На правах рукописи

Дулькин Дмитрий Александрович

МАКУЛАТУРНАЯ МАССА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИСЧЕ-ПЕЧАТНЫХ ВИДОВ БУМАГИ

Специальность 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Архангельск - 2002

Работа выполнена на кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства
Архангельского государственного технического университета
и ОАО «Полотняно-Заводская бумажная фабрика»

Научные руководители: доктор технических наук, профессор
Комаров Валерий Иванович
доктор технических наук, профессор
Ковернинский Иван Николаевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Канарский Альберт Владимирович
кандидат технических наук, профессор
Третьяков Сергей Иванович

Ведущая организация: ОАО «Всероссийский научно-исследовательский
институт целлюлозно-бумажной промышленности»,
ОАО «ВНИИБ»

Защита состоится "19" июня 2002 г. в 10 час. на заседании диссертационного совета Д 212.008.02 при Архангельском государственном техническом университете по адресу: 163002, Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Архангельского государственного технического университета

Автореферат разослан "27" апреля 2002 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Скребец Т.Э.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Переход от плановой экономики к рыночной сопровождался отказом от среднеотраслевой цены на сырье – целлюлозу и формированием ее реальной стоимости. Это сделало не конкурентоспособными предприятия, такие как, например, Полотняно-Заводская бумажная фабрика, работающие на товарном сырье, по сравнению с крупными производителями, имеющими собственное производство целлюлозы. Кризис вынудил предприятия переориентироваться на вторичное волокнистое сырье – макулатуру, которая дешевле более чем в 3 раза.

В мировом целлюлозно-бумажном производстве использование макулатуры является приоритетным направлением. Однако в России, по сравнению с промышленно-развитыми странами мира, этот вид вторичного волокна не нашел должного использования.

Усилия научных подразделений ведущих машиностроительных фирм (Фойт-Зульцер, Белойт, Эшер-Висс, Тампелла, Альстром, Крима, Андриц, Ламорт и др.) направлены на решение следующих задач в области переработки макулатуры:

- совершенствования техники и технологии размола и сортирования макулатурной массы;
- совершенствования процессов очистки производственной воды – носителя многочисленных веществ, содержащихся в макулатуре;
- оптимизации технологического процесса за счет широкого использования эффективных контрольно-измерительных приборов и систем управления;
- энергосбережения, снижения потерь волокна с отходами сортирования;
- обоснования предельных циклов переработки макулатуры.

Идет непрерывный поиск наиболее приемлемых технологических схем приготовления макулатурной массы, главным образом, за счет создания новых видов оборудования. Практически каждая новая система переработки макулатуры отличается от предыдущих. При этом оценка эффективности техники для переработки макулатуры объективно трудна, так как характеристики качества макулатурной массы по стадиям процесса производства определяется с низкой степенью достоверности.

Анализ мировых тенденций в развитии техники и технологии приготовления макулатурной массы свидетельствует об актуальности научных исследований в области переработки макулатуры как в плане создания новых видов оборудования, так и в разработке новых технологий эффективного использования макулатуры в бумажно-картонной продукции.

Данная работа посвящена разработке научно-обоснованной технологии подготовки макулатурной массы для производства писче-печатных видов бумаги. Совпадая с мировыми тенденциями, она актуальна и перспективна.

Цель и задачи исследований. Целью диссертационной работы явилась разработка научно-обоснованной технологии получения макулатурной массы для производства писче-печатных видов бумаги с расширенным использованием не используемой в России для этих целей белой макулатуры.

Основные задачи работы:

- разработка и экспериментальное обоснование концепции получения макулатурной массы для производства писчей и печатной бумаги;
- исследование процесса разволокнения макулатуры;
- исследование процесса размола полуфабрикатов, используемых в композиции писче-печатных видов бумаги;
- исследование диспергирования и удаления термоклея, содержащегося в макулатуре;
- исследование очистки макулатурной массы методом промывки;

- исследование зависимости белизны писче-печатных видов бумаги от количественного содержания в ней макулатуры;
- исследование свойств макулатурной массы для производства писчей и печатной бумаги;
- разработка метода оценки эффективности работы оборудования по стадиям приготовления макулатурной массы.

Научная новизна. На основании теоретических исследований сформулирована концепция приготовления макулатурной массы для производства писчей и печатной бумаги. Впервые разработаны технологические параметры разволокнения книжно-журнальной макулатуры и размола макулатурной массы; обоснована экономическая целесообразность дороспуска лепестков макулатуры и пучков волокон в сортирующем гидроразбивателе (турбосепараторе) и гидродинамической мельнице (энтштиппере), гарнитура которой не оказывает режущего воздействия на волокна по сравнению с одноступенчатым роспуском. Установлено, что макулатурную массу МС1 и МС2 следует размалывать в дисковой мельнице при удельной нагрузке на кромки ножей 400 Дж/км. Концентрация при размоле в дисковой мельнице 2,5–3,5%. Разработана система двухступенчатой промывки макулатурной массы при ее приготовлении с раздельными контурами водопользования, обеспечивающая получение полуфабриката со стабильной белизной, на 1,5-2,0 % превышающей исходное значение 67%, при расходе свежей воды 25-26 $м^3$ на одну тонну полуфабриката. Разработана методика оценки эффективности работы оборудования по стадиям приготовления макулатурной массы с определением количества лепестков, посторонних включений в поступающей и выходящей из аппарата суспензии. В целом экспериментально подтверждена концепция переработки белых марок макулатуры в высококачественную макулатурную массу для производства бумаги для письма и печати.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов. Обоснованность и достоверность результатов работы и выводов по работе базируется на соответствующем уровне метрологического обеспечения исследований, применении современных методов исследований, методик, приборов и оборудования. Все работы, связанные с проведением испытаний образцов бумаги, проводились в лаборатории, прошедшей аккредитацию. Методики выполнения измерений массовой доли волокна, степени помола волокнистой суспензии и длины волокна аттестованы. Обработка экспериментальных данных выполнялась по общепринятым методам математической статистики.

