

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра технологии целлюлозы и композиционных материалов**

ОСНОВЫ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Выполнение практических работ

Методические указания для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки
29.03.03 – Технология полиграфического
и упаковочного производства

Составитель
Ю. Т. Юрьева

Санкт-Петербург
2022

Утверждено
на заседании кафедры ТЦКМ
06.12.2021 г., протокол № 4

Рецензент Е. Г. Смирнова

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Основы полиграфического и упаковочного производства». В указаниях представлены общие сведения о древесном сырье для целлюлозно-бумажного производства, свойствах волокнистых полуфабрикатов, структурных свойствах бумаги и картона. Представлен порядок выполнения и оформления практических работ.

Методические указания предназначены для бакалавров очной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД
в качестве методических указаний

Редактор и корректор А. А. Чернышева

Техн. редактор Д. А. Романова

Темплан 2021 г.

поз. 5219

Подписано к печати 22.02.2022

Формат 60x84/16.

Бумага тип № 1.

Печать офсетная.

Печ. л. 1,6

Уч.-изд. л. 1,6

Тираж 30 экз.

Изд. № 5219.

Цена «С».

Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,

198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическое задание № 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДРЕВЕСНОМ СЫРЬЕ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА	5
Практическое задание № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗИСНОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ	10
Практическое задание № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЛОКНА	17
Практическое задание № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ ВОЛОКНА	19
Практическое задание № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ 1 М ² , ТОЛЩИНЫ, ПЛОТНОСТИ И УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА БУМАГИ И КАРТОНА	24

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важным качественным показателем готовой продукции является ее экологичность, и это, в первую очередь, касается упаковки. Современная упаковка должна удовлетворять требованиям экологичности. Основным запечатываемым материалом для производства тары и упаковки, является бумага и картон, которые лучше всех подходят данному критерию.

Современная упаковочная промышленность базируется в основном на производстве картонной тары. Одна из экономических проблем, которая встает перед потребителями сырья и производителями упаковки в том, что технологическая щепка, поступающая на варку целлюлозы, измеряется в объемных величинах, целлюлоза – в тоннах, бумага – в метрах, а тара и упаковка – в штуках.

Для того чтобы студенты понимали эту сложную технологическую цепочку производства конечного продукта, взаимосвязь и влияние каждого этапа на последующий, настоящие методические указания начинаются с изучения качественных показателей древесного сырья.

В ходе практических работ студенты познакомятся с основными этапами целлюлозно-бумажного производства (ЦБП), технологической схемой производства бумаги и картона, научатся работать на современном лабораторном оборудовании кафедры, а также проведут исследования основных свойств и характеристик технологической щепы, волокнистых полуфабрикатов, печатных видов бумаги и упаковочного картона.

Практическое задание № 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДРЕВЕСНОМ СЫРЬЕ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Цель работы

Получить представление об этапах производства технологической щепы, ее прямом назначении. Ознакомиться с основными техническими требованиями, которым должны соответствовать показатели качества технологической щепы.

2. Содержание работы

- Ознакомиться с техническими характеристиками технологической щепы.
- Проработать нормативно-техническую документацию по технологической щепе.
- На примере конкретных промышленных образцов технологической щепы определить фракционный состав щепы.

3. Теоретическое обоснование

Основным видом сырья для целлюлозно-бумажной промышленности служит древесина хвойных и лиственных пород. Для производства волокнистых полуфабрикатов могут применяться почти все породы, произрастающие в Российской Федерации. Из хвойных пород наибольшее применение имеет сосновая древесина и ель, среди лиственных – береза, второе место принадлежит осине.

Древесина хвойных и лиственных пород доставляется на предприятия в виде бревен (балансов), толщиной в верхнем отрубе 60 – 240 мм, что соответствует возрасту 50 – 200 лет, в виде хлыстов и в измельченном состоянии – в виде технологической щепы.

Древесина, поступающая на предприятия, может иметь различные пороки (наружные повреждения, сучковатость, гниль), которые снижают прочность и выход целлюлозы. Качество балансов оценивают по их наружным признакам.

Для целлюлозного производства 6 – 7-метровые балансы распиливаются на обрезки длиной 2 – 2,5 м. Затем происходит окорка древесины. Окоренные балансы поступают на следующую операцию – измельчение в щепу в рубительных машинах. Технологическая щепка для варочного процесса должна иметь длину 20 – 25 мм, толщину не более 5 мм. Ширина щепы оказывает значительно меньшее влияние на процесс сульфатной варки и качество целлюлозы, чем толщина и длина. Поэтому ширина щепы примерно равна длине. Поверхность среза щепы должна быть гладкой, что достигается надлежащей заточкой ножей рубительной машины. Если рубка производится тупыми ножами, то кромка сминается, что затрудняет проникновение варочных реагентов.

Сортирование щепы производят с целью отделения отходов (пыли, опилок, мелочи) и крупной щепы от щепы нормальных размеров. Также осуществляется фракционирование (сортирование) щепы по толщине. Однородность щепы по толщине значительно улучшает равномерность провара щепы и качество целлюлозы.

