

УДК 676(075.8); 655.531

В. В. Горжанов, кандидат технических наук, ассистент (БГТУ);
Т. П. Шкирандо, старший научный сотрудник (БГТУ);
А. Н. Александрова, аспирант, младший научный сотрудник (БГТУ);
Т. В. Соловьева, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОМПОЗИЦИИ БУМАГИ ДЛЯ ПЕЧАТИ

Исследованы бумагообразующие свойства древесной массы двух видов: термомеханической и химико-термомеханической. Определены оптимальные параметры размола химико-термомеханической древесной массы. Изучено влияние древесной массы на структурно-механические и оптические свойства образцов бумаги для офсетной печати. Установлено, что использование древесной массы в композиции бумаги не оказывает отрицательного воздействия на структурно-механические, оптические и печатные свойства бумаги.

The article presents a study of two kinds of papermaking pulp properties, that is thermomechanical and chemi-thermomechanical. Optimal parameters of grinding chemical-thermo-mechanical pulp were defined. Influence of pulp on the structural, mechanical and optical properties of paper samples was studied for offset printing. It has been established that the use of wood pulp in composition does not adversely affect on the structural, mechanical, optical and printing properties of paper.

Введение. Особенности способа офсетной печати определяют основные требования к свойствам офсетной бумаги. При этом большое значение имеют поверхностная прочность бумаги, впитываемость, устойчивость размеров при увлажнении и последующем высыхании во время печати. Для офсетной бумаги важны также непрозрачность и отсутствие пылимости. В достижении этих свойств большую роль играют волокнистые полуфабрикаты композиции. В этом качестве при производстве бумаги для офсетной печати используется преимущественно беленая сульфатная целлюлоза, древесная масса и макулатура высоких марок.

Целлюлоза является волокнистым полуфабрикатом, который выделяют из древесины путем варки с химикатами. Выход сульфатной целлюлозы не превышает 45%, а после отбелки он снижается еще на 8–10%. Это сравнительно дорогой и дефицитный продукт. В Республике Беларусь в настоящее время производство беленой целлюлозы отсутствует.

Древесная масса – это волокнистый полуфабрикат, получаемый механическим разделением древесины на волокна. Древесная масса является одним из самых экономичных полуфабрикатов, так как при ее изготовлении достигается 96–98%-ный выход волокна из древесины. В ее производстве отсутствуют процессы варки, приготовления и регенерации химикатов, что значительно снижает загрязнение окружающей среды. Недостатком древесной массы является низкая, по сравнению с целлюлозой, прочность бумажного листа, однако современные технологии позволяют решить эту проблему. В Республике Беларусь уже существует про-

изводство древесной массы в виде термомеханической (ТММ), получаемой по способу RTS на РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов).

Настоящие исследования направлены на достижение высоких структурно-механических, оптических и печатных свойств бумаги для офсетной печати в условиях использования в композиции древесной массы – волокнистого полуфабриката, получаемого с минимальными потерями древесины.

Основная часть. При изучении бумагообразующих свойств исследовали два вида древесной массы от разных производителей: термомеханическую (РУП «Завод газетной бумаги», г. Шклов) и химико-термомеханическую (OY METSA-BOTNIA AB, Финляндия).

При изучении влияния древесной массы на структурно-механические и оптические свойства образцов бумаги для офсетной печати, изготовленных в лабораторных условиях, в композицию бумаги вводили также беленую сульфатную целлюлозу из древесины лиственных и хвойных пород от разных производителей.

При выборе волокнистого полуфабриката следует учитывать его бумагообразующие свойства, которые в совокупности определяют достижение требуемого качества изготавливаемой бумаги. При этом имеется в виду как поведение материала в технологических процессах изготавливаемой из нее бумаги, так и его влияние на свойства получаемой бумажной массы и готовой продукции. Бумагообразующие свойства волокнистого материала характеризуются, например, по отношению к процессу размола его способностью к фибриллированию или укорачиванию волокон, скоростью достижения

требуемой степени помола, а по отношению к процессу отлива листа из бумажной массы важным является показатель скорости обезвоживания [1, 2].

При проведении исследований сравнивали два вида древесной массы: термомеханическую (ТММ) и химико-термомеханическую (ХТММ), а также традиционно используемую при изготовлении бумаги для офсетной печати сульфатную беленую целлюлозу из древесины лиственных (СФА_л) и хвойных (СФА_{хв}) пород. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, исходные волокнистые полуфабрикаты, применяемые при проведении исследований, отличаются друг от друга.

