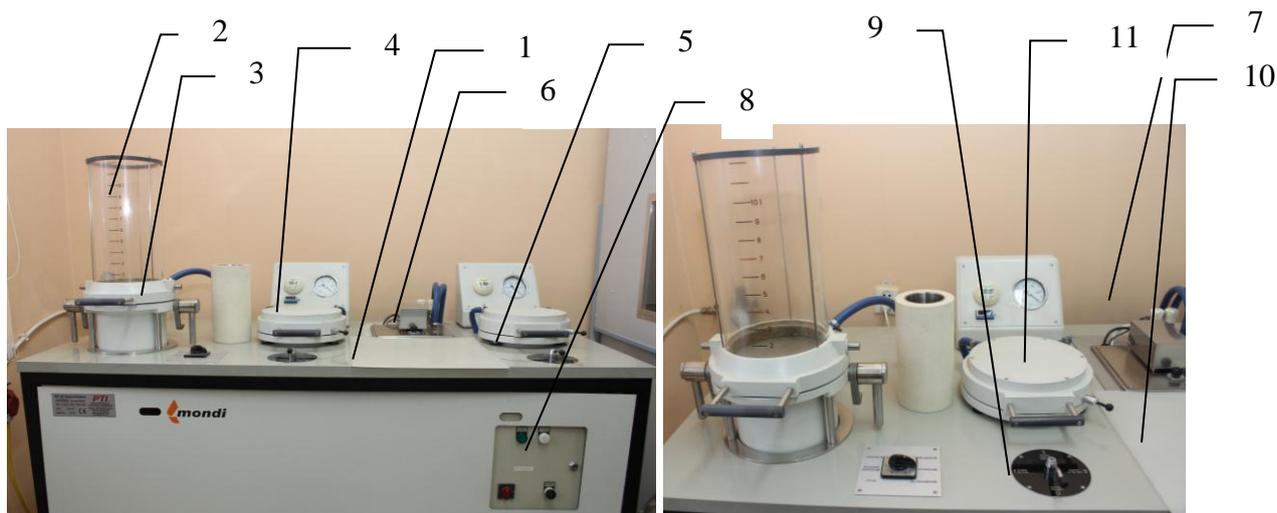


Рисунок 4 — Листоотливной аппарат типа «Рapid-Кетен» Gockel RK-2H для изготовления лабораторных образцов бумаги

- 1 — станина; 2 — загрузочная камера; 3 — отливное устройство (формующая камера);  
 4, 5 — сушильные камеры; 6 — парообразователь; 7 — реле времени сушки;  
 8 — нижняя панель управления; 9 — 6-позиционный переключатель;  
 10 — переключатель вакуумметра сушильной камеры; 11 — отжимной валик

Аппарат представляет собой одномодульную конструкцию, состоящую из листоотливной формы, сушильных камер и вспомогательного оборудования, приспособления для переноса отливки.

Принцип действия листоотливного аппарата в приготовлении отливок круглой формы, из суспензии целлюлозы на формующей сетке при отсасывании с последующим прессованием и сушкой отливок в сушильной камере, обеспечивающей полное предохранение от усадки, благодаря применению соответствующего давления, отсасывания и определенной температуры.

Открывают удобный в работе эксцентриковый замок, откидывают верхнюю часть загрузочной камеры, и кладут на отливку картонный круг для съема её с сетки. С помощью валика влажную отливку прикатывают к картону. После этого сетка с отливкой и кругом на ней вынимается из нижней части формующей камеры. Отливку снимают с сетки. На влажную отливку накладывают покровный лист.

Отливку на картонном листе с покровным листом помещают в сушильную камеру, и после её закрытия процесс сушки начинается нажатием кнопки «Старт». После истечения установленного времени раздается сигнал окончания процесса, и сушка прекращается.

Аппарат состоит из следующих основных частей: станины 1, предназначенной для размещения основных узлов аппарата; отливного устройства (формующей камеры) состоящего из загрузочной камеры 2 и отливного устройства 3 с листообразующей и опорной сеткой № 40 диаметром 200 мм для получения отливки на сетке при вакууме 26,6 кПа; двух сушильных камер 4 и 6 для сушки

влажных отливок при температуре 100 °С и вакууме 95 кПа; парообразователя 6 для получения насыщенного водяного пара для нагрева сушильных камер; реле времени сушки 7.

На нижней панели управления находятся: общее пусковое устройство аппарата 8, включающий тумблер включения двигателя вакуум-насоса; тумблер включения электронагревателя парообразователя.

На верхней панели управления расположены: 6-позиционный переключатель 9, предназначенный для изготовления отливок бумаги в отливном устройстве; 10 — переключатель вакуумметра сушильной камеры

В комплект листоотливного аппарата входит отжимной валик 11, картон-основа; покровный картон, фильтр для воды, никелевые, либо нержавеющей сетки.

**При подготовке аппарата к работе необходимо:**

1. Подключить аппарат к водопроводной сети, открыв общий вентиль. Обязательно проверить поступает ли вода на вакуум-насос.

2. Проверить наличие воды в парообразователе по уровнемеру. Уровень воды должен быть не ниже красной черты, нанесенной на уровнемере. При необходимости в парообразователь добавляется дистиллированная вода через воронку, помещенную в отверстие в станине прибора.

3. Включить аппарат с помощью пускового устройства на нижней панели.

4. Включить вакуум-насос тумблером и электронагреватель парообразователя соответствующими тумблерами. Время разогрева сушильных камер составляет 15—20 мин.

5. Проверить показания вакуумметров формирующей и сушильных камер. Для этого краны поочередно переводят в положение «О» — «открыто».

**6. Регулировка температуры сушильных камер. Температуру можно изменить при помощи регулятора поворотом вручную.**

**ВНИМАНИЕ!** Не устанавливайте температуру выше 95 °С. Нормальная температура: 93—95 °С.

Перед использованием сушильных камер резервуар термостата (емкость — 10 л) должен быть заполнен деионизированной или дистиллированной водой до отметки «V». Уровень жидкости в резервуаре следует регулярно проверять (по крайней мере, раз в неделю) или подключить его к источнику деионизированной воды.

После подготовки и проверки аппарата приступают к изготовлению отливок бумаги.

**Получение отливки.** Приготовленную бумажную массу размешивают, затем отбирают порцию массы предварительно рассчитанного объема, необходимую для получения отливок с заданной массой 1 м<sup>2</sup>.

Аппарат запускается в работу переключением 6-позиционного переключателя (рис. 5). Переключатель имеет следующие позиции:

- ИСХОДНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ
- ЗАПОЛНЕНИЕ

- ПЕРЕМЕШИВАНИЕ
- УСПОКОЕНИЕ
- ОБЕЗВОЖИВАНИЕ:
- ОТСОС
- ИСХОДНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Вода начинает поступать в загрузочную камеру. При заполнении до уровня 4 л добавляют суспензию массы или целлюлозы. По достижении уровня 7 л подача воды прекращается и начинается перемешивание сжатым воздухом в течение 5 с. Следующие 5 с дают массе осесть. Затем в процессе обезвоживания удаляется воздушная подушка, образовавшаяся в нижней части камеры, с последующим удалением воды под вакуумом в течение 10 с. В результате на никелевой сетке формируется отливка, обезвоженная в процессе вакуумного отсоса.



Рисунок 5 — Шестипозиционный переключатель

1. Заполнение. Убедитесь, что листоотливная сетка находится на опорной сетке листоотливной формы. Плотнo закройте загрузочную камеру при помощи эксцентриковых запоров расположенных по бокам загрузочной камеры. При переключении на «заполнение» процесс изготовления отливки начинается с заполнения водой загрузочной камеры.

Как только уровень воды достигнет отметки 4 л (красная линия), необходимо добавить 1 л суспензии требуемой композиции, из которой формируется отливка.

Согласно ISO 5269/2-1980 (E): разбавление до массовой концентрации 0,2—0,5 %, (для целлюлозы, имеющей тенденцию к образованию хлопьев, — 0,2—0,3 %).

Из 2,4 г абсолютно-сухой целлюлозы получают отливку ( $75 \pm 2$ ) г/м<sup>2</sup>. По достижении отметки 7 л заполнение должно быть прекращено переключением на «перемешивание».

2. Перемешивание. Перемешивание разбавленной суспензии сжатым воздухом в течение 5 с (ISO 5269/2) происходит через отверстия, расположенные по окружности в нижней части листоотливной формы.

3. Успокоение. После перемешивание переключают тумблер в положение «успокоение». Согласно ISO 5269/2, успокоение должно проводиться в течение 5 с.

4. Обезвоживание. Затем, переключив тумблер в положение «обезвоживание», спускают воду из загрузочной камеры в формующую камеру. При этом на сетке начинает формироваться слой волокнистой массы.

Для удаления воздушной подушки из формующей камеры переключить тумблер на 2 с в положение «отсос», затем обратно на «обезвоживание».

Вакуумный насос, подсоединенный к камере отсасывания, начинает откачивать воду из загрузочной камеры. После обезвоживания волокнистой суспензии, отсасывают воздух в течение ( $10 \pm 1$ ) с.

Величина давления при отсосе не должна превышать 270 мбар и может быть подрегулирована с помощью воздушного клапана, встроенного в рабочую панель напротив листоотливной формы.

5. Отсос. Вода вытекает из камеры отсасывания через специальное отверстие. Как только камера становится пустой (после 20 с), аппарат переключить в положение «Исходное положение» и готов к изготовлению следующей отливки. Не забудьте перед этим удалить готовую отливку.

**Снятие отливки с листоотливной сетки:**

1. Откройте загрузочную камеру.

2. Наложите лист картона гладкой стороной на влажную отливку. Отжимной валик помещают на край сетки и прокатывают по картону без нажима вперед и назад в каждом из двух направлений под прямым углом в течение 2 с.

3. Выньте листоотливную сетку вместе с влажной отливкой и покровным картоном, и постукивая ею под небольшим наклоном, перенесите картон с отливкой на подложку из силиконовой резины.

4. Перед дальнейшим использованием листоотливной сетки следует удалить все прилипшие к ней волокна с помощью струи воды, направленной с обратной стороны сетки.

**Сушка:**

1. Установите таймер на требуемое время сушки (в зависимости от веса отливки от 5 до 10 мин).

2. Установите времена сушки 5—6 мин поворотом рукоятки реле времени по часовой стрелке. При этом загорается сигнальная лампа. По окончании заданного времени сушки сигнальная лампа гаснет и раздается сигнал.

3. В течение 1 мин отливку, находящуюся на картоне, поместите на опорную сетку открытой сушильной камеры.

4. На отливку кладут чистый покровный лист бумаги.

5. Немедленно закройте сушильную камеру и нажмите кнопку «СТАРТ». Свечение зеленой лампочки означает, что сушильная камера работает.

6. Разрежение в сушильной камере достигает 960 мбар. Автоматическое переключение клапанов между насосом, сушильной камерой и вакуум-аккумулятором осуществляется электрическими таймерами, установленными внутри аппарата, (точные значения устанавливаются в ходе работы).

Перевести тумблер в положение 1, когда значение вакуума достигнет 920 мбар, тумблер перевести в положение 2 и затем сразу же в положение 3.

По истечении заданного времени зеленая лампочка гаснет и загорается красная. Это сигнализирует о том, что отливка готова. На неработающих сушильных камерах кнопки «СТАРТ» или «СТОП» не светятся.

7. Нажав на красную кнопку «СТОП», выключите сушильную камеру. Разгерметизируйте сушильную камеру, потянув за черную кнопку справа от ручки, откройте ее и выньте готовую отливку. Снимите покровный лист и картон.

Изготавливают 6—8 отливок для всесторонних испытаний полученных образцов бумаги.

По окончании работы тумблеры пароперегревателя и вакуум-насоса переводят в нерабочее горизонтальное положение. Аппарат отключают от электросети и закрывают подачу воды.