Отсортированная щепа поступает в бункеры варочного цеха или промежуточные бункеры, запас которых обеспечивает суточную работу целлюлозного завода.

В зависимости от назначения технологическую щепу изготавливают следующих марок (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Марки технологической щепы

Марка щепы	Назначение
Ц-1	Сульфитная целлюлоза и древесная масса, предназначенные для изготовления бумаги
Ц-2	Сульфитная целлюлоза и древесная масса, предназначенные для изготовления бумаги и картона
Ц-3	Сульфатная целлюлоза и различные виды полуцеллюлозы, предназначенные для изготовления бумаги и картона
ГП-1	Спирт, дрожжи, глюкоза и фурфурол
ГП-2	Пищевой кристаллический ксилит
ГП-3	Фурфурол и дрожжи при двухфазном гидролизе
ПВ	Древесноволокнистые плиты
ПС	Древесностружечные плиты

По показателям качества технологическая щепа должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Требования к технологической щепе

Наименование показателя	Норма для марок							
	Ц-1	Ц-2	Ц-3	П-1	П-2	П-3	ПВ	С
Массовая доля коры, не более %	1,0	1,5	3,0	11,0	3,0	3,0	15,0	15,0
Массовая доля гнили, не более %	1,0	3,0	7,0	2,5	1,0	1,0	5,0	5,0
Массовая доля минеральных примесей, не более %	не допускаются	0,3	0,3	0,5	не допускается	0,3	1,0	0,5
Массовая доля остатков на ситах с отверстиями диаметром, %:	Ц-1	Ц-2	Ц-3	ГП-1	ГП-2	ГП-3	ПВ	ПС
30 мм, не более	3,0	5,0	6,0	5,0	5,0	5,0	10,0	5,0
20 и 10 мм, не менее	86,0	84,0	81,0	90,0	90,0	94,0	79,0	85,0
5 мм, не более	10,0	10,0	10,0				10,0	
на поддоне, не более	1,0	1,0	3,0	5,0	5,0	1,0	1,0	10,0
Обугленные частицы и металлические включения	не допускаются							

4. Методика выполнения работы

Необходимо определить массовую долю остатков технологической щепы на ситах с отверстиями.

Оборудование лабораторное:

1. Набор контрольных сит с отверстиями диаметром 20, 10, 5 мм и поддон.
2. Весы с погрешностью взвешивания не более 1 г.
3. Образы технологической щепы из сосны, ели, осины и березы.

Подготовка к испытанию

Отбор проб производят в количестве не менее 1 кг. При подготовке к анализу щепу, ширина которой превышает ее длину, доизмельчают вручную. Длинной щепы считают размер по направлению волокон.

Проведение испытаний

Навеску щепы после отбора из нее коры и гнили высыпают на верхнее сито набора. Набор сит затягивается стяжками и сортируют навеску в течение 1 мин. После этого остатки на ситах взвешивают с погрешностью не более 1 г.

Обработка результатов

Массовую долю остатков на ситах (X_1) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{m_1}{m} \cdot 100,$$

где m_1 – масса остатка на одном из сит, г; m – масса навески (без коры и гнили), г.

Результаты округляют до первого десятичного знака. Результаты заносят в таблицу, оформляют отчет, делают выводы о качестве технологической щепы, марке щепы и ее назначении.

Список рекомендуемой литературы

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: справочные материалы. В 3 т. – Т.1 (Ч. 1). – СПб.: ЛТА, 2002. – 425 с.

Протокол испытаний

Практическое задание № 1

Ф.И.О. студента

Группа _____

Дата _____

Фракционный состав щепы (*наименование щепы*)

Массовая доля остатков на ситах с отверстиями диаметром:	Ед. изм.	Результаты фракционирования
20 мм	%	
10 мм	%	
5 мм	%	
на поддоне	%	
Массовая доля коры	%	
Массовая доли гнили	%	
Массовая доля минеральных примесей	%	
Наличие обугленных частиц и металлических включений	%	

Выводы:

Практическое задание № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗИСНОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

1. Цель работы

Ознакомиться с методиками определения базисной плотности древесины технологической щепы.

2. Содержание работы

Ознакомиться с техническими характеристиками технологической щепы. На примере конкретных промышленных образцов технологической щепы определить базисную плотность древесины технологической щепы.

3. Теоретическое обоснование

Плотность характеризуется массой единицы объема материала и имеет размерность $\text{кг}/\text{м}^3$ или $\text{г}/\text{см}^3$. Это один из важнейших показателей качества древесины. Плотность влияет на многие физико-механические свойства древесного сырья. Отношение между плотностью и прочностью (в пределах одной породы) выражается вполне определенной математической зависимостью (степенной).

Поскольку плотность древесины существенно зависит от ее влажности, в справочниках приводятся значения, измеренные при нормализованной (стандартной) влажности – 12 %. Кроме этого значения можно встретить плотность абсолютно сухой древесины (ρ_0) и базисную плотность (ρ_6).

