

УДК 676.1:676.22

А. А. Дубовик, аспирант, младший научный сотрудник (БГТУ);**В. В. Горжанов**, кандидат технических наук, научный сотрудник (БГТУ);**Т. П. Шкирандо**, старший научный сотрудник (БГТУ);**А. А. Пенкин**, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана (БГТУ);**Т. В. Соловьева**, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

БУМАГООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В КОМПОЗИЦИИ БУМАГИ ДЛЯ ПЕЧАТИ

Изучены бумагообразующие свойства макулатуры марки МС-7Б, термомеханической и химико-термомеханической древесной массы. Определены оптимальные параметры размола макулатуры и химико-термомеханической массы (продолжительность размола, число оборотов дисков мельницы, величина межножевого зазора), позволяющие повысить их бумагообразующие свойства. Установлены оптимальные композиции бумаги для печати, содержащие целлюлозу, макулатуру, термомеханическую и химико-термомеханическую древесную массу.

Paper-forming properties of waste paper grades WS-7B, thermomechanical and chemical-thermo-mechanical pulp have been studied. The optimum parameters of the milling of waste paper and chemical-thermo-mechanical pulp (duration of milling, frequency of rotor revolution, value of refiner power), allowing to increase they the paper-forming properties have been determined. The optimum composition of printing paper, containing pulp, waste paper, thermomechanical and chemical-thermo-mechanical pulp, have been installed.

Введение. Одной из основных тенденций в производстве высокосортных видов бумаги для печати является использование дешевых волокнистых полуфабрикатов, таких как макулатура, древесная масса, что позволит предприятиям не зависеть от стоимости импортируемой дорогостоящей беленой целлюлозы, являющейся основным видом сырья для производства данной продукции.

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 предотвращает загрязнение окружающей среды. Недостатком использования древесной массы является низкая, по сравнению с целлюлозой, прочность бумажного листа, которую в современных условиях необходимо увеличивать.

В настоящее время при производстве бумаги используется в основном два вида древесной массы: термомеханическая (ТММ) и химико-термомеханическая (ХТММ) [1]. В Республике Беларусь уже существует производство древесной массы в виде ТММ, получаемой по способу RTS на РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов). Планируется строительство завода по производству древесной массы в виде ХТММ на Добрушской бумажной фабрике «Герой труда».

Макулатуру, несмотря на ее низкую стоимость, в композиции бумаги для печати используют ограниченно, поскольку при переработке макулатурного сырья содержащиеся в нем целлюлозные волокна укорачиваются, связи между ними ослабевают, в результате чего ухудшаются механические и печатные свойства бумаги [2, 3].

Поэтому при выборе нужного вида волокнистого материала следует учитывать его бумагообразующие свойства [4], которые в совокупности должны обеспечить требуемое качество изготавливаемой бумаги [5].

Основная часть. Целью настоящей работы являлось установление возможности замены дорогостоящей беленой сульфатной целлюлозы на дешевые виды волокнистых полуфабрикатов, такие как макулатура и древесная масса, при производстве бумаги для печати без снижения ее показателей качества.

При изучении бумагообразующих свойств исследовали макулатуру марки МС-7Б и два вида древесной массы от разных производителей: ТММ (РУП «Завод газетной бумаги», г. Шклов) и ХТММ (OY METSA-BOTNIA AB, Финляндия). Традиционно применяемые для производства бумаги для печати полуфабрикаты – беленая сульфатная целлюлоза из древесины лиственных пород (СФАл) компании ILM PULP (Россия) и беленая сульфатная целлюлоза из древесины хвойных пород (СФАхв) компании BOTNIA (Финляндия) использовались для сравнения с макулатурой и древесной массой при составлении композиции бумаги для печати.

Роспуск волокнистых полуфабрикатов проводили с использованием лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1, оснащенного гидроразбивателем ЛГ-3 и мельницей НДМ-3. Было установлено, что для полного разволокнения макулатурной массы достаточно 20 мин ее роспуска в гидроразбивателе, ТММ – 15 мин, ХТММ – 10 мин. В табл. 1 представлены бумагообразующие свойства исходных волокнистых полуфабрикатов.

Таблица 1

Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов после роспуска

Наименование показателя	Значение показателя для бумажной массы, изготовленной из				
	макулатуры	ТММ	ХТММ	СФАл	СФАхв
Степень помола, °ШР	27	66	18	16	14
Показатель средневзвешенной длины волокна, дг	27	36	15	37	114
Скорость обезвоживания, мл/с	29,0	3,4	32,0	70,0	100,0
Фракционный состав, % с разных ячеек сита, мм					
1,19	46,63	42,15	11,37	0,05	87,18
0,59	23,79	15,35	29,03	24,50	7,21
0,29	16,72	9,11	19,50	42,90	4,32
0,14	8,59	0,70	11,63	14,60	1,17
менее 0,14	4,27	32,69	28,47	17,90	0,12

Из табл. 1 видно, что степень помола ТММ существенно выше, чем степень помола остальных полуфабрикатов. Связано это с тем, что ТММ была размолота в процессе ее производства на дисковых мельницах в две стадии. Низкая скорость обезвоживания ТММ обусловлена ее высокой степенью помола. У этого вида волокнистого полуфабриката велика доля крупной фракции и мелочи (42,15 и 32,69% соответственно).