Степень помола, которая характеризует способность бумажной массы пропускать через себя воду, у ТММ существенно выше, чем степень помола ХТММ и сульфатной беленой целлюлозы из древесины хвойных и лиственных пород. Связано это с тем, что ТММ была размолота в процессе ее производства, тогда как другие волокнистые полуфабрикаты подвергаются дополнительному размолу перед изготовлением бумаги. Термомеханическую массу получают путем размолы щепы на дисковых мельницах в две стадии. Причем первая ступень размолы проводится при повышенном давлении, а вторая – при атмосферном. ТММ является основным сырьем при производстве газетной бумаги, которая изготавливается из массы с достаточно высокими степенями помола – 65–67°ШР. Образцы ТММ отбирали с технологического потока производства газетной бумаги на РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов). В настоящее время получить образцы ТММ с более низкими степенями помола не представляется возможным. Низкая скорость обезвоживания ТММ связана с ее высокой степенью помола. У этого волокнистого полуфабриката велика доля крупной фракции и мелочи (42 и 35% соответственно).

Показатель средневзвешенной длины волокна варьируется в пределах от 15 до 114 дг и уменьшается от СФА_{хв} к ХТММ.

Фракционный состав ХТММ представлен в основном фракцией со средней длиной волокна и мелочью (29,03 и 28,47% соответственно). Фракционный состав СФА_{хв} представлен в основном длинноволокнистой составляющей (87,18%), а СФА_л средней длиной волокон (24,5 и 42,9%).

На основании анализа бумагообразующих свойств волокнистых полуфабрикатов установлено, что сульфатная беленая целлюлоза из древесины хвойных пород является наиболее ценным волокнистым полуфабрикатом. Она состоит в основном из длинных волокон, поэтому ее можно применять как в композиции с коротковолокнистыми материалами (сульфатной беленой целлюлозой из древесины лиственных пород, древесной массой), так и самостоятельно [1–4].

Сульфатная беленая целлюлоза из древесины лиственных пород имеет меньшую длину волокна, чем целлюлоза из хвойной древесины. Поэтому из одной лиственной целлюлозы бумагу обычно не вырабатывают, а применяют ее в композиции с длинноволокнистой хвойной целлюлозой. Такое сочетание позволяет улучшить структуру и просвет бумаги, повысить непрозрачность и снизить расход энергии на размол [1–4].

Древесная масса представляет собой смесь волокон разной длины, показатель средневзвешенной длины волокна находится в пределах 15–36 дг. Известно, что древесная масса обладает лучшими, чем целлюлоза оптическими свойствами (коэффициент светорассеяния, непрозрачность), но уступает по механической прочности. Поэтому древесная масса при производстве бумаги для офсетной печати может применяться только в сочетании с беленой сульфатной целлюлозой из древесных хвойных и лиственных пород [6, 7]. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что по своим бумагообразующим свойствам к лиственной целлюлозе наиболее близка ХТММ.

Таблица 1

Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов

Наименование показателя	Значение показателя			
	ТММ	ХТММ	СФА _л	СФА _{хв}
Влажность, %	9,78	8,12	10,20	9,80
Степень помола, °ШР	66,5	18	16	14
Показатель средневзвешенной длины волокна, дг	36	15	37	114
Скорость обезвоживания, мл/с	21,6	32,0	70,0	100,0
Фракционный состав, % с разных ячеек сита, мм:				
– 1,19	42,15	11,37	0,05	87,18
– 0,59	15,35	29,03	24,50	7,21
– 0,29	9,11	19,50	42,90	4,32
– 0,14	0,70	11,63	14,60	1,17
– менее 0,14	32,69	28,47	17,90	0,12

Назначение процесса размола – придать волокну определенную структуру и размеры по длине и толщине, сделать волокна гибкими и пластичными и сообщить им определенную степень гидратации, чтобы обеспечить связь волокон в бумажном листе, хорошее формирование (просвет) и заданные свойства бумаги [1, 2].