Базисная плотность выражается отношением массы абсолютно сухого образца к его объему при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок. На первый взгляд, эта характеристика кажется искусственной, но она имеет вполне определенный физический смысл, характеризуя количество (массу) сухой древесины в единице объема свежерубленной или максимально разбухшей древесины.

Базисная плотность широко используется для расчетов процессов сушки, пропитки древесины, определения содержания сухого вещества в древесном сырье для целлюлозно-бумажной промышленности и других целей.

Классификация пород древесины по плотности

Значения плотности разных пород древесины отличаются весьма существенно. По плотности древесины при стандартной влажности породы принято делить на три группы:

– *породы с малой плотностью* ($540 \text{ кг}/\text{м}^3$ и менее): из хвойных – сосна, ель, пихта, кедр, можжевельник обыкновенный; из лиственных – тополь, липа, ива, осина, ольха черная и белая, каштан;

– породы средней плотности (540 – 740 кг/м³): из хвойных – лиственница, тис; из лиственных – береза повислая, бук восточный и европейский, вяз, груша, дуб, ильм, карагач, клен, лещина, орех грецкий, платан, рябина, хурма, яблоня, ясень обыкновенный;

– породы высокой плотности (750 кг/м³ и выше): акация белая и песчаная, береза железная, граб, дуб каштанolistный, железное дерево, самшит.

Среди иноземных пород имеются такие, древесина которых имеет как очень малую плотность (бальса – 120 кг/ м³), так и очень высокую (бакаут – 1300 кг/м³).

В таблицах Государственной системы стандартных справочных данных (ГСССД), издаваемых Госстандартом России («Древесина. Показатели физико-механических свойств малых образцов без пороков»), приводятся более подробные сведения о плотности древесины с указанием вида древесной породы и района ее произрастания.

Плотность коры исследована гораздо меньше, чем древесины. Сравнение этих данных со средней плотностью древесины при стандартной влажности показывает, что плотность коры сосны на 30 – 35 % больше, чем древесины, ели – на 60 – 65 %, а березы – на 15 – 20 %.

Методы измерения плотности

Измерение плотности древесины проводится согласно ГОСТ 16483.1-84 на образцах, имеющих форму четырехгранной прямоугольной призмы с основанием 20 × 20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм, грани которой гладко остроганы. Сначала образец выдерживают до влажности 12 % ± 1 %, измеряют его размеры и взвешивают. По размерам вычисляют объем, а затем получают значение ρ_2 . После этого образец увлажняют в дистиллированной воде до тех пор, пока разница в его размерах, полученных с интервалом 3 суток, не окажется в пределах 0,1 мм. По новым размерам образца определяют его максимальный объем. Затем образец высушивают до нулевой влажности и взвешивают. По массе абсолютно сухого образца и его максимальному объему определяют базисную плотность. Сразу после взвешивания его еще раз измеряют и вычисляют плотность абсолютно сухой древесины.

Существуют методы определения плотности с применением рентгеновского и β -излучения. Они более точны, но трудоемки и дороги. Наиболее простыми и точными являются способы, связанные с измерением вытесненной воды.

Метод определения базисной плотности древесины щепы с помощью пикнометра

Представленный метод определения базисной плотности древесины щепы распространяется для случаев, когда исследуется щепка с естественной абсолютной влажностью древесины более 50 %, т. е. на свежеприготовленную

щепу и на щепу, которая не подвергалась хранению на открытом воздухе, в процессе чего она могла подсохнуть.

Для определения базисной плотности древесины щепы, которая могла подсохнуть, и в том случае, если ее влажность ниже точки насыщения волокна, ее следует перед исследованием замачивать в водопроводной воде при температуре $15 \div 20$ °С в течение 40 минут. После замачивания с щепы удаляют излишки воды на сетчатом поддоне и помещают в полиэтиленовый мешок, который выдерживают в термостате при постоянной температуре 25 °С в течение суток.

Для определения базисной плотности древесины щепы потребуется:

- 1) сито для определения фракционного состава щепы с отверстиями диаметром $10 \div 20$ мм;
- 2) пикнометр;
- 3) весы с точностью 0,5 г.

Перед началом работы внутренние стенки емкости пикнометра и сливной трубки смачивают водой. Для этого в емкость с установленной решеткой заливают воду, сливают, затем емкость протирают внутри и снаружи насухо. Взвешивают пикнометр (m_n). Заливают пикнометр до сливной трубки водой и взвешивают. Получают значения массы пикнометра с водой $m_{n+вода}$ (кг). Воду сливают.