Научные положения диссертации основываются на глубоком анализе теоретических работ по теме диссертации – в области подготовки макулатурной массы и исследования ее свойств. Выводы по диссертации экспериментально подтверждены.

Практическая значимость работы. Разработана научно-обоснованная технология получения макулатурной массы для производства писче-печатных видов бумаги, обеспечивающая расширение использования макулатуры и, в частности, не используемой в России для этой цели белой макулатуры. Технология решает следующие главные аспекты практического порядка:
- восстановление требуемого уровня бумагообразующих свойств макулатурной массы, обеспечивающего качество бумаги на уровне нормативных документов;
- удаление в требуемой степени посторонних включений в виде минеральных (песок, металл) и органических (дерево, клей, полиэтилен, пенопласт и др.) компонентов;
- энергосбережение за счет более высокой массовой доли волокна в суспензии в процессе разволокнения макулатуры в гидроразбивателе, щадящей гидродинамической обработки вторичных волокон на размалывающих агрегатах со специальной гарнитурой, использования принципа минимальной достаточности при выборе количества технологических операций в схеме.

Разработанная методика оценки эффективности работы оборудования на всех стадиях приготовления макулатурной массы позволяет выполнить обоснование любой технологической схемы с учетом бумагообразующих свойств исходной макулатуры и требований к качеству готовой продукции.

Реализация и внедрение результатов исследований. Технология получения макулатурной массы для производства писче-печатных видов бумаги и методика оценки эффективности работы оборудования на всех стадиях приготовления макулатурной массы внедрены в ОАО «Полотняно-Заводская бумажная фабрика». Оценка ожидаемой экономической эффективности от применения научной разработки в производстве бумаги выполнена применительно к условиям работы указанной фабрики и составляет 7 544 руб. на 1 т продукции. В целом, учитывая годовую производительность 4 370 т, ожидаемый экономический эффект от использования научной разработки составит более 32,467 260 млн. руб.

Место проведения исследований. Работа выполнена на кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета и ОАО «Полотняно-Заводская бумажная фабрика».

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на Международных научно-технических конференциях "Малоотходные технологии переработки древесины и эффективное использование вторичного сырья" (Москва, 2000 г.), "Поморье в Баренц регионе. Экономика, экология, культура" (г. Архангельск, 2000 г.), "Химия и технология растительных веществ" (г. Сыктывкар, 2000 г.), «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного волокнистого сырья» (Караваево-Правдинский, Московская обл.). Практическая апробация и внедрение результатов работы проведены на Полотняно-Заводской бумажной фабрике.

Публикации. Основное содержание и результаты диссертации опубликованы в 12-ти научных трудах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, основных выводов, 4-х приложений на 10 стр., списка использованной литературы, включающего 123 наименования. Диссертация изложена на 148 страницах машинописного текста, включая 31 таблицу и 22 рисунка.

Автором выносятся на защиту следующие основные результаты диссертационной работы:

- концепция получения макулатурной массы для производства писчей и печатной бумаги;
- технологический режим разволокнения макулатуры для писче-печатных видов бумаги;
- технологический режим размола макулатурной массы для писче-печатных видов бумаги;
- технологический режим очистки макулатурной массы методом двухступенчатой промывки с раздельными контурами водопользования;
- получение заданной белизны макулатурной бумаги, в композиции которой используется макулатура разных марок;
- методика оценки эффективности работы оборудования на стадиях приготовления макулатурной массы;

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность научной работы.

В первой главе выполнен критический анализ источников литературы по состоянию темы диссертации. Обобщение теоретических исследований позволило сформулировать цель работы и задачи исследований.

Во второй главе изложены методики проведения лабораторных исследований и опытно-промышленных работ, даны характеристики применяемых веществ, материалов, использованных приборов и оборудования.

В третьей главе изложены полученные аналитические и экспериментальные данные.

1. Исследование свойств макулатурной массы для производства писчепечатных видов бумаги. Свойства сырья – макулатуры в производстве макулатурной массы и последующего формования из нее бумаги и картона имеют решающее значение. Данные по исследованию свойств макулатурной массы и качества бумаги представлены в табл.1.

Как видно из табл.1, свойства макулатурной массы и качество бумаги, получаемые из различных видов макулатуры, существенно отличаются. Следует отметить различие поставляемых видов макулатуры: по способности к разволокнению, по степени помола от 26 до 64 ^{0}ШР и по длине волокна от 1,35 до 2,4 мм; зольность макулатуры колеблется от 1 до 28 %.

Таблица 1.

Физико-механические показатели бумажной массы и образцов бумаги из макулатуры от разных поставщиков

Порядковый номер образца	Состав макулатуры		Массовая доля золы	Характеристика волокна		Физико-механические показатели образцов бумаги				
	Качественный	Количественный		Степень помола	Длина	Масса 1 м^2	Разрывная длина	Белизна	Сопротивление	
									Излому	Продавливанию
		%	%	^{0}ШР	дг/мм	г	м	%	ч.д.п	кПа
1.	Картон многослойный с белым поверхностным слоем Обрезки оберточной бумаги	72 28	9	61	66/ 1,50	79	1956	Низкая	5	114
2.	Лента кассовая Обрезки ленты Бумага санитарно-гигиеническая	24 34 42	2	28	95/ 1,97	80	2311	72,8	11	115