## 4. ИСПЫТАНИЕ БУМАГИ И КАРТОНА

### *Теоретические сведения*

В настоящее время вырабатывается множество различных видов бумаги, обладающих иногда совершенно противоположными свойствами. Многообразие областей применения бумаги определяет многообразие требований, к ней предъявляемых. Все многочисленные свойства бумажной продукции подразделяют по ряду качественных признаков на следующие основные группы:

1. Структурно-размерные: формат, масса  $1 \text{ м}^2$ , толщина, плотность, пухлость, воздухопроницаемость, просвет, дырчатость.

2. Композиция: состав по волокну, зольность, влажность, наличие специальных добавок.

3. Механические и упруго-пластические: сопротивление разрыву (прочность на разрыв), излому, продавливанию, раздиранию, надрыву, смятию, истиранию, удлинение при разрыве, жесткость при изгибе, мягкость, скручиваемость, стойкость поверхности к выщипыванию и др.

4. Оптические: белизна, светопроницаемость, прозрачность и непрозрачность, лоск, цвет, оттенок.

5. Гидрофобные и гидрофильные: степень проклейки, впитывающая способность, водонепроницаемость, смачиваемость, промокаемость, капиллярная впитываемость, гигроскопичность.

6. Химическая чистота бумаги: щелочность, кислотность, наличие минеральных включений, присутствие катионов — свинца, железа, меди, натрия, ртути и др. и анионов — хлоридов, сульфатов, сульфитов, сульфидов и др.

7. Специальные: печатные свойства, влагопрочность, термостойкость, долговечность, пылимость, диэлектрические потери, жиро- и паронепроницаемость, бактерицидность и др.

**Подготовка образцов к испытаниям.** Для получения воспроизводимых результатов перед испытанием образцы бумаги подвергают кондиционированию в стандартных условиях, так как показатели бумаги сильно меняются в зависимости от ее равновесной влажности.

Согласно ГОСТ 13523-78, кондиционирование и последующее испытание образцов должны проводиться в одном из трех указанных ниже режимов:

- относительная влажность воздуха  $(50 \pm 2) \%$ , температура  $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха  $(65 \pm 2) \%$ , температура  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха  $(65 \pm 2) \%$ , температура  $(27 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ .

Режим кондиционирования указывается в стандартах на продукцию, но чаще всего предусматривается 1-й режим. В помещении, где проводят испытания бумаги, должен быть установлен кондиционер для автоматического поддержания заданных параметров воздуха. Контроль относительной влажности воздуха ведется с помощью гигрометров или психрометров.

В лаборатории для предварительного кондиционирования образцов используют эксикаторы. Заливая в эксикатор серную кислоту плотностью  $1,206 \text{ г/мл}$ , получают в его воздушном пространстве при температуре  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  относительную влажность, равную  $50 \%$ . При кондиционировании образцов в эксикаторе необходимо следить, чтобы серная кислота не попала на бумагу, так

как образцы в этом случае разрушатся. Время кондиционирования образцов должно составлять не менее 2 часов.

#### **4.1. Определение показателей, характеризующих структурно-размерные свойства бумаги**

**Цели работ:** выработка практических навыков определения физических и размерных характеристик бумаги и показателей, определяющих структуру бумаги и ее однородность; закрепление теоретических знаний об отливе бумажного полотна на БДМ.

##### **Задачи работ:**

1. Овладеть лабораторными методами контроля размерных характеристик: массы  $1 \text{ м}^2$ , толщины, плотности и пухлости испытываемой бумаги.
2. Овладеть лабораторными методами контроля физических характеристик испытываемой бумаги: влажности и сорности испытываемой бумаги.
3. Приобретение навыков расчета.

##### **Задания:**

1. Определить машинное и поперечное направление бумаги, верхнюю и сеточную стороны бумаги.
2. Определить и рассчитать физические и размерные характеристики испытываемых образцов бумаги и картона: массу  $1 \text{ м}^2$ , толщину, влажность бумаги и картона.
3. Определить сорность образцов бумаги.
4. По результатам анализа провести соответствующие расчеты.

#### **Лабораторная работа № 16 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАШИННОГО И ПОПЕРЕЧНОГО НАПРАВЛЕНИЙ, ВЕРХНЕЙ И СЕТОЧНОЙ СТОРОНЫ БУМАГИ (ГОСТ 7585-74)**

**Обеспечивающие средства:** сушильный шкаф с вентиляцией, обеспечивающий постоянную температуру  $(105 \pm 2)^\circ$ ; образцы бумаги и картона.

##### **Теоретические сведения**

В бумажном листе, изготовленном на бумагоделательной машине, различают два направления:

- 1) машинное (продольное) направление бумаги характеризуется расположением преобладающего большинства волокон, составляющих полотно бумаги, длиной по направлению движения (отлива) полотна на машине. Такое расположение волокон в бумаге обуславливает некоторые особенности ее свойств, например, большую упругость, крепость, меньшую растяжимость в этом направлении;

2) поперечное направление бумаги характеризуется тем, что волокна расположены перпендикулярно направлению движения полотна бумаги на машине. Бумаге с небольшим содержанием волокон, расположенных перпендикулярно ходу полотна на машине, свойственна большая растяжимость и меньшая сопротивляемость разрыву. Поэтому у бумаги и картона в продольном и поперечном направлении бывают разные механические свойства и разное растяжение во влажном состоянии.

Эти разные свойства нужно учитывать как при проведении анализа бумаги, так и при ее дальнейшей обработке (печать, биговка и др.)

Прежде чем приступить к испытаниям на механические показатели необходимо определить в листе бумаги машинное и поперечное направление.

Та сторона бумажного полотна, которая прилегает к сетке бумагоделательной машины, называется сеточной, а другая — верхней или лицевой (не для двухсеточных машин). В результате неодинаковых условий формирования элементарные слои, непосредственно образующие сеточную и верхнюю стороны листа бумаги, отличаются по композиции и структуре, что является причиной так называемой разносторонности, т.е. неодинаковостью свойств (гладкость, впитывающая способность, интенсивность цвета, белизна, скручиваемость при одностороннем смачивании и др.). Поэтому перед проведением некоторых испытаний у бумаги необходимо определить сеточную и верхнюю стороны.

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАШИННОГО И ПОПЕРЕЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ БУМАГИ**

**1. По внешним признакам.** Визуально определяют направление, по которому ориентирована большая часть волокон на поверхности листа бумаги. Продольному направлению волокон соответствует машинное направление бумаги.

**2. Перекидывание полосок бумаги от руки.** Из испытуемой бумаги отрезают по двум взаимно перпендикулярным направлениям две одинаковые по длине и ширине полоски (длиной 200 мм и шириной 15 мм). На листе бумаги и вырезанных из него полосках отмечают основные направления для того, чтобы легче можно было установить направления испытуемой бумаги. Обе полоски вырезанные по взаимно перпендикулярным направлениям, складывают вместе и один конец зажимают пальцами (рис. 6). При перекидывании полосок от руки направо и налево полоски бумаги либо будут лежать одна на другой, либо разойдутся. Более жесткая (менее изгибающаяся) полоска соответствует машинному направлению.

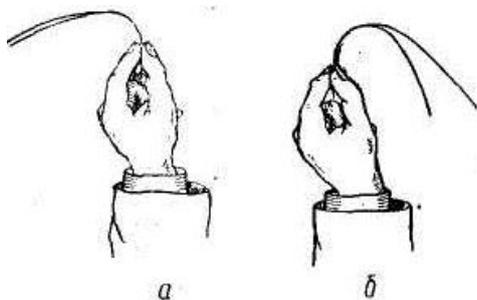


Рисунок 6 — Определение направления бумаги:

*а* — продольному направлению соответствует нижняя полоска;

*б* — продольному направлению соответствует верхняя полоска бумаги

**Смачивание образца бумаги на поверхности воды.** На листе испытуемой бумаги очерчивают кружок диаметром 50 мм (рис. 7). Через центр кружка карандашом проводят прямую линию параллельно одной из сторон листа, а затем этот кружок вырезают и осторожно опускают на поверхность воды. Вскоре плавающий на воде бумажный кружок свертывается (принимает форму цилиндра). Ось образующегося цилиндра будет соответствовать продольному направлению бумаги. Явление свертываемости кружка бумаги объясняется тем что в бумагах машинной выработки волокна своей шириной расположены преимущественно перпендикулярно движению полотна бумаги по сетке, т. е. продольному направлению. При смачивании волокна увеличиваются в диаметре на 20—30 %, а по длине лишь на 1—2 %. Поэтому поверхность бумаги, соприкасающаяся с водой, увеличивается, а менее увлажненные волокна противоположной поверхности бумаги как бы стягивают ее, от чего бумага принимает форму цилиндра.



Рисунок 7 — Определение направления бумаги

Этот способ применяется при испытании только клееных бумаг.

**4. Смачивание краев листа бумаги.** Влажной губкой смачивают края листа испытуемой бумаги в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Один из краев приобретает глубокую, наглядно выраженную волнистость, что будет соответствовать поперечному направлению бумаги.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНЕЙ И СЕТОЧНОЙ СТОРОНЫ БУМАГИ

**1. По внешним признакам сторон бумаги.** Бумагу складывают пополам и при хорошем освещении сравнивают обе стороны. Нередко можно обнаружить равномерную маркировку сеткой (с сеточной стороны), отличающуюся менее равномерной маркировкой сукном с лицевой стороны. Этот способ можно улучшить, смачивая бумагу водой или разбавленным раствором щелочи и просматривая одновременно два куска бумаги, обращенных к глазу различными сторонами.

**2. При свертывании бумаги при сушке.** Из листов бумаги вырезают 5 квадратов со стороной от 60 до 80 мм, стороны квадратов должны быть параллельны сторонам листа бумаги. Помечают одинаковые стороны всех квадратов, подвешивают их на крючках из проволоки, прикрепленных к стержню, примерно за середину какой-либо стороны квадрата, помещают стержень в сушильный шкаф, так чтобы образцы бумаги не касались друг друга и стенок шкафа и выдерживают в течение 10—20 мин при 100 °С.

В результате усадки образцы бумаги свертываются в желобки того или иного радиуса. Вогнутая сторона образцов бумаги соответствует сеточной.

**Лабораторная работа № 17**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ 1 М<sup>2</sup>, ТОЛЩИНЫ БУМАГИ,**  
**ПЛОТНОСТИ БУМАГИ, ВЛАЖНОСТИ БУМАГИ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ (ГОСТ 13525.19-91)**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические с точностью взвешивания до четвертого знака после запятой; сушильный шкаф с постоянной температурой 105 °С; эксикатор; бюксы; образцы бумаги и картона.

**Порядок выполнения лабораторной работы**

Влажность бумаги обычно определяют высушиванием навески в сушильном шкафу при температуре 100—105 °С до постоянной массы.

Образец бумаги с массой около 2 г помещают в стеклянный бюкс с притертой крышкой, предварительно высушенной до постоянной массы, взвешивают с погрешностью не более 0,002 г. Открытый бюкс и крышку помещают в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы при  $(105 \pm 2)$  °С. Первую сушку образца проводят не менее 0,5 ч. По окончании сушки бюкс закрывают крышкой и помещают в эксикатор, оснащенный термометром, где держивают до тех пор, пока температура бюкса не понизится до температуры окружающего воздуха. После охлаждения бюкс взвешивают. Постоянство массы считается достигнутым, если после повторного высушивания 0,5 ч разность масс при взвешивании не будет превышать 0,1 % первоначальной навески.

Влажность бумаги % вычисляют по формулам

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100,$$

где  $m_1$  — масса бюкса с навеской до высушивания, г;  $m_2$  — масса бюкса с навеской после высушивания, г;  $m$  — масса бюкса, г;

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100,$$

где  $m_1$  — масса образца бумаги до высушивания, г;  $m_2$  — масса бумаги после высушивания, г.

За результаты испытаний принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, округленное до 0,1 %. Расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 0,1 %.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ 1 м<sup>2</sup> (ГОСТ Т 13199-88)**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические с точностью взвешивания до четвертого знака после запятой; шаблон для вырезания образцов бумаги; образцы бумаги и картона.