Рассчитываем объем пикнометра (m^3) до сливной трубки по формуле:

$$q_c = \frac{m_{n+вода} - m_n}{1000}$$

Для определения массы пробы щепы во влажном состоянии (m_w) и массы пикнометра со щепой и водой (m_c) отбираем увлажненную и отсортированную на ситах пробу щепы массой примерно 500 г. Засыпаем щепу в пикнометр и взвешиваем. Щепу заливаем водой до сливной трубки (время заполнения не должно превышать 30 секунд) и взвешиваем.

$$m_w = m_{n+щ} - m_n$$

Плотность пробы щепы во влажном состоянии (kg/m^3) определяем по формуле:

$$\rho_w = \frac{\rho_v}{\left[\frac{q_c \rho_v - (m_c - m_n)}{m_w} + 1 \right]}$$

где q_c – объем пикнометра, m^3 ; ρ_v – плотность воды, равная 1000 kg/m^3 ; m_c – массы пикнометра со щепой и водой, кг.

Абсолютную влажность технологической щепы определяют на параллельной пробе, отобранной одновременно с пробой для определения плотности, из нормальной фракции щепы. Масса пробы не менее 500 г. Влажность щепы определяют путем ее высушивания до постоянного значения массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С. Постоянное значение массы устанавливают повторным взвешиванием щепы с интервалом в 2 часа. Высушивание считается законченным, если разность между двумя взвешиваниями составляет не более 0,5 г.

Абсолютную влажность древесины (W) рассчитывают по формуле:

$$W = \frac{m_w - m_{\text{абс.с.}}}{m_{\text{абс.с.}}} 100 \%,$$

где $m_{\text{абс.с.}}$ – масса пробы щепы в абсолютно сухом состоянии, кг; m_w – массы пробы щепы во влажном состоянии, кг.

Базисную плотность древесины щепы рассчитывают по формуле:

$$\rho_{\text{баз.}} = \rho_w \frac{1}{1 + 0,01W}$$

где ρ_w – плотность древесины щепы при влажности W , кг/м³.

4. Методика выполнения работы

4.1. Определить базисную плотность древесины щепы пикнометрическим способом

Оборудование лабораторное:

1. Сушильный шкаф.
2. Пикнометр.
3. Весы с погрешностью взвешивания не более 0,5 г.
4. Образцы технологической щепы из сосны, ели, осины и березы (шириной 10, 20 мм).

Подготовка к испытанию

Отбор проб производят в количестве не менее 0,5 кг. Испытания проводят по вышеописанной методике.

Обработка результатов

Полученные результаты заносят в таблицу, оформляют отчет, делают выводы.

Определение базисной плотности ($\rho_{\text{баз.}}$) на пикнометре проводят по формуле:

$$\rho_{\text{баз.}} = \rho_w \frac{1}{1 + 0,01W},$$

где ρ_w – плотность пробы щепы во влажном состоянии, кг/м³.

Для этого надо рассчитать плотность пробы щепы во влажном состоянии и объем пикнометра до сливной трубки:

$$q_c = [(m_{\text{п+вода}}) - m_n] / 1000 = (2,474 - 0,483) / 1000 = 1,991 \times 10^{-3} \text{ м}^3,$$

где ρ_v – плотность воды, равная 1000 кг/м³ m_n – масса пикнометра – 0,483 кг; $m_{\text{п+вода}} = 2,474$ кг; q_c – объем пикнометра до сливной трубки, м³.

4.2. Определить базисную плотность древесины щепы способом гидростатического взвешивания (пример)

Определение плотности методом гидростатического взвешивания осуществляют по результатам двух измерений массы исследуемого образца. Сначала в воздушной среде, затем в жидкости, с известной собственной плотностью. Обычно в качестве жидкости используют воду, например,

дистиллированную. Первое взвешивание позволяет определить массу вещества, а второе, по разности обоих взвешиваний, позволяет вычислить объем.

Оборудование лабораторное:

1. Сушильный шкаф.
2. Весы с погрешностью взвешивания 0,01 г.
3. Стакан с держателем образца.
4. Образцы технологической щепы из сосны, ели, осины и березы (шириной 10, 20 мм)

Подготовка к испытанию

Отбор образцов щепы производят в количестве 20 – 30 штук. Перед испытанием щепу увлажняют. Испытания проводят по вышеописанной методике.

Обработка результатов

Полученные результаты заносят в таблицу, оформляют отчет, делают выводы.

Пример расчета:

№ образца	Масса стакана с водой, г	Масса стакана с водой и погруженным образцом, г	Объем образца, см ³ , г ($m_2 - m_1$)/ ρ ($\rho = 1$ г/см ³)	Абсолютно сухая масса образца, г	Базисная плотность древесины образца, кг/м ³ , $\frac{m_4}{m_3} \times 1000$
	m_1	m_2	m_3	m_4	$\rho_{\text{баз}}$
Осиновая щепа					
1	165,07	166,46	1,39	0,550	396
2	164,86	166,58	1,72	0,751	437
3	163,82	166,31	2,49	0,796	320
4	163,50	166,27	2,77	1,040	375
-					
320	157,00	158,18	1,18	0,426	361
ССр.					371