Для определения оптимальных параметров процесса размола химико-термомеханической древесной массы использовали план Бокса [5], который позволяет получить достаточно полную информацию об исследуемой области факторного пространства. В качестве независимых управляющих переменных (факторов) были выбраны: X1 – продолжительность размола (мин), X2 – величина межножевого зазора (мм), X3 – частота вращения ротора мельницы (мин⁻¹). Уровни варьирования факторов в кодированном и натуральном выражении представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уровни варьирования факторов

Единицы измерения факторов	Уровни варьирования факторов								
	X1 (продолжительность размола, мин)			X2 (величина межножевого зазора, мм)			X3 (частота вращения двигателя мельницы, мин ⁻¹)		
Кодированные единицы	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1
Физические единицы	10	20	30	0,2	0,3	0,4	1000	1500	2000

При нахождении оптимальных значений выбранных переменных критериями оптимизации являлись показатели бумажной массы Y1 – степень помола (°ШР), Y2 – показатель средневзвешенной длины волокна (дг), Y3 – скорость обезвоживания бумажной массы (мл/с), Y4 – количество затраченной энергии на размол (кВт).

Использование надстройки «Поиск решения» электронных таблиц Microsoft Excel поз-

волило установить максимальное значение обобщенного критерия оптимизации Wi (0,46) и соответствующие ему оптимальные значения факторов: продолжительность размола – 21 мин, величина межножевого зазора – 0,2 мм, частота вращения ротора мельницы – 1500 мин⁻¹.

Значения критериев оптимизации, полученные при оптимальных значениях факторов следующие: степень помола массы – 33°ШР, показатель средневзвешенной длины волокна – 20 дг, скорость обезвоживания – 17,73 мл/с, расход электроэнергии на размол – 0,157 кВт.

После реализации эксперимента установлены оптимальные параметры для индивидуального размола волокнистых полуфабрикатов, используемых при изготовлении лабораторных образцов бумаги, и характеристики массы, которые представлены в табл. 3.

Композиционный состав бумаги для печати по волокну представляет собой трехкомпонентную систему, состоящую из лиственной и хвойной сульфатной целлюлозы, древесной массы. При решении задач оптимизации по определению композиционного состава трехкомпонентной системы хорошо зарекомендовали себя симплекс-решетчатые планы Шеффе, которые дают возможность получить удобные для анализа диаграммы «состав – свойство» [8].

Для построения симплекс-решетчатого плана массовую долю лиственной целлюлозы в композиции обозначали через X1, хвойной целлюлозы – X2, древесной массы – X3.

Решение симплексов производилось на ЭВМ с применением пакета Microsoft Excel, а построение диаграмм «состав – свойство» – с применением пакета STATISTICA.

Диаграммы получены для белизны, непрозрачности, прочности на излом при многократных перегибах, воздухопроницаемости и разрывной длины для композиции бумаги, содержащей ТММ, и для композиции, содержащей ХТММ.

Таблица 3

Параметры размола волокнистых полуфабрикатов

Вид волокнистого полуфабриката	Параметры размола			Характеристика массы			
	продолжительность размола, мин	величина межножевого зазора, мм	частота вращения ротора мельницы, мин ⁻¹	степень помола, °ШР	показатель средневзвешенной длины волокна, дг	расход энергии, кВт	скорость обезвоживания, мл/с
СФА _{хв}	15	0,2	1500	37	49	0,132	15,76
СФА _л	25	0,2	1500	34	29	0,170	18,32
ХТММ	21	0,2	1500	34	15	0,140	3,02
ТММ*	–	–	–	66	36	–	21,86

* ТММ обладает достаточно высокой степенью помола и на дисковой мельнице не размалывалась.

Сравнительная характеристика показателей качества бумаги

Наименование показателя	Значения показателей бумаги, полученной из композиции		
	с ТММ	с ХТММ	без древесной массы
Белизна, %	64	79	77
Непрозрачность, %	95	84	81
Прочность на излом при многократных перегибах, ч.д.п.	131	50	328
Воздухопроницаемость, см ³ /мин	226	656	380
Разрывная длина, км	7,13	6,03	7,54

Для определения оптимальных значений компонентного состава были рассчитаны значения обобщенного критерия оптимизации Wi в каждой строке плана эксперимента.

Максимальное значение обобщенного критерия оптимизации уравнения регрессии для композиции, содержащей ТММ, составляет $W = 0,871$, для композиции, содержащей ХТММ, – $W = 0,571$.

Далее были рассчитаны оптимальные значения компонентов в композиции бумажной массы:

– для композиции, содержащей ТММ: СФА_л – 33%, СФА_{хв} – 32% и ТММ – 35%;

– для композиции, содержащей ХТММ: СФА_л – 37%, СФА_{хв} – 32% и ХТММ – 31%.