Важное величиной для гарантии равномерности бумаги является масса 1 м<sup>2</sup>.

Масса 1 м<sup>2</sup> бумаги в основном зависит от видов волокнистых полуфабрикатов, использованных для ее изготовления. Бумага, изготовленная на основе древесной массы, значительно тяжелее бумаги, содержащей целлюлозу или тряпичную полумассу. Этот показатель также характеризует плотность и пористость бумаги.

Определение массы 1 м<sup>2</sup> бумаги и картона основан на взвешивании образца бумаги определенного размера на аналитических или лабораторных технических весах с точностью до 0,1 г с последующим пересчетом полученного значения на массу 1 м<sup>2</sup> (результат определения массы 1 м<sup>2</sup> выражают в граммах).

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

С помощью ножа или металлического шаблона из бумаги вырезают 10 образцов бумаги размером 10 x 10 см с предельным отклонением со сторонами ±0,5 мм.

Взвесить по одному образцу бумаги на лабораторных весах с точностью:

- при массе 1 м<sup>2</sup> менее 25 г — ±0,001 г;
- при массе 1 м<sup>2</sup> от 25 до 100 г — ±0,01 г;
- при массе 1 м<sup>2</sup> более 100 г — ±0,05 г;

Массу 1 м<sup>2</sup> определяют по формуле в граммах:

$$M = \frac{100 \sum m_i}{n},$$

где 100 — количество образцов размером (10 × 10) см, содержащихся в 1 м<sup>2</sup>;  $\sum m_i$  — сумма масс взвешенных образцов бумаги, г;  $n$  — число образцов, взятых для испытания.

Результат определения 1 м<sup>2</sup> бумаги округляют

- до 0,01 г/м<sup>2</sup>, при массе 1 м<sup>2</sup> бумаги — менее 25 г;
- до 0,1 г/м<sup>2</sup>, при массе 1 м<sup>2</sup> от 25 до 100 г включительно;
- до 1 г/м<sup>2</sup> при массе 1 м<sup>2</sup> свыше 100 г.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ БУМАГИ**

***Обеспечивающие средства:*** толщиномер; шаблон для вырезания образцов бумаги; образцы бумаги и картона.

Определение толщины бумаги и картона необходимо для контроля равномерности производства бумажного продукта.

Для таких сортов, как книжная, словарная, конденсаторная бумага и некоторых сортов картона, толщина — существенный признак качества.

Толщину бумаги измеряют толщиномером в пяти разных точках испытуемого образца и выражают в микрометрах (мк) или миллиметрах(мм).

В зависимости от назначения бумагу изготавливают разной толщины: попиросную — 23 км, писчую 0,1 мм и т. д.

Метод определения толщины бумаги основан на измерении этого показателя при удельном давлении измерительного прибора на бумагу в 0,1 мПа и величине измеряемой площади 2 см<sup>2</sup>.

Устройство толщиномера ТНБ показано на рис. 8.

Толщиномер снабжен шкалой, градуированной на сотые доли миллиметра. На стрелке некоторых аппаратов имеется иониус, с помощью которого можно производить отсчет с точностью до 0,001 мм.

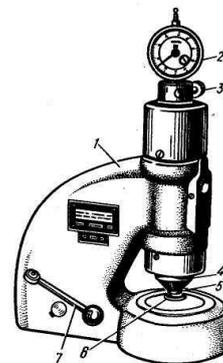


Рис. 8 — Толщиномер индикаторный ТНБ:

- 1 — корпус;
- 2 — измерительный механизм;
- 3 — эксцентрик; 4 — груз;
- 5 — верхняя пята;
- 6 — нижняя пята; 7 — рычаг

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Для определения толщины бумаги вырезают:

- не менее 10 образцов размером (200 × 250) мм при толщине бумаги более 15 мкм;
- 20 образцы при толщине 15 мкм и менее.

Измерения проводят в пяти точках, причем образцы укладывают в один или несколько слоев в зависимости от толщины бумаги:

- 50 мкм и более — один слой;
- от 15 до 50 мкм — пять слоев;
- менее 15 мкм — десять слоев.

Определение толщины бумаги производят следующим образом: отводя рычаг 7, поднимают стержень с прикрепленной к его нижнему концу пластиной 4. Лист бумаги помещают в щель между пластиной 4 и нижней неподвижной пластиной 5. Постепенно опуская рычаг 7, плавно опускают на бумагу стержень с пластиной. По циферблату 2 отсчитывают показания микрометра. Подняв стержень, вынимают бумагу. Для регулировки нулевого положения стрелки на стержне имеется винт.

Находят среднее арифметическое результатов измерений и округляют его

- до 0,1 мкм при толщине бумаги менее 30 мкм;
- до 1 мкм при толщине от 30 до 100 мкм включительно;
- до 10 мкм при толщине бумаги свыше 100 мкм.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ПУХЛОСТИ БУМАГИ**

### **Теоретические сведения**

Одной из характеристик структуры бумаги является показатель плотности, широко используемый в нашей промышленности (за рубежом чаще используют показатель пухлости, представляющий собой величину обратную плотности).

Плотность бумаги выраженную в г/м<sup>3</sup> подсчитывают, исходя из толщины бумаги выраженной в мм, и массы 1 м<sup>2</sup> в граммах, определенных на одних и тех же образцах. Плотность посчитывают путем деления массы 1 м<sup>2</sup> на толщину.

Плотность бумаги обуславливается главным образом видом волокнистого полуфабриката и степенью их помола. Волокна садкого помола образуют рыхлую бумагу, волокна жирного помола — плотную малопористую бумагу.

Необходимая плотность бумаги также достигается каландрированием, чем плотнее бумага, тем меньше впитываемость. Поэтому этот показатель имеет

большое значение для оценки качества писчих и печатных видов бумаг. От плотности бумаги во многом зависит ее воздухо- и паропроницаемость.

Важным геометрическим свойством бумаги, наряду с толщиной и массой,  $1 \text{ м}^2$ , является пухлость. Она характеризует степень спрессованности бумаги и очень тесно связана с такой оптической характеристикой, как непрозрачность: то есть чем пухлее бумага, тем она более непрозрачна при равном граммаже.

Пухлость измеряется в кубических сантиметрах на грамм ( $\text{см}^3/\text{г}$ ). Пухлость печатных бумаг колеблется в среднем от  $2 \text{ см}^3/\text{г}$  (для рыхлых, пористых) до  $0,73 \text{ см}^3/\text{г}$  (для высокоплотных каландрированных бумаг). На практике это означает, что если брать более пухлую бумагу меньшего граммажа, то при равной непрозрачности в тонне бумаги будет больше листов.

**Расчет плотности и пухлости бумаги.** Плотность бумаги,  $\text{г}/\text{м}^3$ , рассчитывают по формуле:

$$d = \frac{M}{10^4 h_{cp}};$$

пухлость бумаги,  $\text{см}^3/\text{г}$ :

$$P_x = \frac{10^4 h_{cp}}{M},$$

где  $d$  — плотность бумаги,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $P_x$  — пухлость бумаги  $\text{см}^3/\text{г}$ ,  $M$  — масса  $1 \text{ м}^2$  бумаги,  $\text{г}$ ;  $h_{cp}$  — толщина бумаги,  $\text{мм}$ ;  $10^4$  — площадь  $1 \text{ м}^2$ .

Результаты в обоих случаях округляют до 0,01.

### **Лабораторная работа № 18** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРНОСТИ БУМАГИ ГОСТ 13525.4-68**

**Обеспечивающие средства:** прибор для определения сорности целлюлозы, древесной массы и бумаги; шаблон, изготовленный из прозрачной бесцветной пленки с нанесенными на ней черными фигурами различной конфигурации следующих площадей в  $\text{мм}^2$  — 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; лампа накаливания (100 ВТ) или люминесцентная

Определение сорности образцов бумаги проводят по ГОСТ 13525.4–68.

Метод основан на определении количества видимых не вооруженным глазом в отраженном свете контрастных посторонних включений, отличающихся по внешнему виду от общего фона бумаги или картона, размером 0,25—0,5 мм и 0,5—2,0 мм.

Соринками являются посторонние включения; костра; лубяные волокна; частицы коры; смоляные пятна; частицы песка; угля и другие, отличающиеся по свету от общего фона образца. По внешнему виду и происхождению все включения можно разделить на три группы:

первая — соринки волокнистого происхождения (костра, волокна, частицы коры);

вторая — неметаллические включения (минеральные и органические) различного вида пятна ( частицы песка, угля, гипса смоляные и масляные пятна);

третья — металлические включения (частицы железа, меди, бронзы и других металлов).

Сорность отрицательно влияет на внешний вид бумаги, снижает ее эстетические свойства, затрудняет написание текста на такой бумаге и его чтение.

Факторы, влияющие на сорность:

- сорность полуфабрикатов;
- сорность наполнителя (наличие наполнителя);
- чистота оборотной воды;
- эффективность работы очистной аппаратуры

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

**Устройство аппарата для визуального определения сорности.** Аппарат для подсчета соринок представляет собой световой ящик, окрашенный с внутренней стороны белой краской (рис. 9). В раму наклонной крышки ящика вставлено прозрачное стекло размером (250 × 20) мм. На расстоянии 40 мм верхнего стекла параллельно ему вставлено матовое стекло.

Испытуемый образец освещается расположенными внутри ящика двумя лампами из прозрачного стекла мощностью 100 Вт. Для вентиляции в стенках ящика имеются круглые отверстия.

Шаблон для определения сорности изготовлен из прозрачной пленки, на которой нанесены черные фигурки различной конфигурации и определенных площадей, мм<sup>2</sup> — 0,06; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0.

Сорность образца определяют визуально, или при помощи фотоэлектрического прибора, или автоматического счетчика сорности.

Образцы бумаги или картона для определения сорности должны иметь площадь 1/16 м<sup>2</sup> и размеры (250 ± 1) × (250 ± 1) мм или соответствующие формату А4.

Образцы бумаги для испытаний не должны иметь складок, морщин, перегибов и водяных знаков.

Для определения берут три образца. Число соринок подсчитывают на обеих сторонах листа каждого образца. За результат испытания принимают среднее арифметическое, пересчитанное на 1 м<sup>2</sup>.

Испытания проводят при дневном рассеянном или искусственном свете.

Образец бумаги кладут на шаблон и рассматривают при освещении на приборе.

Площадь соринок проверяют совмещением их с соответствующими по конфигурации и площади фигурами шаблона.

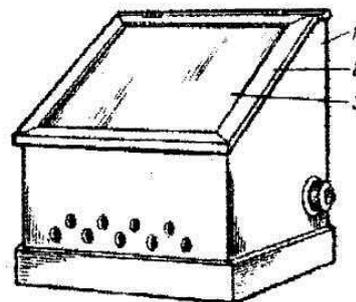


Рисунок 9 — Прибор для определения сорности целлюлозы, древесной массы и бумаги:  
1 — корпус; 2 — крышка; 3 — стекло

Соринки площадью, соответствующей пределам, указанным в нормативно-технической документации на бумагу, отмечают карандашом. В сомнительных случаях площади соринки проверяют, совмещая их с соответствующими по конфигурации и площади фигурами шаблона.

Соринки которые полностью закрываются соответствующей фигурой шаблона, рассматриваются как имеющие меньшую площадь, чем площадь этой фигуры шаблона и за подсчитываемый сор не принимаются.

Сквозные соринки и пятна, видимые с обеих сторон, учитывают два раза, если на каждой стороне их площадь превышает установленные предельные значения для данного вида бумаги.

Офисная, офсетная бумага. Испытанию подвергают наиболее проблемную сторону (сеточную). При определении сорности подсчитывают суммарное количество соринки и выражают количество соринки на 1 м<sup>2</sup>.

Газетная, типографская бумага. Испытанию подвергают обе стороны каждого образца. Сквозные соринки отмечают и подсчитываются с обеих сторон. При определении сорности подсчитывают суммарное количество соринки с обеих сторон образца. Полученные результаты суммируют и умножают на 16, что характеризует сорность на 1 м<sup>2</sup> поверхности листа бумаги. Цифра 16 означает, что площадь испытываемого образца в 16 раз меньше площади 1 м<sup>2</sup> бумаги.