Показатель средневзвешенной длины волокна варьируется в пределах от 15 до 114 дг и уменьшается от СФАхв к ХТММ.

Во фракционном составе макулатурной массы преобладают длинноволокнистая фракция и волокна средней длины (46,63 и 23,79%). Фракционный состав ХТММ представлен, в основном, фракцией со средней длиной волокон и мелочью (29,03 и 28,47%), СФАхв – длинноволокнистой составляющей (87,18%), а СФАл – средней длиной волокон (24,5 и 42,9%).

При производстве бумаги для печати, как правило, используют бумажную массу со степенью помола 35–45°ШР. Как видно из представленных данных, размолу необходимо подвергать сульфатную беленую целлюлозу из древесины хвойных и лиственных пород, макулатуру и ХТММ. Для того чтобы приблизить бумагообразующие свойства исходных полуфабрикатов к свойствам целлюлозы, размол макулатуры необходимо вести в направлении интенсивного фибриллирования и укорочения длинноволокнистой фракции, а ХТММ – только в направлении фибриллирования. В дополнительном размолу ТММ не нуждается, так как она обладает достаточно высокой степенью помола.

Для определения оптимальных параметров процесса размолу волокнистых полуфабрикатов использовали математическое планирование эксперимента с реализацией плана Бокса [6]. Бумажную массу из каждого вида волокнистого полуфабриката после роспуска перегружали в мельницу НДМ-3 и осуществляли ее размол.

В качестве независимых управляемых переменных были выбраны все активные факторы, которые учитываются на производстве. Варьировали: продолжительность размолу – 10, 20, 30 мин, величину межножевого зазора – 0,2, 0,3, 0,4 мм и число оборотов дисков мельницы – 1000, 1500, 2000 об./мин. Для полученной бумажной массы, изготовленной из каждого вида волокнистого полуфабриката, определяли показатели степени помола, скорости обезвоживания, средневзвешенной длины волокна, а также оценивали величину израсходованной электроэнергии на размол.

Оптимальные параметры для ведения процесса размолу каждого вида исследуемого полуфабриката и соответствующие этим параметрам показатели качества (табл. 2) были найдены расчетом обобщенного критерия оптимизации (для макулатуры $W = 0,49$, для ХТММ $W = 0,46$).

Представленные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что размол полуфабрикатов при оптимальных параметрах позволяет повысить бумагообразующие свойства волокон макулатуры и ХТММ и приблизить их к свойствам целлюлозы.

Для установления оптимальных композиций бумаги для печати, содержащих исследуемые виды волокнистых полуфабрикатов, применили симплекс-решетчатое планирование третьего порядка [7, 8], при этом содержание каждого компонента выбрали в следующем интервале значений: СФАл 20–40%, СФАхв 30–50%, древесной массы и макулатуры – остальное количество в расчете на 100%.

Из полученных таким образом образцов массы на листоотливном аппарате «Ernst Naage» изготавливали образцы бумаги, которые подвергали испытаниям по показателям: разрывная длина (использовали горизонтальную разрывную машину фирмы «Lorentzen and Wettre»), воздухопроницаемость, белизна, непрозрачность, прочность на излом при многократных перегибах, стойкость поверхности к выщипыванию.

Таблица 2

Оптимальные параметры процесса размола волокнистых полуфабрикатов, значения показателей качества бумажной массы и расхода энергии

Вид волокнистого полуфабриката	Параметры размола			Характеристика массы			
	Продолжительность размола, мин	Величина межножевого зазора, мм	Число оборотов дисков мельницы, об./мин	Степень помола, °ШР	Показатель средневзвешенной длины волокна, дг	Расход энергии, кВт·ч/т а. с. в.	Скорость обезвоживания, мл/с
СФАхв	15	0,36	1500	37	49	1320	15,76
СФАл	25	0,30	1325	35	29	1700	18,32
ХТММ	21	0,22	1500	35	15	1400	3,02
ТММ	–	–	–	66	36	–	21,86
Макулатура	11	0,30	1500	37	21*	1750	15,39

Примечание. Показатель средневзвешенной длины волокна для макулатурной массы при расчетах обобщенного критерия оптимизации не учитывался, так как его изменения находились в пределах погрешности.

Для каждого из видов исследуемых полуфабрикатов было рассчитано оптимальное содержание компонентов в композиции бумажной массы:

- композиция 1: СФАл – 28%, СФАхв – 32% и макулатуры – 40%;
- композиция 2: СФАл – 33%, СФАхв – 32% и ТММ – 35%;
- композиция 3: СФАл – 37%, СФАхв – 32% и ХТММ – 31%.

В табл. 3 представлена сравнительная характеристика показателей качества бумаги, полученной из композиций с оптимальным содержанием ТММ, ХТММ, макулатуры и из композиции, содержащей 60% СФАл и 40% СФАхв (композиция 4).

