

СИНЧУК Александр Владимирович



**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМОВАНИЯ
И МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МАКУЛАТУРНОЙ
МАССЫ НА СЕТОЧНОМ СТОЛЕ
БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

05.21.03 — Технология и оборудование химической
переработки биомассы дерева; химия древесины

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург, 2003 г.

Работа выполнена на кафедре химии древесины и технологии целлюлозно-бумажных производств Уральского государственного лесотехнического университета.

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор

Агеев Аркадий Яковлевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

Алашкевич Юрий Давыдович

доктор технических наук,
профессор

Бурындин Виктор Гаврилович

Ведущая организация

УралНИИдрев г. Екатеринбург

Защита состоится «25» декабря 2003 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.02 в Уральском государственном лесотехническом университете по адресу 620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «24» ноября 2003 г.

Уч. Секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Кузубина Н.В.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В последнее время достижения науки и техники привели к значительной интенсификации производства бумаги и картона. Характерной чертой этого периода является все возрастающее использование в качестве сырья макулатуры.

Бумагообразующие свойства вторичных волокон существенно отличаются от подобных свойств первичных волокон, что должно отражаться на технологических процессах и оборудовании при производстве бумаги из них.

Известно, что сеточная часть является главным участком машины, где осуществляются начальные технологические процессы, связанные с отливом и обезвоживанием бумажного полотна. Несмотря на то, что около 40% бумаги и картона производится с применением макулатуры, особенности поведения вторичных волокон в процессах обезвоживания и формования в полной мере не изучены. Отсутствуют сведения о фильтрационных и реологических свойствах макулатурных волокон. Не изучены закономерности поведения вторичных волокон при напуске бумажной массы на сеточный стол, при обезвоживании в регистровой части и на отсасывающих ящиках. Не известны условия структурообразования и разрушения структуры листа в зависимости от прилагаемых нагрузок. Все это тормозит развитие оборудования и устройств для формования бумаги из макулатурных волокон.

Сложность процесса отлива определяется различными факторами, действующими совместно и одновременно: состав бумажной массы, ее разнообразные физико-химические, фильтрационные свойства, зависящие от применяемых полуфабрикатов, гидравлический режим, кинематические параметры машины.

Научный институт
УГЛТУ
г. Екатеринбург

Сеточная часть должна быть рассчитана и сконструирована таким образом, чтобы каждый ее участок служил целям качественного отлива и образования бумажного полотна и на них не должно быть так называемых «мертвых» пространств, не служащих этим целям. В связи с этим, как объяснение механизма явлений, протекающих во время отлива, так и их математическая трактовка представляют большие трудности и еще далеко не ясны. Это становится еще более актуальным и важным в связи с тем, что макулатура является «местным» источником сырья. Тенденции развития процессов ее переработки в бумагу четко проявляются в создании малых предприятий производительностью от 1 до 5-7 т/сут. бумаги, что приводит к изготовлению мини бумагоделательных машин.

В виду отсутствия сведений о закономерностях обезвоживания и формования бумажного листа из вторичных волокон такие машины проектируются и изготавливаются без должного научного обоснования.

Работа выполнялась в рамках проекта «Разработка новых бумагоподобных материалов на основе минеральных, животных и вторичных растительных волокон», входящего в подпрограмму «Комплексное использование древесного сырья» федеральной целевой научно-технической программы «Исследование и разработка по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения».

Цель и задачи исследований. На основании экспериментальных и теоретических исследований установить закономерности поведения бумажной массы из вторичных волокон на сеточном столе и на их основе разработать методы технологических расчетов обезвоживания и формования бумажного листа.

Для достижения этой цели в работе решаются следующие основные задачи:

- Изучить бумагообразующие свойства вторичных волокон;

- Экспериментально и теоретически изучить поведение суспензии макулатуры в различных условиях процесса обезвоживания;
- Проверить применимость теоретических представлений И.Д. Кугушева, В.И. Бирюкова о процессах обезвоживания и формования к суспензии из вторичных волокон;
- Изучить влияние физико-химических факторов на процессы обезвоживания и формования бумажного листа из вторичных волокон;
- Разработать методы технологического расчета обезвоживания бумажной массы из вторичных волокон в различных условиях, возникающих на сеточном столе.

Научная новизна. Впервые:

- Установлены закономерности поведения суспензии из вторичных волокон при обезвоживании и формовании на сеточном столе;
- Раскрыт физический смысл коэффициентов в уравнении Дарси-Кугушева;
- Теоретически разработана и экспериментально подтверждена модель обезвоживания макулатурной массы в условиях роста слоя осадка;
- Теоретически и экспериментально установлено влияние коллоидно-химических факторов на процесс обезвоживания макулатурной массы;

Практическая значимость:

- Получены экспериментальные данные по суспензии макулатуры, которые могут быть использованы при технологических расчетах и проектировании сеточных частей буммашин;
- Разработана методика расчета обезвоживания макулатурной массы в условиях осаждения осадка;
- Разработана методика оптимизации процесса отлива и формования бумажного листа из вторичных волокон.