Сорность выражают количеством соринки на обеих сторонах образца в пересчете на 1 м<sup>2</sup> бумаги:

$$X = \frac{C \times 16}{n},$$

где  $X$  — сорность образца площадью 1 м<sup>2</sup>;  $C$  — суммарное количество соринки со всех испытанных образцов с двух сторон; 16 — количество образцов в 1 м<sup>2</sup>;  $n$  — количество испытанных образцов.

Среднюю сорность  $Y$  выражают средним количеством соринки на обеих сторонах всех испытываемых образцов в пересчете на 1 м<sup>2</sup> поверхности бумаги или картона:

$$Y = \frac{C \times 8}{n}.$$

Результат округляют до целого числа.

***Контрольные вопросы:***

1. Характеристики характеризующие структуру бумажного полотна.
2. Лабораторные методы определения машинного и поперечного направления бумаги.
3. Методика определения влажности бумажного полотна.
4. Методика определения плотности и пухлости бумаги.
5. Факторы влияющие на сорность бумаги.
6. Методика определения сорности бумаги.

## 4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БУМАГИ

**Цель работ:** выработка практических навыков определения композиционного состава бумаги и картона.

**Задачи работ:** овладеть лабораторными методами определения композиционного состава бумаги и картона.

### **Задания:**

1. Определить композиционный состав по волокну испытуемых образцов бумаги и картона.

2. Определить зольность испытуемых образцов бумаги и картона и содержание кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) в бумаге.

### **Теоретические сведения**

В зависимости от технических требований, предъявляемых к различным видам бумаги, в ее состав может входить один или несколько видов волокон в строго определенном соотношении, а также проклеивающие вещества и наполнители.

Состав бумаги по волокну обычно называют *композицией*.

Композицией (составом) бумажной массы или бумаги называется состав и соотношение волокнистых и неволокнистых компонентов, из которых производится бумага данного вида.

По волокнистому составу бумага разделяется на следующие виды:

– по виду сырья, из которого получены волокнистые полуфабрикаты (из древесины хвойных или лиственных пород, из однолетних растений);

– по типу волокнистых полуфабрикатов (целлюлоза, полуцеллюлоза, древесная масса, тряпичная полумасса);

– по типу варочного процесса (сульфитный, сульфатный, натронный);

– по степени отбелки (беленая, полубеленая, небеленая).

*Целлюлозные волокна* — одни из основных компонентов растительных клеток. Они обладают очень ценными свойствами для производства бумаги и картона. Эти волокна хорошо набухают воде, они способны фибриллироваться на более мелкие волокна (фибриллы и микрофибриллы). Имеют высокую прочность и стойкость к воздействию температуры и химических веществ, легко диспергируются в воде и образуют прочную межволоконную связь между собой в листе бумаги.

Наиболее ценными являются волокна, получаемые из древесины хвойных пород. Они имеют хорошие бумагообразующие свойства. Эти волокна можно применять не только самостоятельно, но и добавлять к ним менее ценные коротковолокнистые полуфабрикаты, такие, как древесная масса, волокна древесины лиственных пород и однолетних растений, макулатурная масса.

Волокнистые полуфабрикаты из древесины лиственных пород отличаются от полуфабрикатов древесины хвойных пород прежде всего тем, что они имеют более короткие волокна, которые, кроме того, менее однородны по своему анатомическому строению.

В последнее время увеличилось применение целлюлозы из лиственных пород древесины в производстве бумаги. Несмотря на недостаток — наличие короткого волокна, что приводит к снижению прочностных свойств бумаги, — введение в композицию бумаги лиственной целлюлозы улучшает печатные свойства. Короткие волокна лиственной целлюлозы, заполняя промежутки между более длинными волокнами хвойной целлюлозы, увеличивают гладкость и непрозрачность поверхности бумаги, а также способствуют удержанию наполнителя. Однако чрезмерная добавка лиственной целлюлозы к хвойной может привести к снижению влагопрочности и поверхностной механической прочности и увеличению промыв в виде мелкого волокна.

Волокнистые полуфабрикаты классифицируются как по способу получения, так и по выходу из абсолютно сухого сырья.

В технической целлюлозе, кроме чистой целлюлозы, содержатся гемицеллюлозы, улучшающие бумагообразующие свойства волокна, и лигнин, их ухудшающий.

В зависимости от выхода, полуфабрикаты подразделяют на целлюлозу (45—55 %), целлюлозу высокого выхода (55—65 %), полуцеллюлозу (65—85 %), полуцеллюлозу высокого выхода (85—90 %) и древесную массу (90—97 %). Чем выше выход полуфабриката, тем больше в нем гемицеллюлоз и лигнина.

По способу производства целлюлоза делится на сульфатную и сульфитную.

Волокна сульфатной целлюлозы по сравнению с другими довольно гибки, эластичны, на их поверхности меньше микротрещин, поэтому трудно фибрируются при размоле и меньше укорачиваются. Придает бумаге высокую механическую прочность, термостойкость, долговечность.

Целлюлоза сульфитная широко используется для производства различных видов бумаги и картона, предназначенных для письма, печати, упаковки и расфасовки продуктов на автоматах.

Целлюлоза высокого выхода обладает высокими показателями механической прочности, однако бумага, получаемая из него, имеет повышенную жесткость и сорность. Применяется в основном для картона и упаковочной бумаги низкого качества.

Полуцеллюлоза занимает промежуточное положение между целлюлозой и механической массой. Волокна полуцеллюлозы содержат большое количество лигнина, поэтому они более жесткие, чем целлюлозные волокна. Полуцеллюлоза не уступает по механической прочности целлюлозе, но отличается от нее белизной, сорностью и меньшей долговечностью. В основном ее применяют для производства картона, гофры, древесноволокнистых плит и низкосортной бумаги.

Облагороженная целлюлоза. Она отличается высокой мягкостью, пухлостью, меньшей деформацией и большой долговечностью. В этой целлюлозе содержится мало лигнина и гемицеллюлоз, поэтому она применяется для производства долговечных и специальных видов бумаги и картона с высокой впитывающей способностью.

С содержанием целлюлозы 94—96 % применяется для производства фильтровальной бумаги, фотоподложки.

С содержанием целлюлозы 91—93 % применяется для производства санитарно-гигиенической бумаги (салфетки, пеленки, пакеты).

Целлюлоза с содержанием целлюлозы свыше 96 % и содержанием пентозанов меньше 2 % применяется для химической переработки, т. к. она для изготовления бумаги непригодна (не фибриллируется и не гидратируется при размоле и неспособна образовывать достаточно прочный лист бумаги).

Древесная масса позволяет улучшить многие печатные свойства бумаги. Способствует: увеличению пористости, впитывающей способности по отношению к печатным краскам, мягкости и упругости, снижает отмарывание печатной краски. Но древесная обладает низкой механической прочностью и неустойчивостью свойств при хранении и воздействии на нее света и влаги, снижает белизну, гладкость бумаги и ее долговечность. Представляет собой вторичное сырье. Используется для выработки различных видов бумаги и картона. Окрашенная печатной краской в основном используется для производства картона.

Тряпичная полумасса. Наиболее ценная тряпичная полумасса получается из льняного и пенькового волокна, представляющая почти чистую целлюлозу. Такая масса хорошо фибриллируется при размоле. Используется для производства высокосортных и специальных видов бумаги (электроизоляционный, прокладочного, папиросной, копировальной, конденсаторной).

Хлопчатобумажная масса, состоящая из хлопковых волокон, плохо фибриллируется при размоле, поэтому используется для производства бумаги и картона с хорошей впитывающей способностью (фильтровальная, основа для фибры, в композиции с целлюлозой для производства чертежной, документной, высокосортной писчей бумаги).

Из хлопковой целлюлозы вырабатывают прочную и долговечную документную бумагу и бумагу, от которой требуется высокая химическая чистота (хроматографическая, электрохимическая бумага).

При исследовании композиции бумаги определяют: вид волокон, из которых состоит бумага; процентное соотношение различных волокон.

### **Лабораторная работа № 19** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ БУМАГИ, ИССЛЕДОВАНИЕ** **ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ** **ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА**

**Обеспечивающие средства:** микроскоп; препарировальные иглы; предметные и покровные стекла; капельницы с реактивами; бумага фильтровальная; исследуемые образцы бумаги и картона.

#### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Микроскопическое исследование бумаги имеет большое значение, дополняя химические и физические характеристики продукта и часто объясняя то или иное свойство исследуемого материала. Оно включает определение вида волокон, входящих в состав бумаги, и процентное содержание.

Определение вида полуфабрикатов, входящих в композицию бумаги, производится с помощью окраски препаратов определенными реактивами и морфологического исследования волокнистой массы.

При использовании закрашивающего реактива хлорцинкиода (реактив Герцберга) различают следующее окрашивание:

- желтая окраска (древесная масса и полуцеллюлоза);
- сине-фиолетовая окраска (хвойная, лиственная целлюлоза и целлюлоза из однолетних растений);
- винно-красная окраска (тряпичная полумасса).

В некоторых случаях необходимо получить детальное представление о полуфабрикатах. В тех случаях, когда надо определить процесс, при помощи которого они получены, или установить, подвергались ли полуфабрикаты отбелке, используют тот или иной реактив.

Закраска препарата реактивом Графф «С» (хлористый алюминий + хлористый кальций + хлористый цинк + иод в иодистом калии) позволяет определить следующие виды полуфабрикатов:

- желтая окраска (хвойная небеленая целлюлоза);
- синяя или зеленая окраска (лиственная небеленая целлюлоза);
- синяя или сине-серая окраска (небеленая целлюлоза из однолетних растений);
- красно-серая окраска (сульфитная беленая целлюлоза);
- сине-фиолетовая окраска, переходящая в красную (сульфатная беленая целлюлоза);
- слабо-синяя окраска с фиолетовым оттенком (беленая целлюлоза из однолетних растений);

Закраска препарата реактивом Селледжера (азотный кальций + иод в иодистом калии) позволяет определить следующие полуфабрикаты:

- желтая окраска (хвойная небеленая целлюлоза);
- синяя окраска (небеленая целлюлоза из лиственных пород и однолетних растений).

Закраска препарата реактивом Лофтон-меррита (малахитовый зеленый 2 + фуксин основной) позволяет определить следующие полуфабрикаты:

- синяя или сине-зеленая окраска (сульфатные небеленые целлюлозы);
- красно-фиолетовая окраска (сульфитные небеленые целлюлозы);
- сульфитные и сульфатные беленые целлюлозы — не окрашиваются.

Закраска препарата реактивом Кантрович-Симмонса (хлорное железо + роданистый калий + бензопупурин) позволяет определить следующие полуфабрикаты:

- красная окраска (беленые целлюлозы);
- синяя окраска (небеленые целлюлозы или отбеленные в небольшой степени).

### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

**Подготовка проб к испытаниям.** Пробы для определения композиции вырезают из пяти мест испытуемого образца, размером (15 × 30) мм. Помещают пробы в колбу и кипятят в течение 5 мин в 0,1 % растворе едкого натра. После

этого пробы переносят в стакан с водой и осторожно снимают в воде мелованный слой. Подготовленные таким образом пробы накладывают друг на друга, отделяют с помощью препарировальных игл небольшую порцию бумаги, включающую отдельные кусочки от всех пяти образцов, переносят ее на предметное стекло и расщепляют на отдельные волокна в 2—3 каплях дистиллированной воды.

Проба на стекле тщательно обезвоживается с помощью фильтровальной бумаги и закрашивается соответствующими реактивами.

Приготовленные препараты следует хранить в затемненном месте не более 15 мин.

**Проведение испытания.** Препараты следует рассматривать при 120-кратном увеличении ( $15 \times 8$ ) в 10 полях зрения, в различных участках.