Протокол испытаний

Практическое задание № 2

Ф.И.О. студента

Группа _____

Дата _____

Способ 1. Определение базисной плотности на пикнометре

Наименование древесины технологической щепы	Масса пробы щепы во влажном состоянии,	Масса пикнометра с щепой и водой,	Плотность пробы щепы во влажном состоянии,	Масса пробы щепы в абс. сухом состоянии,	Абсолютная влажность древесины щепы,	Базисная плотность древесины щепы,
	кг	кг	кг/м ³	кг	%	кг/м ³
	m_w	m_c	ρ_w	$m_{абс.с.}$	W	$\rho_{баз.}$
Осина						
Береза						
Сосна						
Ель						

Выводы:

Способ 2. Определение базисной плотности древесины технологической щепы методом гидростатического взвешивания удельного веса щепы

№ образца	Масса стакана с водой, г	Масса стакана с водой и погруженным образцом, г	Объем образца, см ³ , (m ₂ -m ₁)/ρ (ρ=1 г/см ³)	Абсолютно сухая масса образца, г	Базисная плотность древесины образца, кг/м ³ , $\frac{m_4}{m_3} \times 1000$
	m₁	m₂	m₃	m₄	ρ_{баз}
Наименование щепы					
С					
Ср.					

Выводы:

Практическое задание № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЛОКНА

1. Цель работы

Ознакомиться с методикой определения влажности волокнистых полуфабрикатов экспресс-методом.

2. Содержание работы

- Ознакомиться с принципом работы влагомеров.
- Проработать нормативно-техническую документацию по определению содержания сухого вещества в образцах целлюлозы.
- Провести исследования по определению влажности волокнистых полуфабрикатов.

3. Методика проведения исследования влажности волокнистых полуфабрикатов на анализаторе влажности

Влажность образца волокнистого полуфабриката – отношение массы воды, рассчитанной как разность между массой образца до высушивания и его массой после высушивания при определенных условиях, к массе образца до высушивания. Влажность выражается в процентах. Суммарное содержание сухого вещества и влажности составляет 100 %.

Оборудование: влагомер весовой ML-50 (производство Японии).

Принцип работы влагомера (анализатора влажности)

В анализаторе влажности реализован принцип термогравиметрического анализа, при котором происходит высушивание образца с помощью галогеновой лампы и определение содержания влаги (в %), вычисляемых на основе разности между влажным и сухим весом.

При работе с влагомером необходимо соблюдать правила безопасности при работе с нагревательными приборами. Данный прибор снабжен специальными ручками и держателем чашки для образцов.

Проведение испытаний

Перед первым испытанием необходимо прогреть прибор, нажав «Старт» при пустой чашке для образца. Температура анализатора уравнивается.

Рекомендуется использовать несколько чашек для образцов, чтобы каждое испытание проходило при одинаковых условиях, а именно, чашки образцов должны изначально быть охлажденными до комнатной температуры.

Для определения влажности целлюлозы партии отбор проб и подготовку к испытанию проводят по ГОСТ 7004-93, древесной массы – по ГОСТ 16489-78.

Около 2 г целлюлозы (древесной массы) разрывают на мелкие кусочки и помещают на чашку прибора, используя индикатор уровня. Допускается уменьшение навески до 1 г.

Образцы, которые сохранялись до испытания в герметически закрывающихся банках или полиэтиленовых пакетах, быстро разрывают и взвешивают, чтобы сократить до минимума изменение содержания влаги.

Затем закрывают крышку нагревателя с помощью специальных ручек и нажав «Старт» включают работу нагревательного элемента влагомера. Сушка происходит по установленной программе при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ на время, необходимое для достижения постоянной массы.

В момент окончания высушивания образца до абсолютно сухого веса с выводом на дисплее показателя влажности в процентах издается звуковой сигнал.

Выполняют два параллельных определения или более. При повторных измерениях используют одинаковый вес образца для более точного измерения.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,1 %.

Выражение результатов

Содержание сухого вещества (X), выраженное в процентах по массе, рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100$$

где m_1 – масса образца до высушивания, г; m_2 – масса образца после высушивания, г.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 7004-93 (ИСО 7213-81). Целлюлоза. Отбор проб для испытаний.
2. ГОСТ 16489-78. Масса древесная. Правила приемки. Методы отбора проб.

Практическое задание № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ ВОЛОКНА

1. Цель работы

Получить представление о структуре и свойствах древесных волокон. Руководствуясь методическими материалами по определению качества волокнистых полуфабрикатов, получить первые навыки работы на современном оптическом приборе.

2. Содержание работы

- Ознакомиться с методикой измерения морфологии волокна на анализаторе MorFi Comrast.
- Подготовить пробы волокнистых полуфабрикатов для проведения испытания на приборе.
- Измерить морфологические параметры волокон.

3. Теоретическое обоснование

Свойства бумаги в значительной степени зависят от структуры волокон. Для оптимизации свойств смеси волокон, поступающих на бумагоделательную машину, применяют различные виды целлюлоз.

Лиственная древесина имеет более сложную структуру, чем хвойная. Удлиненные волокна либриформа выполняют механическую функцию и имеют толстые стенки, соразмерные с диаметром. Короткие широкие клетки, с открытыми концами клетки, называемые «сосуды», служат для перемещения воды.