Автор защищает:

- Трактовку физического смысла коэффициентов уравнения Дарси-Кугушева;
- Результаты экспериментальных исследований фильтрационно-компрессионных свойств суспензий вторичных волокон;
- Математическую модель обезвоживания макулатурной массы с учетом сжатия волокнистого слоя;
- Методики технологического расчета процессов обезвоживания суспензии макулатуры при различных условиях обезвоживания.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса» Екатеринбург, 1999г., IX Всероссийской студенческой научной конференции «Проблемы теоретической и экспериментальной химии», посвященной 130-летию открытия периодического закона Д.И. Менделеева Екатеринбург, 1999г., научно-технической конференции в рамках реализации программы «Переработка техногенных образований Свердловской области» по проблеме «Экологические проблемы промышленных регионов» Екатеринбург, 1999г., научно-практическом семинаре международной выставки Уралэкология-98.

Публикации. По результатам работы опубликовано 4 работы, в том числе учебное пособие.

Структура диссертации. Диссертационная работа содержит введение, 4 главы, основные выводы по работе, список литературы и приложения.

Основное содержание работы

Во введении дано обоснование актуальности темы, определены цели и задачи исследования.

В первой главе, изучены проблемы переработки макулатуры в бумагу и картон.

Установлено на основе анализа экспериментальных и теоретических исследований опубликованных в мире и в России работ, что бумагообразующие свойства макулатурных волокон существенно отличаются от свойств первичных волокон, т.к. они уже прошли в свое время цикл операций бумажного производства и в некоторых случаях претерпевали так же процесс более или менее длительного старения.

Большое внимание уделено вопросам поведения волокнистых суспензий на сеточном столе, установлено, что работ, посвященных поведению волокнистых суспензий из вторичных волокон на сеточном столе, крайне мало. Все закономерности поведения бумажной массы на сеточном столе относятся к первичным волокнам.

Установлен определяющий вклад в теорию процессов обезвоживания и формирования бумажного листа отечественных ученых И.Д. Кугушева, В.И. Бирюкова, А.Я. Агеева, В.П. Барановского, а так же зарубежных Брехта, Кларка, Кембела и др.

Проведен анализ работ, посвященных проблемам переработки макулатуры в картон и бумагу, показаны экологические и экономические преимущества, по сравнению с первичными волокнами.

В результате анализа рассмотренных в обзоре литературы работ делается вывод, что среди исследователей нет единого мнения о процессах, протекающих на сеточном столе. Наиболее подробно, глубоко и обоснованно эти вопросы освещены, пожалуй, в единственной, посвященной этому вопросу монографии И.Д. Кугушева «Теория процессов отлива и обезвоживания бумажной массы» из первичных волокон. Однако и здесь есть нерешенные вопросы, например, трактовка эмпирических коэффициентов в уравнении Дарси-Кугушева, не рассмотрены особенности переработки влагопрочной макулатуры.

Модифицированный закон Дарси-Кугушева

Модифицированный закон Дарси-Кугушева устанавливает зависимость скорости фильтрации от напора

$$v = \frac{k_0}{l_0} \cdot H e^{-\delta H} \quad (1)$$

физический смысл эмпирических коэффициентов не был установлен. Однако анализ механизма обезвоживания позволил сделать вывод о влиянии на этот процесс структурно-механических свойств вторичных волокон. На процесс обезвоживания с изменением напора влияет внешняя удельная поверхность волокон S , их упругие свойства ε , предел прочности волокон σ , и предельное время формования t .

Обработка экспериментальных данных рис.1 и 2 по определению этих показателей позволила представить закон Дарси-Кугушева в следующем виде:

$$v = \frac{k_0}{l_0} \cdot H e^{-\left(\frac{\gamma \varepsilon t + \mu S}{\sigma}\right) H}, \quad (2)$$

где γ - плотность, H/m^3 ;

ε - относительная деформация, %;

t - предельное время формования, с;

μ - динамический коэффициент вязкости, $H \cdot c \cdot m^{-2}$;

S - внешняя удельная поверхность волокон, m^2 ;

k_0 - коэффициент фильтрации при $H = 0$, $m \cdot c^{-1}$;

l_0 - начальная толщина слоя при $H = 0$, м;

σ - предел прочности волокна на изгиб, $H \cdot m^{-2}$;