Состав бумаги по волокну определяют в следующей последовательности:

- определение видов волокон;
- определение волокон беленой и небеленой целлюлозы;
- определение волокон беленой сульфитной и сульфатной целлюлозы

**Определение видов волокон.** Препарат закрашивается раствором хлорцинка-иода следующим образом. В середину предметного стекла для окрашивания препарата наносится капля раствора А (хлор-цинк-иода), туда же, с помощью препарировальной иглы переносят часть волокон из отжатой на стекле массы. Окрашенная масса осторожно разделяется иглами на отдельные волокна и накрывается покровным стеклом. Во избежание попадания пузырьков воздуха в препарат, стекло осторожно подводят сбоку. Избыток жидкости удаляют с помощью полосок фильтровальной бумаги.

На основании окраски волокон и их микроструктурных особенностей определяют наличие в испытуемом образце хвойной или лиственной целлюлозы, древесной массы.

Определение волокон беленой и небеленой целлюлозы. Вначале проба окрашивается в двух каплях раствора В (водный раствор железосинеродистого калия). Через 30 с к раствору В добавляют две капли раствора Г (водный раствор хлорного железа) и снова хорошо перемешивают. Через 30 с волокна осушают фильтровальной бумагой, промывают дистиллированной водой и вновь сушат, после этого на волокна наносят раствор Д (раствор бензопурпурина 4В в этиловом спирте) и выдерживают в течение 1 мин, затем вновь осушают фильтровальной бумагой и промывают дистиллированной водой. Окрашенную пробу разделяют иглами на отдельные волокна и накрывают покровным стеклом.

Наличие волокон беленой и небеленой целлюлозы определяют по их окраске:

- волокна беленой целлюлозы окрашиваются в розовый цвет;
- волокна небеленой целлюлозы окрашиваются в синий цвет;
- древесная масса и полуцеллюлоза окрашивается в синий цвет.

Определение волокон беленой сульфитной и сульфатной целлюлозы (лиственной и хвойной). Навеску образца около 0,05 г опускают в нагретый до кипения раствор Ж (0,4 % раствор соляной кислоты) и кипятят в течение 15 мин, после чего кислоту сливают, образец промывают холодной дистиллированной водой, затем опускают в кипящую дистиллированную воду и кипятят в течение 1 мин.

Небольшое количество образца переносят на предметное стекло, расщепляют на отдельные волокна и осушают с помощью фильтровальной бумаги.

На волокна наносят 2—3 капли раствора 3 (водный раствор основного фуксина) и хорошо перемешивают. Через 1 мин волокна осушают фильтровальной бумагой и промывают в течение 15 с раствором И (0,02 н соляной кислоты), который также удаляют с помощью фильтровальной бумаги. Затем на волокна наносят, 2—3 капли раствора хлор-цинк-иода и обрабатывают в течение, 30 с, после чего этот раствор удаляют при помощи фильтровальной бумаги.

Наличие волокон беленой сульфитной и сульфатной целлюлозы определяют по их окраске:

- волокна сульфитной целлюлозы окрашиваются в бледно-розовый цвет;
- волокна сульфатной целлюлозы окрашиваются в синий или сиреневый цвет;
- текстильные волокна не окрашиваются;
- древесная масса окрашивается в ярко-малиновый цвет.

## **Лабораторная работа № 20** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ В БУМАГЕ**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛЬНОСТИ**

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; печь муфельная, обеспечивающая нагрев до температуры  $(900 \pm 25) ^\circ\text{C}$ ; тигли фарфоровые; шкаф сушильный, обеспечивающий поддержание температурного режима  $40—150 ^\circ\text{C}$ ; эксикатор. кальций хлористый 2-водный ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), прокаленный; образцы бумаги и картона.

*Зольность бумаги* — массовая доля минеральных веществ в виде зольного остатка в бумаге (картоне), выраженная в процентах.

#### ***Порядок выполнения лабораторной работы***

Метод заключается в сжигании и прокаливании испытуемого образца, помещенного в тигель, в муфельной печи до постоянной массы.

Навеску бумаги (табл. 3), взвешенную с точностью до 0,0002 г, нарезают на небольшие полоски и помещают в прокаленный и доведенный до постоянной массы фарфоровый тигель, затем ее обугливают в муфельной печи при температуре  $(300 + 10) ^\circ\text{C}$ . Обугливание можно производить на электрической плитке под тягой. Следует избегать воспламенения бумаги в процессе обугливания, так как это ведет к потере золы.

Тигель с обугленной бумагой прокаливают в муфельной печи при температуре  $(900 \pm 50) ^\circ\text{C}$  в течение 2 часов.

Вынутый из муфеля тигель охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры, а затем взвешивают с точностью до 0,0002 г.

После взвешивания тигель вновь помещают в муфель для контрольного прокаливания на 30—40 мин, охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

В случае необходимости контрольные прокаливания продолжают до получения постоянной массы золы, т.е. разница между результатами двух последующих взвешиваний должна составлять не более 0,5 мг. При определении зольности на отдельном образце параллельно определяют влажность бумаги.

Содержание золы ( $X$ ) в % по массе вычисляют по формуле

$$X = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100;$$

$$X = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{m(100 - W)} \times 100$$

где  $m_2$  — масса прокаленного тигля с золой, г;  $m_1$  — масса прокаленного тигля (или тигля с крышкой), г;  $m_0$  — масса абсолютно сухого испытуемого образца, г;  $m$  — масса навески воздушно-сухой бумаги или картона, г;  $W$  — влажность бумаги, %.

За результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений с точностью, округленных до следующих значений:

- до 0,01 % — при зольности до 1 %;
- до 0,1 % — при зольности от 1 до 10 %;
- до 1 % — свыше 10 %.

Таблица 3 — Зависимость массы навески от предполагаемого количества золы

Содержание золы, %	Масса навески, г, не менее
До 0,10	15
0,1—0,5	10
0,5—1,0	5
1,0—5,0	2
5,0—10,0	2
10,0—20,0	1
Более 20,0	1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ ( $\text{CaCO}_3$ ) В БУМАГЕ

**Обеспечивающие средства:** весы лабораторные аналитические; электроплитка; колба для титрования, 250 мл; пипетка на 10 мл градуированная; пипетка на 10 мл не градуированная; микропипетка на 1 мл градуированная; бюретка на 25 мл; буферный раствор рН 10 (аммиак 25 %-ный + хлорид аммония); трилон Б (0,0178 моль/л); 1 н раствор HCl.

Метод основан на растворении карбоната кальция в соляной кислоте с последующим титрованием — комплексометрически с помощью Трилона Б.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Готовят буферный раствор: 54 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 350 мл  $\text{NH}_3$  25 %-ный, довести дистиллированной водой до 1 л, рН должен быть 10.

Примерно 200 мг пробы целлюлозы или бумаги нарезают на кусочки размером около (1 × 1) см, точно взвешивают в колбе для титрования, добавляют 10 мл 1 н соляной кислоты и нагревают на электроплитке около 5 мин примерно до 80 °С и затем разбавляют примерно 50 мл дистиллированной воды. После разбавления снова нагревают до 50 °С.

В колбу добавляют 10 мл буферного раствора и титруют Трилоном Б с переходом цвета раствора с фиолетового на зеленый. Расход Трилона Б должен быть в диапазоне 15—25 мл, в противном случае необходимо изменить навеску соответствующим образом.

Содержание кальция (CaCO<sub>3</sub>) в % вычисляют по формуле

$$(\text{PCC}) = \frac{V \times 0.178}{W},$$

где  $V$  — расход Трилона Б, мл;  $W$  — навеска бумаги, г.

#### ***Контрольные вопросы:***

1. Какие волокнистые полуфабрикаты используются в производстве бумаги и картона?
2. Влияние волокнистых полуфабрикатов на свойства бумаги и картона.
3. Препараты, используемые для определения композиции бумаги.
4. Наполнители, используемые в производстве бумаги и картона.
5. Как определяют и что характеризует зольность бумаги?
6. Влияние наполнителя на свойства бумаги и картона.

### **4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ И УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУМАГИ**

***Цель работ:*** выработка практических навыков определения механических характеристик бумаги и картона. Закрепление теоретических знаний о технологическом процессе изготовления бумаги, влиянием параметров производства на механические характеристики готовой продукции.

#### ***Задачи работ:***

1. Овладеть лабораторными методами контроля механических характеристик.
2. Провести соответствующие расчеты.

#### ***Задания:***

1. Определить прочность при растяжении (разрывную длину), прочности на излом при многократных перегибах (число двойных перегибов); сопротивление раздиранию; стойкость поверхности к выщипыванию по Деннисону образцов бумаги.
2. По результатам анализа провести соответствующие расчеты.

### *Теоретические сведения*

Одним из основных свойств многих видов бумаги является механическая прочность, которая для каждого вида бумаги регламентируется стандартом.

Прочность бумаги выражают различными показателями, характеризующими сопротивления бумаги разрыву, излому, продавливанию, надрыву, ударной нагрузке и пр. Прочность бумаги, состоящей из нескольких компонентов, трудно предсказать заранее. Однако большей частью показатели сопротивлений бумаги разрыву, продавливанию и излому близки по величине соответствующим показателям наиболее прочного из компонентов массы.

Факторы, оказывающие влияние на прочность бумаги: прочность и длина исходных волокон; гибкость и эластичность волокон; отношение длины волокон к диаметру; степень и характер переплетения волокон между собой; степень фибриллирования или изменения внешней поверхности волокон; степень уплотнения листа; равномерность отлива листа; наличие в бумаге веществ неволокнистого характера, которые способствуют либо увеличению, либо уменьшению прочности бумажного полотна; наличие или отсутствие в бумажной массе целлюлозной слизи; влияние каждой ступени технологического процесса производства бумаги (например, проклейка, наполнение, отлив, сушка, каландрирование и др.); факторы, влияющие на прочность бумаги и действующие в полуфабрикатных цехах; условия хранения волокнистого сырья; состав солей жесткости производственной воды.

Все эти факторы могут быть разбиты на две основные группы: переменные факторы, определяемые исходным волокнистым материалом, и факторы, определяемые технологическим процессом изготовления бумаги. Обе группы факторов тесно переплетаются между собой.

Прочность бумаги прежде всего зависит: от сил сцепления волокон между собой в готовой бумаге и площади поверхности, на которой действуют эти силы; от прочности самих волокон, их гибкости и размеров; от расположения волокон в бумаге, т. е. от их ориентации, плотности укладки и пр.

Все другие многочисленные факторы, оказывающие влияние на прочность готовой бумаги, в конечном счете проявляют свое действие через указанные основные факторы. Например, отношение скорости массы, поступающей на сетку, к скорости сетки влияют на расположение волокон в бумаге и именно через этот фактор — на прочность бумаги. Величина удельного давления при прессовании и каландрировании бумаги сказывается как на взаимном расположении волокон, так и на величине сил сцепления их между собой. Изменение степени натяжения бумажного полотна в отдельных секциях машины или степени натяжения сушильных сукон, а также введение в бумажную массу гидрофильных добавок приводит к изменению величины сил сцепления между волокнами.

Показатели прочности бумаги (сопротивления разрыву, излому, раздиранию и др.) в разной степени зависят от факторов, на них влияющих. Например, сопротивление бумаги разрыву в большей степени зависит от сил сцепления между волокнами и прочности самих волокон, чем от их длины. Это может быть подтверждено хотя бы тем, что волокна хвойной и лиственной целлюлозы при разной их длине позволяют получить образцы бумаги с примерно одинако-

вым сопротивлением разрыву. Сопротивление бумаги излому больше зависит от длины волокон, их гибкости и прочности, нежели от сил связи между волокнами. На показатель сопротивления бумаги раздиранию в более значительной степени влияет длина и прочность составляющих бумагу волокон, чем величина сил связи между этими волокнами.

## **Лабораторная работа № 21** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ. МЕТОД** **НАГРУЖЕНИЯ С ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТЬЮ (ГОСТ ИСО 1924-1-96)**

**Обеспечивающие средства:** разрывная машина МРЭ-Т; сушильный шкаф с вентиляцией обеспечивающий постоянную температуру ( $105 \pm 2$ ) °С в процессе сушки; весы лабораторные аналитические, образцы бумаги и картона.