3.	Картон белый с цветной полосой Обрезки белой бумаги Обрезки цветной бумаги	47 50 3	8	34	59/ 1,35	78	2799	83,4	13	125
4.	Журналы Газеты	83 17	15	43	83/ 1,8	79	1793	Низкая	8	107
5.	Бумага оберточная	100	1	24	141/ 2,40	82	1531	Низкая	1	70
6.	Макулатура в нерегулируемом соотношении	100	16	26	127/ 2,32	79	2077	Низкая	6	91
7.	Обрезки белой бумаги	100	15	38	620/ 1,40	78	2998	80,2	22	148
8.	Гофротара	100	5	25	125/ 2,30	81	3528	Низкая	45	179
9.	Обрезки цветной бумаги Отходы газетной бумаги Отходы бумаги разной белизны	50 20 30	7	40	76/ 1,65	79	2222	Низкая	6	102
10.	Срывы книжно-журнальной бумаги	100	1	57	77/ 1,66	77	3255	57	12	131
11.	Календари с многокрасочной печатью на высокоглянцевой бумаге	100	28	20	51/ 1,20	78	1770	Низкая	3	84
12.	Бумага белая с покрытием	100	34	64	83/ 1,78	80	2182	67,2	9	103

Примечание: Роспуск образцов 1-4, 6, 9-12 проходит без затруднений,
5 – с затруднениями, а 7 и 8 – с большими затруднениями.

Анализ результатов испытаний образцов бумаги, полученных из разволокненной макулатуры, показывает, что только у трех образцов (№2, 3, 7) из двенадцати белизна превышает 70 % при разрывной длине 2300-3000 м. Поэтому эти виды макулатуры предпочтительно ориентировать на производство писчей и печатной бумаги. Большинство образцов макулатуры вследствие низкой разрывной длины и белизны годятся лишь для использования в композиции оберточно-упаковочной бумаги. С учетом больших колебаний по исходным степени помола и длине волокна важным является выбор размалывающих аппаратов, так как измельчение волокна не желательно – оно вызовет проблемы с обезвоживанием массы на сеточном столе, увеличит промои волокна, снизит производительность БДМ.

3. Исследование процесса роспуска макулатуры для писче-печатных видов бумаги и определение композиции бумаги по волокну. Процесс разволокнения макулатуры является первым в технологической цепи производства макулатурной массы

для бумаги. Очевидно, что от его выполнения зависит как состав технологической цепочки, так и качество макулатурной массы. При поставленной цели разработки научно-обоснованной технологии производства бумаги из макулатуры, естественно, первому процессу было уделено должное внимание.

В табл. 2 приведены условия разволокнения макулатуры Светогорского и Камского ЦБК, а также свойства макулатурной массы.

Визуальные исследования разволокненной макулатурной массы выявили значительное количество лепестков макулатуры и пучков волокон, а значит, необходимость доразволокнения макулатурной массы. Повышение температуры (макулатура Камского ЦБК) также не приводит к полному разволокнению макулатуры.

Таблица 2.

Условия разволокнения макулатуры в гидроразбивателе и показатели ее качества

Наименование показателей		Поставщик макулатуры	
		Светогорский ЦБК	Камский ЦБК
Температура воды при разволокнении	°С	12	57-70
Продолжительность разволокнения	мин	20	20
Массовая доля волокна в суспензии	%	3,5	3,5
Степень помола	°ШР	31	58
Массовый показатель средней длины волокна	дг	40	51

Таким образом, полученные результаты подтверждают наблюдаемую на практике проблематичность полного и эффективного роспуска макулатуры в гидроразбивателе. Очевидно, продолжительность пребывания макулатуры в гидроразбивателе должна определяться роспуском ее до пучков и лепестков, проходящих через отверстия сита. Дальнейшее разволокнение макулатурной массы более эффективно и экономично осуществлять в других видах современного оборудования.

Нами проведены исследования по дороспуску макулатуры в многодисковой мельнице ММЛ-250. Предварительный роспуск макулатуры проводили в гидроразбивателе при температуре 10-12 °С. Далее макулатура обрабатывалась в гидродинамической мельнице. При одинаковом расходе электроэнергии 65-70 кВт·ч/т светогорская макулатура распускалась полностью, а волокнистая суспензия из камской макулатуры еще содержала некоторое количество лепестков и пучков волокон. Доразволокнение камской макулатуры проводили на дисковой мельнице с пониженной нагрузкой на кромки ножей – 300 Дж/км. Данные по исследованиям приведены в табл.3.

Из данных табл.3 видно, что по мере разволокнения волокнистых полуфабрикатов возрастают показатели разрывной длины, сопротивление продавливанию и раздиранию, улучшается «просвет» бумаги. Что касается макулатуры камского ЦБК, то даже при полном разволокнении бумага из нее отличается низкими показателями, сопоставимыми с показателями белой древесной массы. Обращает на себя внимание также ее высокая сорность (до 1800 соринок площадью до 0,5 $мм^2/м^2$).

Учитывая полученные результаты, нами проведены исследования по определению вариантов композиции бумаги, которые можно было бы рекомендовать в производстве. Наиболее удовлетворяющими требованиям оказались варианты композиций с содержанием макулатуры 50 % и 70 %.

Таблица 3.