Сравнительная характеристика показателей качества бумаги, полученной из композиции с оптимальным содержанием ТММ, ХТММ и без содержания древесной массы (СФА_л – 60%, СФА_{хв} – 40%) представлена в табл. 4.

Как видно из представленных данных, компонентный состав по волокну оказывает существенное влияние на структурно-механические и оптические свойства бумаги.

Использование в композиции ТММ вызывает увеличение непрозрачности бумаги, но существенно снижает ее белизну. При использовании в композиции до 30% ТММ прочность на излом при многократных перегибах и разрывная длина находятся на уровне контрольного варианта. Воздухопроницаемость бумаги, характеризующая ее пористость и способность к впитыванию типографских красок несколько ниже, чем у контрольного варианта.

Использование в композиции ХТММ приводит к увеличению непрозрачности и повышению белизны по сравнению с контрольным вариантом, однако снижает прочностные показатели бумаги – разрывную длину и прочность на излом при многократных перегибах. Показатель воздухопроницаемости, характеризующий структуру бумаги (количество и диаметр пор), у образцов, содержащих в ком-

позиции ХТММ, выше, чем у контрольного варианта на 40%. Пористая бумага обеспечит лучшие печатные свойства за счет лучшего впитывания типографских красок при офсетной печати.

Заключение. Исследованы бумагообразующие свойства древесной массы двух видов: ТММ и ХТММ. Установлено, что ТММ и ХТММ отличаются степенью помола, показателем средневзвешенной длины волокна, скоростью обезвоживания, белизной и фракционным составом. Фракционный состав ТММ представлен в основном крупной фракцией и мелочью, а ХТММ – в основном средней фракцией и мелочью. Показано, что ХТММ по своим бумагообразующим свойствам близка сульфатной беленой целлюлозе из древесины лиственных пород.

Определены оптимальные параметры размолла ХТММ. Установлено, что при продолжительности размолла – 21 мин, величине межножевого зазора – 0,2 мм, частоте вращения ротора мельницы – 1500 мин⁻¹, значения критериев оптимизации, полученные при оптимальных значениях факторов следующие: степень помола массы – 33°ШР, показатель средневзвешенной длины волокна – 20 дг, скорость обезвоживания – 17,73 мл/с, расход электроэнергии на размол – 0,157 кВт.

Изучено влияние древесной массы на структурно-механические и оптические свойства образцов бумаги для офсетной печати. Показано, что использование в композиции ТММ вызывает увеличение непрозрачности бумаги, но существенно снижает ее белизну и воздухопроницаемость. Использование в композиции до 30% ТММ не влияет на прочность на излом при многократных перегибах и разрывную длину бумаги.

Установлено, что использование в композиции ХТММ приводит к увеличению непрозрачности и повышению белизны бумаги по сравнению с образцами, изготовленными без древесной массы, однако снижает ее прочност-

ные показатели – разрывную длину и прочность на излом при многократных перегибах. Показатель воздухопроницаемости у образцов, содержащих в композиции ХТММ, выше, чем у контрольного варианта, на 40%. Пористая бумага обеспечит лучшие печатные свойства за счет лучшего впитывания типографских красок при офсетной печати.

Литература

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. / редкол.: П. Осипов [и др.]. СПб: Политехника, 2002–2006. Т. 2: Производство бумаги и картона. Ч. 1: Технология производства и обработки бумаги и картона / В. Комаров [и др.]. 2005. 423 с.

2. Фляте Д. М. Технология бумаги. М.: Лесная промышленность, 1988. 440 с.

3. Фляте Д. М. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. М.: Лесная промышленность, 1990. 136 с.

4. Смирнова Е. Г., Евтюхов С. А. Влияние композиционного состава по волокну и проклеивающих реагентов на свойства бумаги для офсетной печати. // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2006. С. 32–33.

5. Соловьева Т. В., Шульга В. Э. Технология древесной массы их щепы. Минск: БГТУ, 2008. 136 с.

6. Пузырев С. С. Современная технология механической массы: в 3 т. СПб.: ВЕСП, 1995–1998. Т. 2: Механическая масса из щепы. 1996. 236 с.

7. Пен Р. Э. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства. Красноярск: КГУ, 1982. 120 с.

8. Колесников В. Л. Математические основы компьютерного моделирования химико-технологических систем: учеб. пособие для студентов вузов. Минск: БГТУ, 2003. 312 с.

Поступила 26.02.2014