### ***Теоретические сведения***

Показатель сопротивления разрыву ( $F$  разрывное усилие в Ньютонах —  $N$ ) является наиболее широко распространенной прочностной характеристикой бумаги и картона

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 в метрах (или километрах), под которой понимают длину полоски бумаги в метрах, при которой эта полоска, подвешенная за один конец, разрывается под тяжестью собственного веса.

Сопротивление бумаги и картона на разрыв проводят для оценки ее потребительских свойств, из-за тесной взаимосвязи между величиной разрывного усилия и степенью межволоконных связей.

Прочность на разрыв увеличивается с увеличением энергии размола из-за высвобождения связей при набухании волокон и отделении относительно инертных внешних стенок. Увеличение, при распределении связей по площади поверхности в процессе отлива, степени фибриллирования и однородности также увеличивает прочность на разрыв, которая при этом почти не зависит от длины волокон. Таким образом, испытание прочности на разрыв позволяет получить представление об изменении морфологии волокон при размоле и вероятном влиянии структуры листа на его другие свойства.

Факторы, влияющие на разрывную длину: композиция (целлюлозное волокно прочнее; разработка волокна; процесс отлива; процесс сушки (при увеличении влажности — увеличивается); процесс каландрирования (увеличивается); нейтральная проклейка — увеличивает; при увеличении массы  $1 \text{ м}^2$  — увеличивается; содержание наполнителя — снижает.

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.

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.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

**Устройство разрывной машины МРЭ-Т.** Машина МРЭ-Т применяется для испытания прочности бумаги или картона на растяжение по методу нагружения с постоянной скоростью или растяжения с постоянной скоростью.

Машина МРЭ-Т может применяться для испытания прочности на растяжение гофрированного картона, у которого ширина испытуемого образца равна  $(25 \pm 1)$  мм, а разрушающее усилие не превышает 1 кН. Общий вид машины представлен на рис. 10.

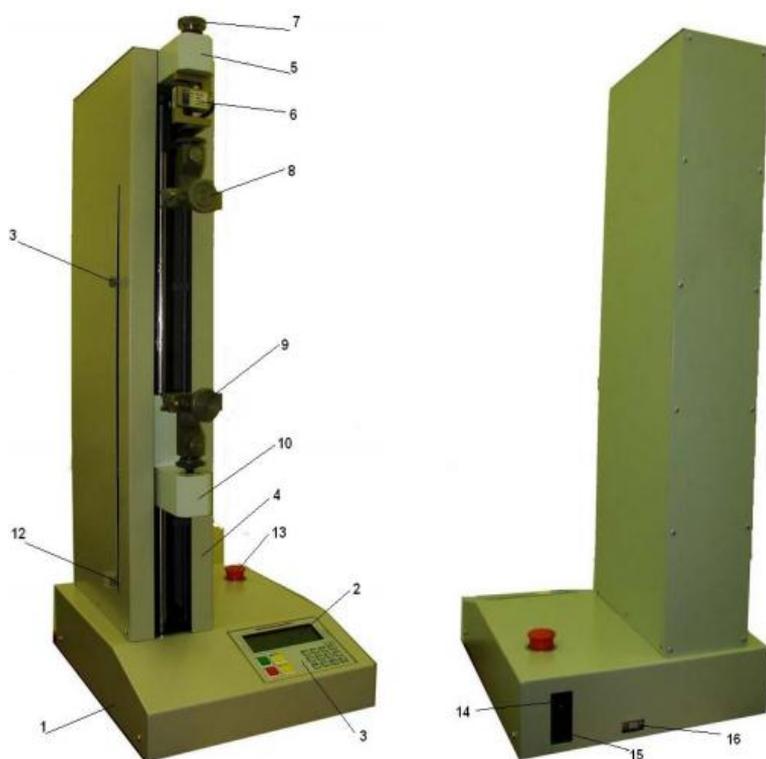


Рисунок 10 — Общий вид машины МРЭ-Т:

- 1 — основание, закрытое кожухом;
- 2 — индикатор; 3 — клавиатура;
- 4 — кожух; 5 — кронштейн неподвижный; 6 — тензодатчик;
- 7 — винт; 8 — зажим неподвижный; 9 — зажим подвижный;
- 10 — каретка подвижная;
- 11, 12 — винты фиксирующие;
- 13 — кнопка аварийного выключателя; 14 — включатель сетевой;
- 15 — ввод сетевой;
- 16 — выход интерфейсный

Механизмы привода машины и элементы электроники размещены на основании закрытым кожухом 1. На этом же основании закреплен индикатор 2, для вывода информации и клавиатура 3, для управления работой машины. На основании закреплены направляющие и ходовой винт, закрытые кожухом, для перемещения подвижной каретки поз. 10. Сверху на направляющих закреплен неподвижный кронштейн, на котором закреплен тензодатчик, винтом. На тензодатчике 6 крепится зажим (неподвижный) 8 для крепления образца материала. На подвижной каретке поз. 10 закреплен зажим 9, также предназначенный для крепления образца материала. Верхнее и нижнее положение подвижной каретки 10 определяется установкой датчиков положения, которые фиксируются

винтами 11 и 12. Аварийное выключение машины производится кнопкой 13. Подключение машины к электросети производится кабелем, через сетевой ввод 15. Включение машины производится выключателем 14.

Общий вид машины без кожухов представлен на рис. 11. На основании 1 закреплены платы источников питания, управления и другие электроэлементы для обеспечения функционирования машиной. На основании 1 с помощью пластин 2,3, стоек 4 закреплены элементы привода машины: ходовой винт 5, направляющая 6, электродвигатель 7, редуктор 8, подвижная каретка с платой датчиков 9 положения 9, зубчато-ременная передача 10, плата управления электроприводом 11.

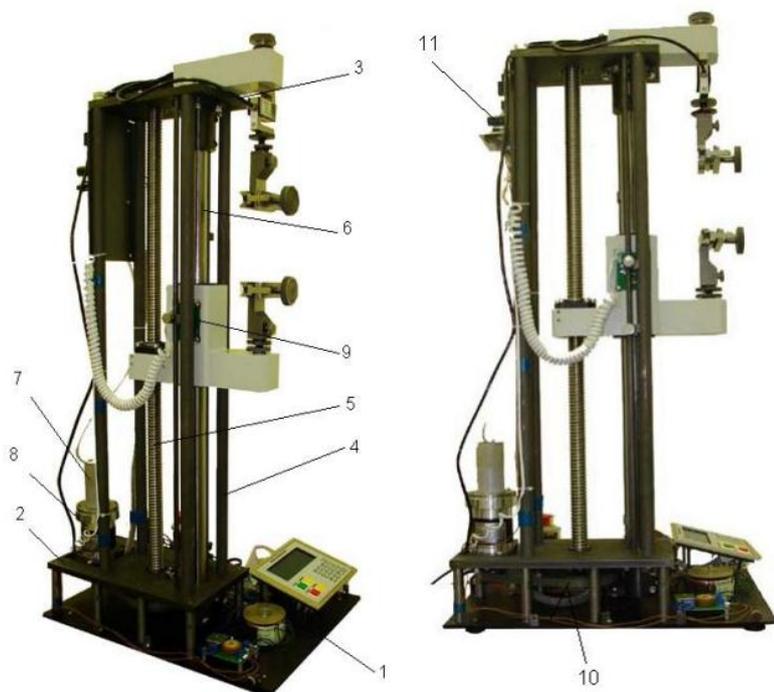


Рисунок 11 — Общий вид машины без кожухов  
 1 — основание;  
 2, 3 — пластина;  
 4 — стойка; 5 — винт ходовой;  
 6 — направляющая;  
 7 — электродвигатель;  
 8 — редуктор;  
 9 — плата с оптопарами;  
 10 — зубчато-ременная передача;  
 11 — плата управления приводом

**Подготовка образцов бумаги.** Из листов бумаги и картона готовят образцы для испытания. Образцы вырезают на расстоянии не менее 15 мм от края листа.

Испытуемый образец не должен иметь морщин, видимых трещин и водяных знаков. Наличие водяных знаков отмечают в протоколе.

Из отобранных листов пробы вырезают не менее 10 образцов в машинном и не менее 10 — в поперечном направлениях.

Образцы должны быть с параллельными сторонами с допустимым отклонением от параллельности, не превышающим  $\pm 0,1$  мм, ровными и неповрежденными.

Ширина испытуемых образцов должна быть:  $(25,0 \pm 0,2)$  мм; Длина образца должна быть не менее  $(250 \pm 0,2)$  мм, чтобы его можно было закрепить в зажимах, не касаясь руками испытуемой части.

**Примечание.** Если размеры листов изделия (например, для санитарно-гигиенической бумаги и др.) менее 180 мм, то нарезают образцы такой длины, какую позволяет изделие, и отмечают это в протоколе испытаний.

### Подготовка машины к испытанию:

1. Подсоедините машину к внешнему источнику электропитания, как описано выше и нажмите на сетевой выключатель, расположенный на задней стенке машины, при этом на индикаторе появится информация:

ООО ТРИГЛА  
МРЭ - Т  
[www.trigla.kiev.ua](http://www.trigla.kiev.ua)

Происходит проверка параметров машины, и проверка установленного профиля на предмет возможности восстановления. Если параметры удалось восстановить, через несколько секунд на индикаторе появляется сообщение: Параметр ОК.

2. Убедиться, что введены необходимые настройки машины.
3. Убедиться, что введен профиль, соответствующий виду материала, который подлежит испытанию.
4. Убедиться, что установлено расстояние между зажимами, соответствующее длине испытуемого образца.

**Установка образца.** Установить образец материала в зажимах, согласно рис. 12, не касаясь руками испытуемой его части.

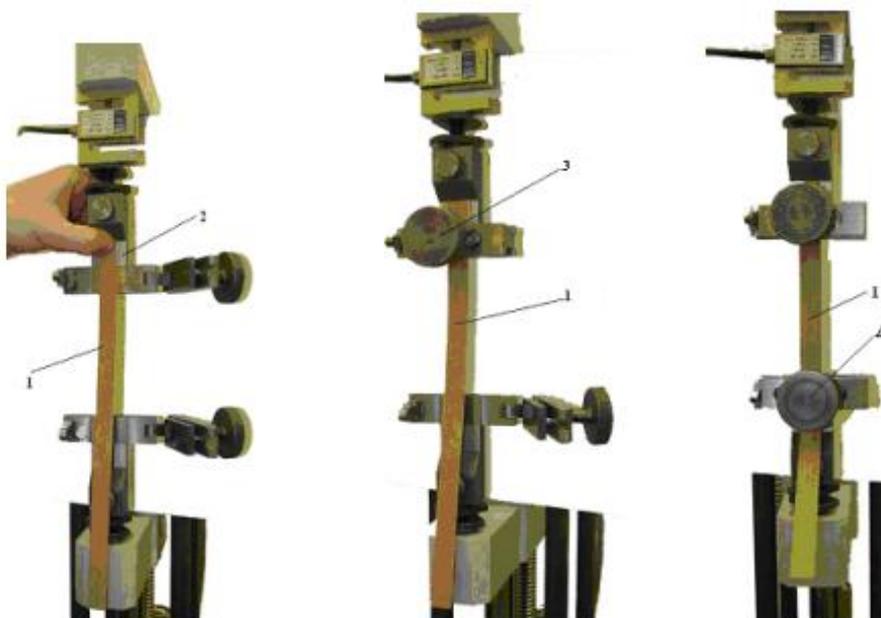


Рисунок 12 — Установка образца материала в зажимах  
1 — образец материала; 2 — пластинка с рисками; 3,4 — фиксирующие винты

Закрепленный в верхнем зажиме образец, выравнивают так, чтобы не было провисания и деформации и закрепляют в нижнем зажиме, чтобы избежать выскользывания. Кромки образца, при правильном закреплении, должны быть направлены параллельно направлению прилагаемого усилия.