Влияние стадий разволокнения макулатуры в современных аппаратах на качество макулатурной массы

Показатели		Вид полуфабриката							
		Макулатура Камского ЦБК*			Макулатура Светогорского ЦБК*		Целлюлоза	Отходы собственного тетрадного производства	Белая древесная масса
		После гидроразбивателя	После гидродинамич. мельницы	После дисковой мельницы	После гидроразбивателя	После гидродинамич. мельницы			
Масса бумаги площадью	1 м^2, г	84	77	80	76	76	78	75	75
Плотность	г/см^3	0,315	0,344	0,365	0,460	0,510	0,481	0,475	-
Разрывная длина	М	1170	2440	2872	4041	4690	3656	4527	2000 - 3600
Сопротивление излому	ч.д.п.	1	2	3	56	48	44	54	1-3
Белизна	%	57,7	56,7	56,1	82,9	81,9	78,8	69,4	50-65
Сопротивление продавливанию	кПа	53	84	100	175	234	195	177,5	-
Сопротивление раздиранию	гс	32	30	35	63,3	71,4	63	61,3	-
Зольность	%	-	-	3,8	-	3,6	0,3	2,6	-
Сорность – число соринок на 1 м^2 площадью - от 0,1 до 0,3мм^2 - от 0,3 до 0,5 мм^2		 850 150		 1450 150	 500 0	 650 150	 240 0	 200 0	 - -
Степень помола,	^{0}ШР	58	57	67*	31	40	36*	48*	-
Длина волокна, дг	Дг	51	38	44	40	42	91	56	-
Удельный расход электроэнергии (на разволокнение)	кВт·ч/т		70	30		65	50	45	-

**Размол целлюлозы, а также окончательное разволокнение макулатуры Камского ЦБК и отходов тетрадного производства проводили на дисковой мельнице при удельной нагрузке на кромки ножей 800, 300, 400 Дж/км соответственно.*
Целлюлоза – сульфитная беленая производства СП «Цепрусс»

В ряде вариантов беленая целлюлоза наполовину, а то и полностью заменена макулатурой. Белизна бумаги в них составляет 61-64 %, разрывная длина 3100–3400 м.

Отличительной особенностью всех вариантов исследованных композиций является повышенная сорность. При этом количество соринок от 0,3 до 0,5 мм^2 не превышает 500.

Варианты композиций по физико-механическим показателям сопоставимы с бумагой для печати офсетной №2 (машинной гладкости), бумагой для печати типографской №3 (машинной гладкости) и бумагой писчей №2.

4. Исследование процесса размола полуфабрикатов, используемых в композиции писче-печатных видов бумаги. В технологии писче-печатных бумаг традиционно используется целлюлоза. Поэтому при разработке научных основ технологии, предусматривающей использование в композиции этих видов бумаги макулатурных волокон, представлялось целесообразным исследовать некоторые основные факторы, касающиеся размола целлюлозы и, естественно, макулатурной массы.

а) Размол сульфитной беленой целлюлозы

Главными факторами размола являются удельная нагрузка на кромки ножей, удельный расход энергии на размол и продолжительность размола. Учитывая имеющиеся теоретические сведения о размоле, в экспериментах значение удельной нагрузки на кромки ножей было выбрано равным 800 и 900 Дж/км. Размолу подвергалась сульфитная беленая целлюлоза из хвойной древесины СП «Цепрусс», т.к. она рассматривалась в качестве компонента композиции бумаги в производстве на АО «Полотняно-Заводская бумажная фабрика». Исследовалась способность целлюлозы к размолу, при воздействии переменных факторов – продолжительность и удельный расход энергии. Результаты экспериментов представлены в табл.4.

Как видно из данных таблицы 4 (вариант 1), выбранное значение удельной нагрузки завышено и приводит к резкому снижению средней длины волокна. Поэтому дальнейшие исследования проводили при удельной нагрузке на кромки ножей равной 800 Дж/км (вариант 2 таблицы 4).

Графические зависимости степени помола от удельного расхода энергии на размол и массового показателя средней длины волокна от степени помола при удельной нагрузке на кромки ножей 800 Дж/км представлены на рис.1 и рис.2. Из рис.1 видно, что удельный расход энергии на размол целлюлозы значительный и составляет примерно 8 кВт·ч/т для повышения степени помола на 1 ^{0}ШР.

Таблица 4.

Исследование способности к размолу сульфитной беленой целлюлозы из хвойной древесины СП «Цепрусс»

№ пробы	Продолжительность размола, *)		Удельный расход энергии		Показатели качества массы			
					Степень помола		Массовый показатель средней длины волокна	
	с		кВт·ч/т		^{0}ШР		дг	
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2
1	–	–	–	–	25	23	93	99
2	40	20	90	40	57	40	67	77
3	100	40	340	80	82	53	44	73
4	200	60	500	130	90	65	27	68
5	–	80	–	180	–	72	–	57

**) Размол при удельной нагрузке – вариант 1 - 900 Дж/км; вариант 2 - 800 Дж/км*

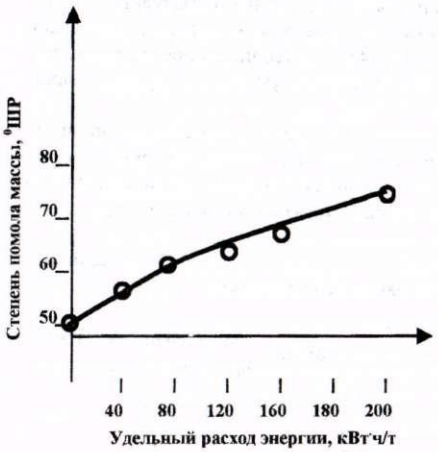

Рис. 1. Зависимость степени помола массы от удельного расхода энергии на размол

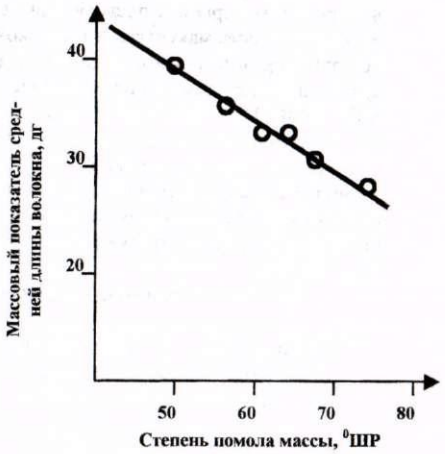

Рис. 2. Зависимость массового показателя средней длины волокна от степени помола

Из рис. 2 видно, что на каждый градус помола (1 ^{0}ШР) массовый показатель средней длины волокна изменился примерно на 0,7 дг на 1 ^{0}ШР, что свидетельствует о преимущественно расщепляющем воздействии размалывающих ножей гарнитуры мельницы на волокна. Следовательно, в процессе такого режима размола создаются благоприятные условия для повышения физико-механических показателей образцов бумаги. Эти данные представлены в табл.5.