Хвойная древесина содержит до 90 % длинных, сужающихся клеток, называемых трахеиды. Они выполняют как механические, так и водопроводящие функции в дереве.

Волокна лиственной древесины, более короткие и тонкие, чем хвойные, дают лучшее формование бумаги, более гладкую поверхность и высокую непрозрачность бумажного листа.

Волокна хвойной древесины длинные и прочные. Наиболее прочную бумагу производят из технической целлюлозы, полученной из хвойной древесины.

Для модифицирования целлюлозных волокон с целью придания определенных свойств используют механическое воздействие – размол или измельчение бумажной массы, осуществляемое в конических или дисковых рафинерах. В результате размола волокна становятся более эластичными и в большей степени совпадают по форме. Но размол, в то же время, снижает обезвоживающую способность целлюлозы и может также разрезать волокна. Некоторые свойства увеличиваются с размолом, а другие ухудшаются. Поэтому при размолу необходимо достигать оптимальных свойств массы.

При прохождении технологического процесса (отбелка, размол и т. д.) волокна сильно деформируются. Важным показателем качества волокна является фактор формы. Высокий фактор формы означает прямое волокно и в большинстве случаев дает хорошие механические свойства листа. Альтернативой фактору формы волокна является скручиваемость или извитость волокон. Деформированное волокно с высоким показателем скручиваемости имеет низкий фактор формы.

Множество методов используется для характеристики массы в отношении качества, технологичности и пригодности для конечного использования. Многие методы обеспечивают полезной информацией, а некоторые испытания позволяют предсказать поведение волокон при формировании бумажного полотна. Традиционное испытание целлюлозы требует много времени и включает несколько ручных операций. Новые компьютерные технологии, электронно-оптические устройства, и современные датчики сделали возможными новые виды измерений.

Бумажная масса получена из волокон, и именно свойства волокон определяют свойства массы. Прямой анализ волокон базируется на анализе изображения, что является новым способом оценки свойств массы. Преимуществом этого метода является измерение первичных (базисных) характеристик, которые могут объяснить отклонения в качестве массы.

Принцип работы анализатора MorFi Compact

Прибор-анализатор морфологии волокна MorFi Compact разработан французской фирмой TechPar, имеющий более чем 30-летний опыт производства и продажи оборудования по всему миру для мониторинга качества целлюлозы и бумаги.

Система состоит из 4 основных частей (см. рис. 1):

- гидравлической части (насос, камера, трубка);
- оптической части (измерительная ячейка, камера, линза и источник света);
- электрической части (регулирование насоса и карусели);
- компьютер.



Рис. 1. Анализатор морфологии волокна MorFi Compact

Функции измерительной камеры – проанализировать волокнистую массу 2-х концентраций: 30 мг или 300 мг/л (по сухому веществу). Оптическая разрешающая способность прибора составляет 10 микрон, но рабочая разрешающая способность составляет 4 микрона благодаря особой обработке изображения.

Прибор позволяет измерять с высокой точностью морфологические характеристики волокон, сосудов, костры и мелочи.

Анализатор MorFi Compact дает следующую информацию о распределении волокон:

- длина волокон (среднеарифметическая, средневзвешенная по длине или площади) (мм);
- ширина волокон (мкм);
- изгиб волокон (градус угла);
- скручиваемость волокон (%);
- грубость волокон (мг/м);
- число волокон на грамм;
- содержание мелочи (%);
- длина мелочи (мкм);
- площадь мелочи (мкм²).

Возможно активировать опции по костре (данные средней длины костры, ширины, площади костры) и сосудам.

Программное обеспечение устанавливает различие между волокнами, костью и мелкими волокнами через их размеры (длину и ширину).

Прибор принимает измеряемый объект за волокно, если его размеры лежат в диапазоне:

- $200 \text{ мкм} < \text{длина волокна} < 10\,000 \text{ мкм}$;
- $5 \text{ мкм} < \text{ширина волокна} < 75 \text{ мкм}$.

Костра – это объект, ширина которого больше максимальной ширины волокон, т. е. больше 75 мкм. Пределы длины те же, что и для волокон.

Мелочь – это любой обнаруживаемый объект в целлюлозной суспензии, чьи размеры меньше размеров волокна:

- длина мелочи < 200 мкм;
- ширина мелочи < 5 мкм.

Следует отметить, что длина волокна измеряется по структуре волокна, т. е. измеренная длина представляет собой истинную длину. Ширина измеряется во всех точках структуры волокна. Изгибы (изломы) – это локальные деформации, которые определяются как грубые изменения в направлении главных осей волокон в пределах определенной длины (рис. 2).

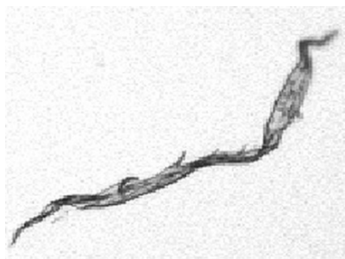


Рис. 2. Изгибы волокна

Скручиваемость (фактор формы), грубость являются расчетными величинами. Грубость определяют как вес на единицу длины волокна. Скручиваемость определяют как отношение проекционной длины волокна к истинной длине волокна (вдоль контура волокна).