Для удобства установки образца на корпусах зажимов нанесены риски параллельные направлению прилагаемого усилия.

Для разравнивания перед испытанием образца бумаги с небольшой массой 1 м<sup>2</sup> (например, санитарно-гигиенической, конденсаторной и др.) к нижнему зажиму испытуемого образца рекомендуется прикрепить легкий груз массой 5—10 грамм. Чтобы не нарушить структуру образца, груз крепят с помощью специального зажима

**Проведение испытания.** Нажать кнопку СТАРТ. Начнется растяжение образца и при достижении установленного значения стартовой нагрузки растяжения, начнется отсчет времени испытания. Растяжение продолжается до полного разрыва образца.

В процессе испытания на индикаторе будут индицироваться изменяющиеся текущие значения:

- растягивающей силы, Н;
- времени проведения испытания, с;
- текущее значение скорости растяжения образца, мм/мин, которая обеспечивает нагружения образца, Н/мин, с постоянной скоростью;
- абсолютное удлинение образца, мм.

После разрыва образца нижний подвижный зажим автоматически вернется в исходное положение, а на индикаторе будут зафиксированы:

<b>Профиль 1</b>	
<b>Н: XXX</b>	<b>XXсек</b>
<b>V: XX</b>	<b>X.Xмм</b>
<b>Измерений: XX</b>	

где:

- Н: XXX — максимальное значение растягивающей силы, в Ньютонах, которое принимается за разрушающее усилие;
- XXсек — время проведения испытания, в секундах, от стартовой нагрузки растяжения до максимального значения растягивающей силы;
- V: XX — начальное значение скорости растяжения образца, мм/мин, установленное при настройке «Профиля» данного вида материала;
- X.Xмм — абсолютное удлинение образца, мм, от стартового значения растягивающей силы до ее максимального значения;
- Измерений: XX — количество проведенных измерений.

Время проведения испытания должно составлять  $(20 \pm 5)$  с. Если время испытания отличается от указанного значения, предварительным испытанием подбирают скорость нагружения образца, при котором время проведения испытания будет составлять  $(20 \pm 5)$  с.

Если в процессе испытания появится необходимость остановить испытания, нажать кнопку СТОП.

**Обработка результатов испытаний.** В машине производится автоматическая обработка результатов испытаний. Расчет параметров производится в соответствии с ГОСТ ИСО 1924/1-96.

## **Лабораторная работа № 22** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА ИЗЛОМ ПРИ МНОГОКРАТНЫХ** **ПЕРЕГИБАХ (СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗЛОМУ) (ГОСТ 13525.2-80)**

**Обеспечивающие средства:** прибор И-1-2; сушильный шкаф с постоянной температурой 105 °С; шаблон, образцы бумаги и картона.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

Прочность бумаги на излом при многократных перегибах (сопротивление излому) характеризует ее способность противостоять многократному изгибу и выражается числом двойных перегибов (180°), выдерживаемых полоской бумаги, на которую действует растягивающая сила, равная  $(9,91 + 0,2)$  Н, до разрушения по линии изгиба. Этот показатель зависит от длины волокон, из которых образована бумага, их прочности, гибкости и сил связи между волокнами. Поэтому наиболее высоким сопротивлением излому обладает бумага, состоящая из длинных, прочных, гибких и прочно связанных между собой волокон. Определение сопротивления излому производится на приборах И-1-2 (рис. 13).

### **Устройство аппарата И-1-2.**

Аппарат (рис. 14) состоит из станины 11с 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, заканчиваю-



Рисунок 13 — Прибор для испытания бумаги на перегиб

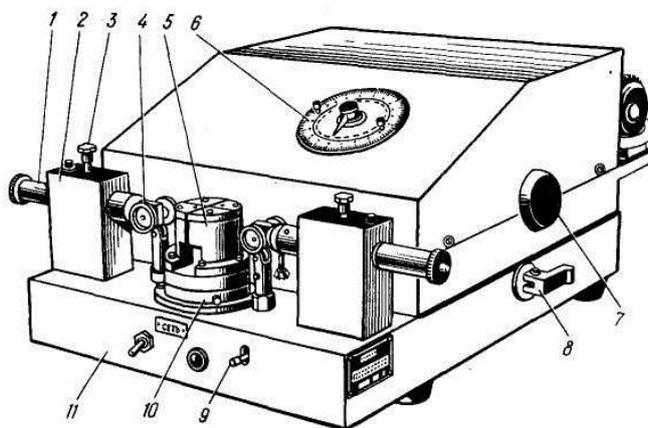


Рисунок 14 — Аппарат И-1-2

для определения числа двойных перегибов

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

щаяся 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.

**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  $(15,0 \pm 0,1)$  мм и длиной  $(100 \pm 5)$  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 полосу не допускается. Отводя в стороны до защелкивания левый и правый патроны, натягивают пружины. При этом полоска образца находится под напряжением пружин 10 Н. 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 образца.

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.

Средне арифметическое значение округляют до 1 при числе двойных перегибов до 100, до 10 при числе двойных перегибов свыше 100 до 1000, до 100 при числе двойных перегибов свыше 1000.

## **Лабораторная работа № 23**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗДИРАНИЮ (ГОСТ 13525.3-78)**

Сопротивление раздиранию характеризуется усилием в миллиньютонах (мН), необходимым для раздирания предварительно надрезанного образца бумаги на определенную длину.

Индекс сопротивления раздиранию: отношение сопротивления раздиранию к массе образца площадью  $1 \text{ м}^2$ , выраженное в миллиньютонах, умноженное на  $\text{м}^2$  и деленное на грамм ( $\text{мН} \cdot \text{м}^2/\text{г}$ ).

Относительное сопротивление раздиранию: сопротивление раздиранию, приведенное к массе продукции площадью  $1 \text{ м}^2$  100 г, выраженное в миллиньютонах (мН).

Метод испытания сопротивления раздиранию основан на приложении усилия перпендикулярно поверхности образца, необходимого для раздирания определенной длины предварительно надрезанного испытуемого образца, состоящего из наложенных друг на друга четырех образцов, с помощью маятника, который создает это усилие при перемещении перпендикулярно к плоскости испытуемого образца. Работа, совершаемая при раздирании испытуемого образца, измеряется потерей потенциальной энергии маятника.

Испытание сопротивления раздиранию является методом, длительное время применяющимся для оценки на стадии производства пригодности к нагрузкам бумаг для печати, писчих и оберточных бумаг.

На сопротивление раздиранию влияют следующие факторы: условия сушки, длина волокна, прочность отдельного волокна, межволоконные силы связи и все факторы, способствующие росту пухлости бумаги (увеличение толщины используемых волокон, применение минеральных наполнителей в композиции бумаги и др.). Таким образом, сопротивление бумаги раздиранию, в первую очередь, зависит от структуры бумажного полотна (массы  $1 \text{ м}^2$ , пухлости, ориентации волокон), а также от длины и прочности волокон, из которых изготовлена бумага.

*Внутреннее сопротивление раздиранию* — свойство, изменяющееся в результате увеличения сопротивления продавливанию и разрыву при размоле волокнистого полуфабриката. Хотя на первоначальных стадиях размола фибрирование увеличивает сопротивление раздиранию, последующее уменьшение длины волокон начинает снижать эту величину. Другие факторы, получаемые в результате размола, например, однородность, также ухудшают сопротивление раздиранию, но в меньшей степени. Это означает, что энергия размола должна соответствовать уровню, обеспечивающему компромисс между сопротивлением разрыву и раздиранию.

Для определения сопротивления раздиранию используют приборы типа Р-1 (рис. 15), РБ или другие аналогичной конструкции.

**Устройство прибора Р-1.** Основной частью аппарата для определения сопротивления раздиранию Р-1 (рис. 16) является качающийся маятник, имеющий форму сегмента. Маятник установлен на станине в шарикоподшипниках на горизонтальной оси. Когда маятник поднят на некоторую высоту, он обладает запасом потенциальной энергии, равной произведению высоты поднятия на массу маятника. Если размаху маятника при падении воспрепятствовать каким-либо

сопротивлением, а именно, усилием, необходимым для раздираания надрезанного образца бумаги, то часть накопленной маятником потенциальной энергии затратится на преодоление этого усилия, что выразится в уменьшении высоты подъема при обратном ходе маятника. Угол отклонения маятника после раздираания характеризует усилие, необходимое для раздираания образца бумаги.

Таким образом, принцип испытания бумаги на приборе Р-1 заключается в определении работы, затраченной на раздираание бумаги на определенную длину, считая от конца первичного надреза, произведенного укрепленным на станине прибора ножом с ручкой. Для закрепления образцов прибор оснащен двумя зажимами. Неподвижный зажим укреплен на станине, подвижный зажим размещен на маятнике. На дуге маятника укреплена шкала с делениями в граммах с диапазоном от 0 до 100. На оси маятника установлено кольцо со стрелкой. Перед испытанием маятник находится в поднятом состоянии и удерживается в этом положении при помощи пружины, служащей одно временно и для торможения маятника после разрыва испытуемого образца.



Рисунок 15 — Прибор типа Р-1 по методу Эльмендорфа

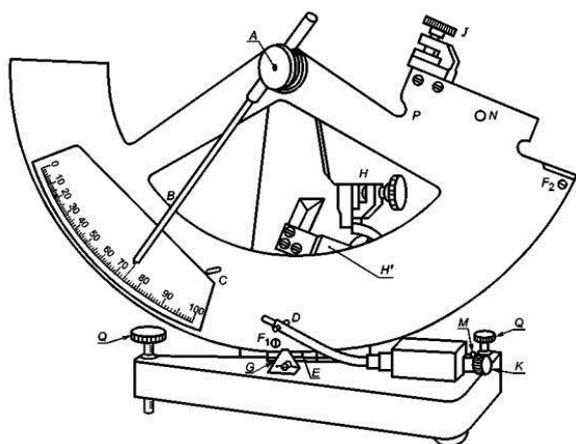


Рисунок 16 — Прибор для определения усилия раздираания по методу Эльмендорфа:  
 А — подшипники; В — стрелка; С — ограничитель перемещения стрелки маятника;  
 D — приспособление для регулирования хода стрелки; Е — тормозное устройство маятника;  
 F — метка на маятнике; G — метка на основании прибора; Q — регулировочные винты;  
 Н — зажим неподвижный на стойке;  
 J — зажим подвижный на маятнике;  
 К — регулировочный винт тормозного устройства маятника; М — регулировочный винт приспособления для регулирования хода стрелки;  
 N — конусообразное отверстие для закрепления аттестованных гирь; P — контур вырезанный (для предотвращения столкновения испытуемого образца о маятник); Н — нож

**Проведение испытания.** Перед испытанием проверяют нулевое положение аппарата. Для этого освобождают маятник нажатием тормозной пружины и, не отпуская ее, проверяют, совпадает ли черта, нанесенная на середину маятника с краем тормозной пружины. Если совпадения нет, то добиваются этого, меняя положение тормозной пружины. Затем проверяют нулевое положение стрелки. Для этого заводят маятник влево до упора в тормозную пружину. Устанавливают стрелку вертикально, чтобы она касалась упорной пластины. Нажимают тормозную пластину, освобождая маятник. Он совершает колебательные движения — 2...3 качания. После этого тормозную пластину освобож-

дают и маятник останавливается. Если аппарат установлен правильно, то стрелка должна показывать нулевое положение шкалы. В противном случае нулевого положения стрелки добиваются при помощи установочного винта, повторяя всю процедуру. Проверив нулевое положение, заводят маятник влево до останова, при этом оба зажима будут находиться рядом (с промежутком 2...3 мм), а их щели будут расположены на одной линии.

Образцы для испытаний нарезают специальным ножом, они должны иметь размеры: ширину ( $65 \pm 1$ ) длину ( $75 \pm 0,1$ ) мм. Образцы бумаги вырезают на расстоянии не менее 15 мм от края листа. Образцы не должны иметь складок, морщин или других видимых дефектов. Водяные знаки на образцах должны быть отмечены в протоколе испытания.