Анализ данных по размолу целлюлозы показывает, что для обеспечения массового показателя средней длины волокна 75-80 дг можно вести размол целлюлозы с минимальным расходом энергии – не более 40 кВт·ч/т. При этом степень помола будет составлять 35-38 ^{0}ШР, а снижение белизны не будет превышать 1,5 %. Указанные величины могут быть приняты для организации процесса размола целлюлозы, предназначенной для использования в композиции с макулатурной массой.

Таблица 5.

Изменение качества сульфитной беленой целлюлозы в процессе размола

Степень помола	Масса	Толщина	Плотность	Сопротивление продавливанию (абс.)	Разрывная длина	Белизна
^{0}ШР	1 м^2, г	мм	г/см^3	кПа	м	%
23	79,4	171	0,464	144,6	3069	78,5
40	77,5	162	0,476	181,2	3728	77,2
53	77,5	162	0,479	212,0	4679	75,6
65	77,5	161	0,481	219,0	4970	74,2
72	79,0	163	0,435	228,4	5143	74,0

б) Размол макулатуры марок МС-1 и МС-2.

В композиции бумаги для письма и печати, свойствам которой в настоящей работе уделяется основное внимание, макулатура марок МС-1 и МС-2 является базовым

волокнистым сырьем. Определяющим фактором качества бумаги из макулатуры является способность макулатурных волокон к размолу. А она, в свою очередь, определяет результат размола и, в конечном итоге, свойства бумаги. В таблице 6 представлены результаты исследований процесса способности к размолу макулатурной массы марок МС-1 и МС-2.

Из табл. 6 видно, что исходная макулатурная масса имеет уже достаточно высокую степень помола равную 50 ^{0}ШР. Следует отметить, что после роспуска в макулатурной массе содержится большое количество точечных сгустков волокон. Визуальная оценка разбавленной волокнистой суспензии после 20 с размола показала, что эти сгустки практически отсутствуют.

Таблица 6.

Исследование способности макулатуры к размолу

Продолжительность размола	Удельный расход энергии	Степень помола	Массовый показатель средней длины волокна
с	кВт·ч/т	^{0}ШР	дг
–	–	50	39
20	35	57	36
40	70	61	33
60	120	64	33
80	160	68	31
100	200	74	28

Необходимо отметить, что целесообразность такого способа удаления сгустков должна быть оценена, исходя из затрат электрической энергии на размол. На рис. 3 представлена экспериментальная зависимость степени помола макулатурной массы от удельного расхода энергии на размол.

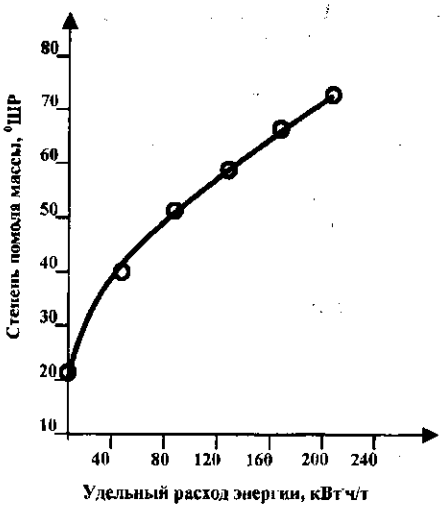

Рис. 3. Зависимость степени помола массы от удельного расхода энергии на размол

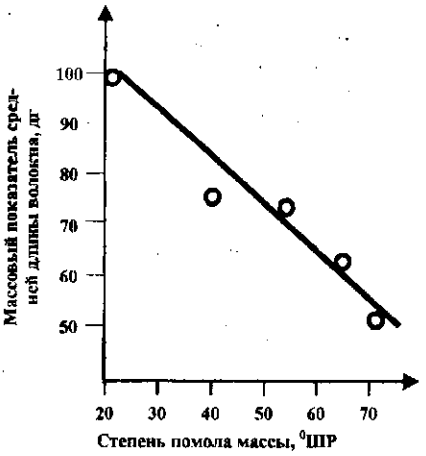

Рис. 4. Зависимость массового показателя средней длины волокна от степени помола

С помощью этой кривой можно определить расход энергии на размол макулатурной массы до заданной степени помола массы при удельной нагрузке на кромки ножей 300 Дж/км. Для обеспечения необходимых физико-механических показателей готовой продукции важное значение имеет характер помола волокон массы при размоле. Как уже ранее рассматривалось (рис. 2), характер помола массы можно оценить зависимостью массового показателя средней длины волокна от степени помола массы. Она представлена на рис. 4.

Изменение физико-механических показателей макулатурной массы при размоле представлено в табл. 7. Как видно из рис. 4, на каждый градус помола массовый показатель средней длины волокна изменялся на 1 дг. Такой характер зависимости говорит об усилении укорочения волокон макулатурной массы по сравнению с размолом целлюлозы. Однако в целом режим размола можно охарактеризовать как «мягкий».

Таблица 7.

Изменение физико-механических показателей макулатурной массы из макулатуры марок МС-1, МС-2 в процессе размола

Степень помола	Масса	Толщина	Плотность	Сопротивление продавливанию	Разрывная длина	Белизна
^{0}ШР	1 м^2, г	мкм	г/см^3	кПа	м	%
50	74,5	167	0,446	126,1	2910	73,4
57	75,7	165	0,459	140,3	3613	72,8
64	77,5	167	0,464	162,1	3728	72,3
68	75,7	163	0,464	163,7	3839	72,3
74	75,0	162	0,463	171,8	3865	71,4

Было установлено, что максимальный эффект в приросте разрывной длины достигается в первые 20 с размола. При этом исчезают сгустки волокон, разрывная длина увеличивается до 3600 м, а белизна уменьшается лишь на 0,5%.