Измерение волокнистой суспензии осуществляется камерой высокого разрешения (1360 × 1024 пикселей) в специальной измерительной ячейке размером 30 × 1,5 мм, конструкция ячейки исключает деформацию волокон и закупоривание ячейки.

С помощью карусели, где могут быть установлены до пяти стаканов для образцов и один промыочный стакан, MorFi Compact способен проводить серию последовательных измерений волокон, сосудов, костры и мелочи. Для каждого отдельного стакана емкостью 1000 мл могут быть заданы собственные параметры измерения.

4. Методика проведения исследования морфологических свойств волокнистых полуфабрикатов на приборе Morfi Compact

Оборудование лабораторное:

1. Анализатор влажности.
2. Аналитические весы с погрешностью взвешивания не более 0,001 г.
3. Пробы волокнистых полуфабрикатов.
4. Лабораторный блендер.
5. Анализатор морфологии волокна MorFi Compact.

Отбор проб

Приготовление пробы волокнистых полуфабрикатов наиболее важная стадия анализа, т. к. она определяет результат всего испытания. Предварительно замочить 3 – 4 г абс. сухого волокнистого полуфабриката в воде не менее 4 часов. Затем провести роспуск образца в стандартном дезинтеграторе или лабораторном блендере в течение 3 – 4 минут до полного разволокнения массы, но избегая размола. Довести объем волокнистой суспензии до 1 л. Перенести 100 мл из этого объема, соответствующего 300 мг сухих волокон в стакан, разбавить водой до 1 л. Повторить после тщательного перемешивания суспензии отбор по 100 мл волокна (что соответствует 30 мг сухого вещества) в измерительные литровые стаканы. Довести объем суспензии до 1 л фильтрованной водой комнатной температуры. Концентрация пробы для измерения будет соответствовать 30 мг на 1 л.

Испытания проводят в режиме работы пользователя (меню параметров и обслуживания не активны) под руководством и наблюдением учебного персонала лаборатории.

Поместить стакан с фильтрованной водой для промывки оптической системы на карусели в положение W (Water). Установить однолитровые стаканы с пробой на карусели в положения 1 – 5. Выбор испытания и введение информации (название пробы, положение на карусели и т. д.) для анализа проводить под руководством учебного персонала. Начать измерения. Анализ пробы целлюлозы проводить сериями на карусели. *Необходимо заменять стакан с водой (W) для промывки системы каждые пять измерений.*

Обработка результатов проводится автоматически.

Протокол испытания должен включать следующие данные:

- ссылку на настоящую методику испытания;
- результаты, распечатанные в виде графических страниц;
- выводы по сравнению результатов испытаний, проведенных с разными волокнами.

Практическое задание № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ 1 М², ТОЛЩИНЫ, ПЛОТНОСТИ И УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМА БУМАГИ И КАРТОНА

1. Цель работы

Получить представление о методах определения массы, толщины, плотности и удельного объема бумаги и картона.

2. Содержание работы

- Проработать ГОСТ Р ИСО 536-2013. Бумага и картон. Определение массы.
- Проработать ГОСТ Р ИСО 534-2012. Бумага и картон. Определение толщины, плотности и удельного объема.
- Провести испытания образцов бумаги и картона.

3. Теоретическое обоснование

Точность воспроизведения бумагой печатной формы в процессе печатания в значительной степени зависит от однородности ее структуры. В понятие «структура бумаги» полиграфисты включают не только совокупность составляющих композиции и связей между ними, но также и геометрию (структуру) поверхности листа.

Понятие однородности для печатных видов бумаги включает целый комплекс характеристик, отражающих разные аспекты ее качества, в том числе: однородность по массе 1 м², однородность просвета, однородность поверхности, однородность цветовых параметров и однородность бумаги в партии. Структурными характеристиками бумаги являются масса бумаги площадью 1 м², толщина, плотность, шероховатость / гладкость. Бумагоделательный процесс настроен таким образом, чтобы бумага удовлетворяла техническим требованиям по колебаниям вышперечисленных параметров.

Характеристики картона

Тарный картон – многоуровневый прочный материал, в котором целлюлозные волокна играют ведущую роль. Волокно придает картону особые свойства: плотность, толщину, пухлость, в том числе и жесткость, от которой зависят чисто производственные способности картона к биговке и фальцеванию.

Жесткость картона – это одна из главных характеристик любого картона, важнейшее свойство, которое обычно учитывается при выборе картона, ведь любая упаковка, прежде всего, должна надежно защищать содержимое этой упаковки. При одной и той же плотности картоны разных марок могут обладать различной жесткостью. Жесткость представляет собой свойство материала сопротивляться изгибу. Коробка не должна сильно

прогибаться, когда ее берут в руки и, сжимая, удерживают. Под «потребительской» жесткостью коробки можно понимать величину ее прогиба при сжатии. Этот прогиб зависит как от жесткости материала, так и от линейных размеров коробки и ее геометрической формы. Жесткость может быть продольной и поперечной в зависимости от направления волокон в сырье.