Отмечают в отобранных листах пробы верхнюю и сеточную стороны и складывают верхней стороной вверх.

Большая сторона образцов, предназначенных для испытания в машинном направлении, должна совпадать с поперечным направлением бумаги (картона), а образцов, предназначенных для испытания в поперечном направлении, — с машинным направлением бумаги (картона).

Образцы вставляют в зажимы и закрепляют с помощи винтов. При этом необходимо, чтобы нижние края образцов доходили до основания зажима, а часть образца, укрепленная в подвижном зажиме, составляла не менее 25 мм. Образцы надрезают ножом, два раза нажимая на его ручку 6. После надреза длина раздираемой части составляет ( $43 + 0,5$ ) мм. Затем нажатием на тормозную пластину освобождают маятник, который при падении раздирает образец бумаги. После 2...3 качаний маятник притормаживают и после полного его останова считывают показания прибора.

Прибор приводят в исходное положение, остатки образцов удаляют из зажимов и проводят следующее испытание. Если направление линии раздира отклоняется от линии надреза более чем на 10 мм, то результат не учитывают и проводят дополнительное испытание. Всего проводят не менее 5 определений для каждого направления бумаги.

Если предварительный надрез на образце сделан в машинном направлении, то в результате получают сопротивление раздиранию в этом направлении. Если предварительный надрез на образце сделан в поперечном направлении, то в результате получают сопротивление раздиранию в этом направлении.

Абсолютное сопротивление раздиранию  $F$ , мН, вычисляют по формуле

$$F = \frac{\bar{F} \times P}{n},$$

где  $\bar{F}$  — среднеарифметическое показаний по шкале, мН;  $P$  — количество раздираемых одновременно образцов, на которое откалибрована шкала маятника для прямого отсчета сопротивления раздиранию, мН (это количество равно 4, 8, 16 или 32);  $n$  — количество одновременно раздираемых образцов (обычно 4).

Индекс сопротивления раздиранию  $X$ , мН · м<sup>2</sup>/г, вычисляют по формуле

$$X = \frac{F}{g_a},$$

где  $g_a$  — масса испытуемого материала мН·м<sup>2</sup>/г, определенная по ГОСТ 13199.

Относительное сопротивление раздиранию  $F_w$ , мН, приведенное к массе бумаги площадью 1 м<sup>2</sup> 100 г, вычисляют по формуле

$$X = \frac{F}{g_a},$$

### **Лабораторная работа № 24** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТИ К ВЫЩИПЫВАНИЮ** **ПО ДЕННИСОНУ (ГОСТ Р 55083-2012)**

**Обеспечивающие средства:** спиртовая горелка; деревянный брусок размером 90x40x10 мм, имеющий с одной стороны отверстие диаметром 30 мм с фаской приблизительно 3 мм; набор восковых карандашей Деннисон, последовательно пронумерованных восковых брусков (например, от 2 до 26), деревянный стол с гладкой поверхностью; часы наручные или карманные механические, обеспечивающие требуемую точность.

#### ***Теоретические сведения***

Метод распространяется на бумагу и картон с поверхностным покрытием (например, мелованные бумагу и картон) или без поверхностного покрытия, предназначенные для дальнейшей переработки, печати, изготовления упаковки и т. д.

Метод не распространяется на бумагу массой менее 50 г/м<sup>2</sup> (например, бумагу для изделий бытового и санитарно-гигиенического назначения), на мелованные бумагу и картон, в покровном слое которых содержатся термопластичные смолы, а также на мягкий картон (например, матричный, кровельный и др.).

Метод основан на оценке характера выщипывания волокон с поверхности бумаги или картона с помощью набора восковых карандашей с возрастающей силой адгезии к бумаге или картону.

**Выщипывание** — повреждение поверхности испытуемого образца в виде отрыва отдельных волокон, пучков волокон или отслаивания покровного слоя, или прилипания поверхности к восковому бруску, разрушения поверхности образца и др.

Критическое число прочности поверхности при выщипывании: номер воскового бруска, предшествующий номеру бруска, при использовании которого поверхность испытуемого образца повреждается.

Поверхностные связи образца бумаги и картона определяются прежде всего его волоконной структурой и свойствами покрытия. Волокна должны быть распределены наиболее равномерным образом, иметь обладать достаточной степенью связи и определенными впитывающими свойствами для устранения «просачивания» в лист ненужных составляющих при нанесении покрытия. Для

получения надежной степени сцепления покрытие должно содержать количество пигмента и связующего вещества, соответствующее свойствам используемой бумаги, обеспечивая требуемые свойства «конечного продукта».

Степень сцепления или поверхностные связи образца бумаги или картона на которые также оказывают существенное влияние процессы сушки, каландрирования и печати могут быть испытаны при помощи Стандартов Деннисона. Например, стойкость поверхности к выщипыванию (по Деннисону) для офисной бумаги восковые ед. 10—12, бумага для архивного хранения не менее 16, для мелованной бумаги 4—6.

Стандарты Деннисона представляют собой набор восковых стандартов с различной степенью клейкости (рис. 17). Каждый стандарт имеет рабочую поверхность площадью  $(18 \times 18)$  мм и отличается от других собственным номером и цветом. Обычно, Стандарты Деннисона поставляются упаковками по 8 стандартов одного номера.

При испытании, подходящий стандарт разогревается над спиртовой лампой и прижимается к испытываемому участку образца с использованием деревянной подставки с отверстием. После охлаждения, стандарт вертикально отрывается от образца, а поверхность подвергается осмотру. Более стойкие образцы испытываются стандартами с более высокими номерами.



Рисунок 17 — Набор восковых стандартов Деннисона

**Подготовка образцов к испытанию.** Из листов пробы отбирают образцы бумаги или картона размером  $(15 \pm 1) \times (45 \pm 5)$  см по ширине рулона, отдельно по верхней и сеточной сторонам.

**Проведение испытания.** Рабочая поверхность стола для размещения образцов должна быть ровной, твердой, плохо проводящей тепло, например деревянной. Стекло, металл или другие искусственно охлаждаемые поверхности не пригодны для проведения испытания.

Образцы для испытания помещают на подложку — гладкий деревянный стол, покрытый 8—10 листами картона.

Нагревают рабочую торцевую поверхность воскового бруска на слабом огне нагревательного прибора или электрическим нагревателем, медленно вращая брусок большим и указательным пальцами руки вокруг своей оси до того момента, пока не начнут падать капли расплавленного воска. При этом нельзя допускать, чтобы расплавленный воск на конце бруска пузырился или воспламенялся. Вся рабочая торцевая поверхность воскового бруска должна быть расплавленной.

Нельзя допускать попадания капель воска на огонь.

Быстро помещают расплавленную поверхность воскового бруска на поверхность испытываемого образца, плотно прижимают его и удерживают до тех пор, пока размеры расплавленной торцевой поверхности воскового бруска не увеличатся приблизительно до  $(20 \times 20)$  мм. Сразу же убирают руку и оставляют восковой брусок на поверхности образца в вертикальном положении в течение 5—30 мин.

Помещают деревянный брусок с отверстием на поверхность испытуемого образца таким образом, чтобы восковой брусок находился внутри отверстия. Осторожно, чтобы не повредить поверхность испытуемого образца, плотно прижимают одной рукой деревянный брусок, затем быстрым резким вертикальным движением второй руки отрывают восковой брусок от испытуемой поверхности.

Осматривают расплавленную рабочую торцевую поверхность воскового бруска и поверхность испытуемого образца при естественном освещении. Если заметны четко выраженные признаки повреждения образца, это означает, что произошло выщипывание испытуемого образца.

Если поверхность испытуемого образца не повредилась, то повторяют испытание, используя восковой брусок с более высоким порядковым номером до повреждения поверхности испытуемого образца.

Записывают номер воскового бруска, предшествующий номеру бруска, при использовании которого поверхность испытуемого образца повредилась.

Испытания проводят на пяти образцах по верхней стороне и на пяти образцах по сеточной стороне. На каждой стороне образца (верхней и сеточной) проводят по пять определений критического числа прочности поверхности испытуемого образца.

Предварительным испытанием определяют номер воскового бруска, при котором поверхность образца еще не повреждается.

**Обработка результатов испытания.** За результат испытания принимают номер воска, предшествующий по шкале номеру воска, разрушающего поверхность картона или бумаги.

За конечный результат испытания принимается среднее арифметическое среднеарифметическое значение пяти порядковых номеров восковых брусков, при использовании которых в пяти местах каждого испытуемого образца, не происходит повреждение поверхности. Вычисления проводят отдельно по верхней и сеточной сторонам образцов. Десятичные значения отбрасывают.

***Контрольные вопросы:***

1. Понятие — бумага и картон.
2. Основные характеристики механической прочности бумаги и картона.
3. Объясните значение понятий разрывное усилие, разрывная масса, удлинение при разрыве, разрывная длина, сопротивление разрыву при растяжении.
4. Единицы измерения разрушающее усилие, предел прочности при растяжении.
5. Что следует понимать под сопротивлением излому?
6. Для каких видов бумаги показатель прочности на излом должен быть наибольшим?
7. Зависимость показателя механической прочности на излом от поперечного и продольного направления бумаги.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубовый, В. К. Лабораторный практикум по технологии бумаги и картона [Текст] : учеб. пособие / В. К. Дубовый [и др.]. — Санкт-Петербург : Изд-во СПбГПУ, 2006. — 230 с.
2. ГОСТ 53636-2009. Целлюлоза. Бумага Картон. Термины и определения [Текст]. — Москва : Стандартинформ, 2011. — 64 с.
3. Ванчаков, М. В. Технология и оборудование для переработки макулатуры [Текст] : учеб. пособие / М. В. Ванчаков [и др.]. — Санкт-Петербург : Изд-во СПбГПУ, 2010. — 182 с.
4. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия [Текст]. — Минск : Госстандарт, 2003. — 7 с.
5. Кулешов, А. В. Влияние цикличности использования макулатурного волокна на бумагообразующие свойства [Текст] / А. В. Кулешов, А. С. Смолин // Лесной журнал. — 2008. — № 4. — С. 131—138.
6. Дулькин, Д. А. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги [Текст] / Д. А. Дулькин, В. А. Спиридонов, В. И. Комаров. — Архангельск : Изд-во АГТУ, 2007. — 1118 с.
7. Кларк Д. Технология целлюлозы (наука о целлюлозной массе и бумаге, подготовка массы, переработка её на бумагу, методы испытаний) [Текст] / под ред. Г. А. Пазухиной ; пер. с англ. А. В. Оболенской. — Москва : Лесн. пром-сть, 1983. — 456 с.
8. Овдейчук, В. П. Лабораторный практикум по технологическому контролю целлюлозно-бумажного производства [Текст] : учеб. пособие для техникумов / В. П. Овдейчук. — Москва : Лесная пром-сть, 1979. — 232 с.
9. Марончук, Е. Ю. Современные приборы для контроля качества поверхностных свойств бумаги и картона с целью оценки их пригодности к переработке [Текст] / Е. Ю. Марончук // Междунар. науч.-практич. конф. «Современные системы контроля и управления качеством бумаги» / СПбГТУРП. — Санкт-Петербург, 2007. — С. 30—36.
10. Лаптев, В. Н. Практикум по технологии и оборудованию целлюлозно-бумажного производства [Текст] / В. Н. Лаптев, М. В. Ванчаков. — Москва : Экология, 1999. — 152 с.

### Дополнительная литература

- Иванов, С. Н. Технология бумаги [Текст] / С. Н. Иванов. — 3-е изд. — Москва : Школа бумаги, 2006. — 696 с.
- Фляте, Д. М. Свойства бумаги [Текст] / Д. М. Фляте. — 5-е изд. — Москва : Лань, 2012. — 680 с.
- ГОСТ 23646-79. Полуфабрикаты волокнистые целлюлозно-бумажного производства и их показатели качества. Термины и определения [Текст]. — Москва : Госстандарт, 1989. — 29 с.