Дальнейшее ножевое воздействие на макулатурную массу не целесообразно, так как приводит к незначительному приросту разрывной длины (на 200 м), снижению белизны на 2,1%, повышению степени помола до 74 ^{0}ШР и повышению удельного расхода электроэнергии в 5 раз. При использовании такой суспензии могут возникнуть большие проблемы с удерживанием волокна на сетке и обезвоживанием. Поскольку в производственных условиях выдержать оптимальный режим работы дисковой мельницы при переработке макулатуры чрезвычайно сложно (вследствие постоянно меняющегося состава вторичного сырья), то более целесообразным представляется решение проблемы доразволокнения путем пропуска распущенной в гидроразбивателе массы через турбосепаратор, а при необходимости и через энтштиппер.

5. Исследование зависимости белизны бумаги от содержания макулатуры марок МС-1А и МС-2А в композиции. При производстве бумаги для письма и печати решающее значение имеет белизна. Естественно, что использование макулатуры в композиции бумаги будет сказываться на этом важном показателе. Поэтому была проведена серия исследований по влиянию макулатурной массы на белизну бумаги.

В первой серии опытов изучено влияние содержания макулатуры марки МС-1 в композиции с целлюлозой на белизну бумаги. Эти данные представлены в табл.8.

Таблица 8

Влияние содержания макулатуры марки МС-1 в композиции с целлюлозой на белизну бумаги

№ п/п	Состав композиции %		Белизна %
	Макулатура МС-1	Целлюлоза	
1	100	0	79
2	80	20	79
3	70	30	79
4	50	50	79
5	40	60	79
6	20	80	80
7	0	100	81

Как видно из представленных данных, по критерию «белизна» бумага может успешно изготавливаться из макулатуры данного вида.

Во второй серии экспериментов было изучено влияние содержания макулатуры марки МС-2 в композиции с целлюлозой на белизну бумаги. Данные представлены в табл. 9.

Таблица 9

Влияние содержания макулатуры марки МС-2 в композиции с целлюлозой на белизну бумаги

№ п/п	Состав композиции %		Белизна %
	Макулатура МС-1	Целлюлоза	
1	100	0	64
2	80	20	65
3	70	30	65
4	50	50	68
5	40	60	69
6	20	80	72
7	10	90	77
8	0	100	81

Из табл.9 видно, что по критерию «белизна» предельное содержание макулатуры данного вида в композиции может составлять не более 10%.

В третьей серии опытов изучено влияние содержания макулатуры марок МС-1 и МС-2 в композиции с целлюлозой на белизну бумаги. Из представленных в табл. 10 данных следует, что макулатура марки МС-2 может использоваться в композиции в очень ограниченном количестве (3-4 %) при содержании 40 % макулатуры марки МС-1 и 56 % целлюлозы.

Второй критерий оценки качества бумаги – «разрывная длина» – для рекомендуемых к использованию композиций может находиться в пределах 2800-3200 м.

6. Исследование диспергирования и удаления термоклея, содержащегося в макулатуре. Для использования макулатурной массы в производстве писче-печатных видов бумаги важнейшим условием является очистка ее от термоклея. В исследованиях

по удалению термоклея использовались два метода – метод фракционирования и метод кавитационной обработки.

Таблица 10

Влияние содержания макулатуры марок МС-1 и МС-2 в композиции с целлюлозой на белизну бумаги

№ п/п	Состав композиции %			Белизна %
	Макулатура		Целлюлоза	
	МС-1	МС-2		
1	40	5	55	76
2	40	10	50	75
3	40	15	45	74
4	40	20	40	73
5	20	20	60	73
6	0	0	100	81

Фракционированию подвергалась суспензия при массовой доле волокна, равной 0,84 %. Анализ полученных данных, табл.11, показывает, что установка, обладая высокой разделяющей способностью по длине и степени помола в части макулатурных волокон, не может разделять клеевые частицы размерами менее 1,0 мм (после подплавления и раздавливания в процессе сушки и последующей обработке бумаги).

Подавляющее большинство клеевых загрязнений концентрируются в четвертой фракции, составляющей около 50 % от исходной суспензии. Практическая реализация такого процесса сортирования в условиях любого предприятия затруднена, так как вызывает проблему использования сильно загрязненной части волокнистой суспензии.

Диспергирование клеевых частиц в макулатурной массе методом кавитационной обработки осуществлялось на экспериментальных установках УкрНИИБа и института технической теплофизики АН Украины.

Таблица 11

Фракционирование макулатуры

Наименование показателей		Исходная суспензия	Фракции			
			1	2	3	4
Объем суспензии	л	97,5	12,5	15,0	21,0	49,0
Объемная доля от исходной	%	100	12,8	15,4	21,5	50,3
Масса суспензии	г	816,95	46,25	105,0	210,0	455,7
Массовая доля от исходной	%	100	5,7	12,9	25,6	55,8
Массовая доля волокна	%	0,84	0,37	0,7	1,0	0,93
Степень помола	°ШР	–	90	82	72	74
Длина волокна	дг	–	86	139	171	165
Разрывная длина (лабораторные отливки)	м	3950	3600	4220	3850	3650
Содержание частиц клея размером более 1 мм	шт.	1500	5	40	550	>1000

измерения на рамке N2 (с расстояниями между лезвиями 5 мм и навеской 6 г)

В массе после гидроразбивателя наблюдали большое содержание нераспустившихся лепестков макулатуры, пучков волокон, клеевых кусочков различной величины и формы. Констатировали, что отделение клея при последующем дороспуске (без измельчения) и сортировании макулатуры, а также массы из нее, не вызывает затруднений. Результаты исследований представлены в таблицах 12 и 13.