Картоны из древесной массы или целлюлозы, без добавления макулатуры, обычно обладают большой жесткостью, показывая хорошие результаты на тесты по прочности. Без жесткости картон не смог бы выполнять свои основные функции – физической защиты содержимого упаковки при транспортировке и хранении.

Жесткость также влияет на эффективность полиграфических операций (печать, тиснение и пр.) и упаковочных линий. Максимальная жесткость должна достигаться при самой низкой (из всех возможных) массе 1 м^2 , что на практике удается далеко не всегда. Чистоцеллюлозный мелованный картон демонстрирует достаточно высокие характеристики жесткости и прочности на единицу массы материала. Складной коробочный картон, благодаря высокой пухлости, проявляет значительную жесткость. Они обладают явными преимуществами перед картонами из вторичных волокон. Жесткость определяют как силу, которую нужно приложить, чтобы отклонить определенный образец материала на определенное расстояние или угол.

К факторам, повышающим жесткость картона, относятся:

- увеличение веса, и соответственно, толщины картона;
- увеличение объемного веса материала, не содержащего в своей композиции каких-либо минеральных наполнителей, т. е. без снижения толщины;
- проклейка картона связующими веществами;
- преобладание в композиции бумажной массы длиноволокнистой целлюлозы;
- большая степень помола бумажной массы.

К факторам, которые понижают жесткость картона, относятся:

- все противоположные перечисленным выше факторам;
- каландрирование.

Пухлость картона зависит от композиции бумажной массы, которая в дальнейшем используется для производства картона или бумаги. Большинство волокон предварительно высушенной или замороженной целлюлозы позволяет получать пухлую бумагу или картон. О картоне, достаточно пухлом (объемном) по отношению к своей массе, говорят, что у него высокая пухлость. Плотный картон имеет низкую пухлость. Картон с высокой пухлостью обычно на ощупь кажется более жестким и более толстым, чем картон с аналогичным граммажом, но с меньшим показателем пухлости.

Пухлость (удельный объем) является существенным фактором при определении жесткости упаковочных картонов. Высокая пухлость обычно означает высокий уровень жесткости при изгибе. Однако, чем выше пухлость, тем зачастую слабее силы связи между волокнами, т. е. внутренняя сеть волокон начинает терять прочность. Это приводит к неблагоприятным

последствиям, как пыление обрезов, ведущим к возникновению брака при печати. Кроме того, увеличение пухлости приводит к снижению гладкости поверхности упаковочных картонов. Пухлость упаковочных картонов – не более $1,45 \text{ см}^3/\text{г}$.

Толщина – это расстояние между двумя поверхностями листа картона, измеряемое в микрометрах (мкм) или миллиметрах (мм) с применением общепринятых измерителей толщины. Сущность метода заключается в определении толщины отдельных листов бумаги и картона или стопы из положенных друг на друга листов тонкой бумаги с помощью толщиномера при определенном давлении.

Картон коробочный имеет толщину от 300 до 900 мкм. Переплетный картон имеет толщину от 1,2 до 2,5 мм.

Толщина – важная характеристика для изготовителей упаковки, поскольку она определяет, какие раскройные и биговочные приспособления необходимо использовать во время производства.

Плотность картона – важный показатель, который определяет насколько сомкнута структура картона, измеряется в граммах на кубический сантиметр ($\text{г}/\text{см}^3$).

Главным образом, упаковочные картоны характеризуются сбалансированным сочетанием показателей, определяющим их свойства, а не чрезвычайно высокими уровнями некоторых отличительных качеств. Важной чертой является стабильность их производственных показателей.

4. Методика выполнения работы

Оборудование лабораторное:

1. Лабораторные весы с погрешностью взвешивания не более 0,01 г.
2. Образцы бумаги, картона.
3. Толщиномер с ценой деления шкалы 0,01 мм.

Проведение испытаний

Измерения проводят на отдельных образцах бумаги и картона по ГОСТ Р ИСО 536-2013. Бумага и картон. Определение массы и по ГОСТ Р ИСО 534-2012. Бумага и картон. Определение толщины, плотности и удельного объема.

По полученным средним значениям толщины и массы 1 м^2 образцов проводят вычисления плотности и удельного объема.

Протокол испытания должен включать следующие данные: расчеты и результаты измерения массы 1 м^2 , толщины, плотности, удельного объема образцов бумаги и картона.

Сделать выводы.

Список рекомендуемой литературы

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: справочные материалы. В 3 т. – Т. 2: Производство бумаги и картона. – Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.: ил.
2. ГОСТ Р ИСО 534-2012. Бумага и картон. Определение толщины, плотности и удельного объема.
3. ГОСТ Р ИСО 536-2013. Бумага и картон. Определение массы.