Таблица 3

Сравнительная характеристика показателей качества бумаги

Наименование показателя	Значения показателей бумаги, полученной из композиции			
	1	2	3	4
Белизна, %	90	64	79	82
Непрозрачность, %	92	84	95	81
Прочность на излом при многократных перегибах, ч. д. п.	280	131	50	328
Воздухопроницаемость, см ³ /мин	100	230	660	380
Разрывная длина, км	7,63	7,13	6,03	7,54
Стойкость поверхности к выщипыванию, номер теста по Денисону	18	14	12	14

Как видно из табл. 3, компонентный состав по волокну оказывает существенное влияние на структурно-механические и оптические свойства бумаги для печати.

Использование при изготовлении бумаги для печати композиции 1 по сравнению с композицией 4 приводит к увеличению как механических – разрывная длина (на 1,1%), стойкость поверхности к выщипыванию (на 22,2%), так и оптических – белизна (на 8,9%), непрозрачность (на 11,9%) – показателей бумаги.

По сравнению с композицией 4 использование композиции 2 при изготовлении бумаги для печати вызывает увеличение ее непрозрачности (на 3,6%), но существенно снижает белизну (на 22%) и структурно-механические показатели – прочность на излом при многократных перегибах, стойкость поверхности к выщипыванию, разрывную длину и воздухопроницаемость.

Использование композиции 3 по сравнению с композицией 4 при изготовлении бумаги приводит к увеличению ее непрозрачности (на 14,7%) при одновременном снижении белизны (на 3,7%) и прочностных показателей. Показатель воздухопроницаемости, характеризующий структуру бумаги (количество и диаметр пор), у образцов, содержащих в композиции 31% ХТММ, выше, чем у образцов, полученных только из белой сульфатной целлюлозы, на 40%. Пористая бумага обеспечит лучшие печатные свойства за счет лучшего впитывания типографских красок при офсетной печати.

Из представленных данных видно, что в условиях неизменного содержания в композиции бумаги для печати СФАхв (32%) наибольшей эффективностью при замене СФАл обладает макулатура.

Заключение. Исследованы бумагообразующие свойства макулатуры марки МС-7Б и древесной массы двух видов: ТММ и ХТММ.

1. Установлено, что ТММ из-за особенностей ее производства обладает высокой степенью помола – 66°ШР и, соответственно, низкой скоростью обезвоживания – 3,4 мл/с. Фракционный

состав ТММ представлен, в основном, крупной фракцией (42,15%) и мелочью (32,69%). При степени помола ХТММ 18°ШР ее волокна существенно короче (показатель средневзвешенной длины волокна 15 дг) по сравнению с остальными видами волокнистых полуфабрикатов. Фракционный состав ХТММ представлен, в основном, средней фракцией (29,03 и 19,50%) и мелочью (28,47%). Степень помола макулатурной массы составляет 27°ШР, при этом фракционный состав в основном представлен длинноволокнистой фракцией и волокнами средней длины (46,63 и 23,79%).

2. Определены оптимальные параметры процесса размола ХТММ и макулатуры. Показано, что ХТММ необходимо размалывать в течение 21 мин при числе оборотов дисков мельницы 1500 об./мин и межножевом зазоре 0,22 мм, а макулатурную массу – 11 мин при числе оборотов дисков мельницы 1500 об./мин и межножевом зазоре 0,3 мм. Установлено, что размол при оптимальных параметрах позволил повысить бумагообразующие свойства волокон макулатуры и ХТММ и приблизить их к свойствам целлюлозы.

3. Определены оптимальные композиции бумаги для печати:

– СФАл – 28%, СФАхв – 32% и макулатура – 40%;

– СФАл – 33%, СФАхв – 32% и ТММ – 35%;

– СФАл – 37%, СФАхв – 32% и ХТММ – 31%.

Показано, что из исследуемых видов волокнистых полуфабрикатов использование макулатуры в композиции бумаги для печати позволяет наиболее эффективно заменить СФАл (на 40%), при этом происходит увеличение как структурно-механических – разрывная длина (на 1,1%), стойкость поверхности к выщипыванию (на 22,2%),

так и оптических – белизна (на 8,9%), непрозрачность (на 11,9%) – показателей бумаги.

Литература

1. Franzin, R. Recent developments in mechanical pulping / R. Franzin // IPW: Int. Papierwirt. – 2006. – № 9. – P. 52–56.

2. Кулешов, А. В. Бумагообразующие свойства вторичных растительных волокон / А. В. Кулешов, А. С. Смолин // Химия растительного сырья. – 2008. – № 2. – С. 109–112.

3. Научные основы переработки макулатуры / Д. А. Дулькин [и др.] // Лесной журнал. – 2005. – № 1–2. – С. 104–122.

4. Фляте, Д. М. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов / Д. М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 136 с.

5. 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.

6. Пен, Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства / Р. З. Пен. – Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 1982. – 192 с.

7. Колесников, В. Л. Пакет прикладных программ для ЭВМ: в 3 ч. / В. Л. Колесников. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова, 1990. – Ч. I: Планирование и анализ эксперимента. – 74 с.

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

Поступила 21.03.2012