Таблица 12

Диспергирование методом кавитации

Наименование показателей		Исходная суспензия	Пробы через промежутки времени, мин		
			2	4	6
Степень помола	^{0}ШР	54	61	67	67
Длина волокна	дг	93	93	93	93
Наличие пучков волокон и узелков	шт.	Много	>500	50	–
Содержание частиц клея размером более 1 мм	шт.	Много	>1000	>500	>500

Таблица 13

Диспергирование методом кавитации на усовершенствованной установке

Наименование показателей		Исходная суспензия	ПРОБЫ	
			1 пропуск	2 пропуска
Массовая доля волокна	%	2,6	2,3	2,2
Степень помола	^{0}ШР	64	78	79
Длина волокна	дг	131	142	145
Наличие пучков волокон и узелков	шт.	>1500	–	–
Содержание частиц клея размером более 1 мм	шт.	>1500	>5000	>10000

Установлено, что термоклей, содержащийся в исходной макулатуре в виде частиц разной величины и формы, вследствие его высокой пластичности практически не претерпевает изменений в процессе кавитационной обработки. Кавитационная обработка обеспечивает полное разволокнение пучков и узелков волокон и равномерное диспергирование печатных красок. Благоприятными факторами, способствующими минимальному измельчению клеевых частиц, а значит, и последующему эффективному их удалению из технологического потока методами сортирования на ситах с круглыми и щелевыми отверстиями, является минимальная температура воды в гидроразбивателе (в нашем эксперименте температура составляла 6 ^{0}С) и как можно более высокая массовая доля волокна в суспензии.

Следует отметить высокий удельный расход электроэнергии на кавитационную обработку макулатурной суспензии (около 100 кВт·ч/т). Нами обнаружено также, что более 50 % клеевых частиц имеют объемную форму, приближенную к шарообразной или кубической, а значит, их удаление возможно на щелевых ситах. Продолговатые и тонкие частицы клея задерживаются на ситах с круглыми отверстиями.

7. Исследование очистки макулатурной массы промывкой. Промывка макулатурной массы является эффективным средством ее очистки. Этот метод очистки исследован нами на книжно-журнальной макулатуре, характеристика которой представлена в табл.14. Метод основан на многократном использовании промывной воды в многоцикличесском процессе промывки и подробно описан в методической части.

Установлено, что двухступенчатая промывка макулатурной массы при ее приготовлении с раздельными контурами водопользования обеспечивает получение полуфабриката со стабильной белизной на 1,5-2,0 % превышающей исходное значение 66,7 %, при расходе свежей воды 25-26 $м^3$ на одну тонну полуфабриката. В процессе осветления и очистки оборотных вод стадий А и Б из системы водопользования выводятся осадки состоящие на 30-50 % из наполнителя и типографской краски.

Таблица 14

Физико-механические показатели композиции книжно-журнальной макулатуры

№ п.п.	Наименование показателей		Значение показателей
1	Степень помола	^{0}ШР	56
2	Длина волокна	дг/мм	54/1,25
3	Разрывная длина	м	3940
4	Прочность на излом	число двойных перегибов	43
5	Сопротивление раздиранию	гс	54
6	Сопротивление продавливанию	кПа	208
7	Белизна	%	66,7
8	Массовая доля золы	%	8,1

Белизна удаляемого осадка на 10-12 % ниже белизны промытой макулатурной массы. В условиях эксперимента масса удаляемого осадка не превышает 2,5 % от массы перерабатываемой макулатуры, а объем составляет 8-13 % от объема осветляемой или очищаемой воды.

Осадок, выводимый из процесса на стадии А, имеет зольность на 8-10 % более высокую, чем осадок стадии Б. Вместе с тем, с осадком на стадии Б выводится относительно большее количество мелкого волокна и краски, что подтверждается его более низкой белизной по сравнению с осадком стадии А. Значения показателей сточных вод по ХПК и $БПК_5$ не превышают соответственно 155, 90 $мг/дм^3$ и находятся в диапазоне допустимых значений. По опыту работы в производственных условиях можно ожидать увеличение этих показателей в воде максимум на 25 %. При принятой в процессе исследований системе водопользования не было замечено всплывания загрязнений, содержащихся в оборотной воде. Заметно снижение белизны полуфабриката при повышении массы вымываемого осадка. То есть, серьезным резервом повышения белизны бумаги является постоянное наполнение полуфабриката свежим наполнителем, что способствует также понижению липкости остаточных клеевых загрязнений.

8. Разработка методики оценки эффективности работы оборудования по стадиям приготовления макулатурной массы. Нами разработана методика, суть которой – в анализе отсортированной массы (по количественному содержанию или отсутствию сора, пучков и узелков волокон) и отходов сортирования на всех аппаратах, оснащенных ситами с круглыми и щелевыми отверстиями. В работе приведены результаты количественного и качественного состава отходов макулатурной массы после турбосепаратора (ТС-60) и напорной сортировки СНС-05. Анализ представленных данных показывает актуальность работы по интенсификации разволокнения лепестков макулатуры, так как свыше 150 кг лепестков вместе с клеем и полиэтиленом ежесуточно направлялись в отвал.

Возможность снижения количества отходов на 45-50 % простым регулированием режима работы напорной сортировки продемонстрирована в приложении N1 диссертационной работы.

Возможность снижения количества отходов на 45-50 % простым регулированием режима работы напорной сортировки продемонстрирована в приложении N1 диссертационной работы.

Разработанная нами методика оценки эффективности стадий приготовления макулатурной массы позволяет:

– оперативно регулировать эффективность работы оборудования на стадиях разволокнения макулатуры, очистки и сортирования макулатурной массы;

– контролировать полноту удаления посторонних включений из макулатурной массы;

– обеспечивать энергосбережение процесса за счет выведения из схемы малоэффективного оборудования.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований разработана концепция приготовления макулатурной массы, предназначенной для производства писче-печатных видов бумаги.

2. Разработана научно-обоснованная технология приготовления макулатурной массы для производства писче-печатных видов бумаги, позволяющая увеличить содержание макулатуры в композиции и снизить ее себестоимость, сократить затраты электроэнергии на размол, увеличить выход кондиционной продукции.

3. Установлено, что содержание древесной массы в макулатуре, ее зольность, белизна, разрывная длина и способность к разволокнению являются объективными критериями оценки бумагообразующих свойств вторичных волокон.

4. Предложена экспериментально проверенная технология разволокнения макулатуры, исключающая режущее воздействие ножевой гарнитуры на вторичные волокна. Такие условия обеспечиваются при разволокнении макулатурной массы в сортирующем гидроразбивателе (турбосепараторе) и гидродинамической мельнице (энтштиппере).

5. Установлено, что подмол макулатурной массы должен осуществляться в дисковой мельнице при удельной нагрузке на кромки ножей не превышающей 400 Дж/км. При этом обеспечивается мягкое воздействие на волокно, о чем свидетельствует удельное изменение массового показателя средней длины волокна примерно 0,46 дг при увеличении степени помола на каждый градус ШР.

6. Доказана безальтернативность удаления частиц термоклея из макулатурной массы методом сортирования на ситах с круглыми и щелевыми отверстиями в последовательно установленных напорных сортировках.

7. Разработана система двухступенчатой промывки макулатурной массы при ее приготовлении с раздельными контурами водопользования, обеспечивающая получение полуфабриката со стабильной белизной, на 1,5-2,0 % превышающей исходное значение (66,7 %), при расходе свежей воды 25-26 $м^3$ на одну тонну полуфабриката.

8. Разработанная технологическая схема приготовления макулатурной массы создана и внедрена на Полотняно-Заводской бумажной фабрике для производства писче-печатных видов бумаги.

9. Разработан метод оценки эффективности работы оборудования по стадиям приготовления макулатурной массы, позволяющий количественно определить содержание лепестков макулатуры, узелков волокон, посторонних включений в поступающей и выходящей из аппарата суспензии.

10. Основные результаты диссертационной работы реализованы на Полотняно-Заводской фабрике с годовым экономическим эффектом 32 467 260 рублей.

11. Полученные научные и технологические результаты носят обобщающий характер и рекомендуются для расширенного использования другими отраслевыми предприятиями.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих трудах.

1. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н., Спиридонов В.А. Исследование процесса размола макулатуры марок МС-1А и МС-2А. // Материалы Международной научно-технической конференции «Поморье в Баренц регионе. Экономика, экология, культура». Архангельск. – 2000. – с. 76-77.

2. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н., Спиридонов В.А. Исследование свойств макулатурной массы для производства писчей и печатной бумаги. // ИВУЗ «Лесной журнал», Архангельск. – 2000. - № 4 . – с. 33-38.

3. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н., Спиридонов В.А. Исследование процесса промывки макулатурной массы, предназначенной для писче-печатных видов бумаги. // Материалы международной научно-технической конференции «Малоотходные технологии переработки древесины и эффективное использование древесного сырья». – М. – 2000. – с. 72-76

4. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н. Исследование композиции писче-печатных видов бумаги, содержащей макулатуру с разным составом по волокну // Журнал «Целлюлоза. Бумага. Картон». – М. - № 7-8. – 2000. – с.32-34.

5. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н., Спиридонов В.А. Обоснование технологических схем приготовления макулатурной массы на основе исследования ее свойств. // Материалы Всероссийской конференции «Химия и технология растительных веществ. – Сыктывкар. – 2000. – с.206-207.

6. Дулькин Д.А. Влияние макулатуры на белизну писчей и тетрадной бумаги. // Журнал «Целлюлоза. Бумага. Картон» - М. - № 11-12. – 2000. – с.31.

7. Ковернинский И.Н., Дулькин Д.А. Исследование процесса размола сульфитной беленой целлюлозы, используемой в производстве писче-печатных видов бумаги. // Лесной вестник. – М. – №4. - 2000. – с.134-136.

8. Дулькин Д.А. Технологическая схема приготовления макулатурной массы для производства писче-печатной бумаги. // Журнал «Целлюлоза. Бумага. Картон». – М. - № 5-6. – 2001. – с.32-33.

9. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н. Исследование диспергируемости частиц термоклея в макулатурной массе методом кавитационной обработки волокнистой суспензии. // Журнал «Целлюлоза. Бумага. Картон». – М. - № 7-8. – 2001. – с.40.

10. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н.. Исследование эффективности удаления частиц термоклея из макулатурной массы // Журнал «Целлюлоза. Бумага. Картон». – М. – 9-10. – 2001. – с.32.

11. Мировые тенденции в развитии техники и технологии переработки макулатуры. Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И., Ковернинский И.Н., Из-во Архангельского ГТУ, Архангельск, 2002, - 121 с.

12. Дулькин Д.А., Комаров В.И. Технология макулатурной массы на ОАО «Полотняно-Заводская БФ» // Научные труды 3-тьей Международной научно-технической конференции «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного волокнистого сырья», Караваево-Правдинский , 2002. –С. 110 – 111.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями и гербовыми печатями просим направлять по адресу: 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17, АГТУ, Диссертационный совет Д 212.008.02.

ЛР №020718 от 02.02.1998 г.

Подписано к печати 22.04.02. Тираж 100 экз.
Объем 1 п.л. Заказ № 319

Издательство Московского государственного университета леса.
141005. Мытищи-5. Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.
Телефон: (095) 588-57-62, факс (095) 588-51-09
e-mail: izdat@mgul.ac.ru