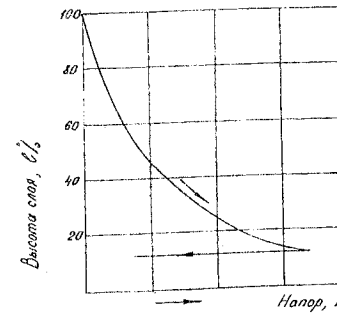


Рис.1 Изменение толщины слоя макулатурной массы при изменении фильтрационного напора.

$$l = l_0 e^{-\frac{\gamma}{E} H}$$

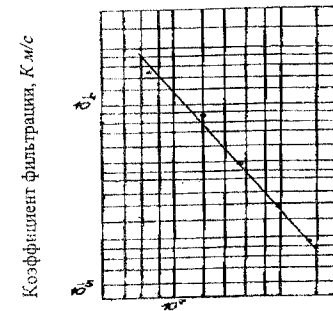


Рис.2 Зависимость коэффициента фильтрации от удельной поверхности вторичных волокон

$$K = K_0 e^{-\frac{\mu S}{\sigma}}$$

Удельная поверхность, $S, m^2/m^3$

Расчет удельной поверхности S производился по уравнению:

$$S = 14,2 \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2 k \cdot \mu}}, \quad (3)$$

где m - пористость слоя бумажной массы.

Коэффициент фильтрации K определялся на установке рис.3

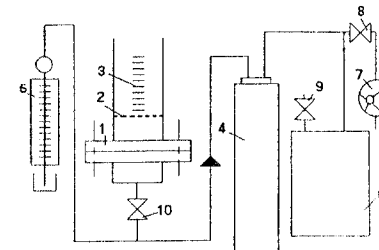


Рис.3 Схема экспериментальной установки для исследования фильтрационных свойств суспензий. 1-фильтрационная трубка; 2-сетка; 3-шкала; 4-емкость для фильтрата объемом 0,5 л; 5-водяной пьезометр; 6-емкость объемом 0,5 м³; 7-вакуум насос; 8,9-вентили для регулирования вакуума; 10-кран.

Предельное время формования. Процесс листообразования предполагает две стороны процесса: обезвоживание, характеризующее

производительность процесса, и формование, обеспечивающее получение продукции нужного качества.

Увеличение производительности (увеличение скорости фильтрации) сопровождается увеличением нагрузок прикладываемых к волокнистой суспензии. При превышении нагрузок выше предельных происходит разрушение структуры волокнистого слоя и прочность бумажного листа снижается. Процесс обезвоживания и формования бумажного листа происходит в условиях постоянной длины сеточного стола и скорости сетки. Для получения оптимальных условий формования т.е. максимальной производительности по обезвоживанию с максимальным сохранением качества выпускаемой бумаги (максимальные разрывная длина, продавливание др.) необходимо знать предельно допустимую среднюю скорость фильтрации. Предельная скорость фильтрации напрямую связана со временем формования бумажного полотна рис.4

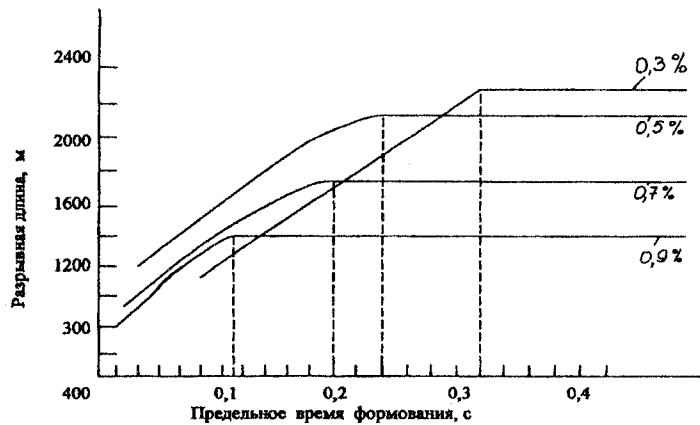


Рис.4 Зависимость прочности бумаги от времени формования при различных концентрациях массы в напорном ящике.

Наличие предельного времени формования может быть объяснено тем, что при очень высокой скорости фильтрации часть волокон располагается не в плоскости бумажного полотна, а поперек бумажного полотна, т.е.

вдоль траектории удаляемой из бумажной массы воды. Другая часть волокон, лежащая в плоскости бумажного листа, может быть вдавлена в ячейки сетки. В результате нарушается структура бумажного полотна и его прочностные показатели.

Математическая модель обезвоживания вторичных волокон

Суспензия из вторичных волокон имеет существенные различия по сравнению с первичными волокнами. В макулатурной массе значительно больше мелких волокон, фибрилл, наполнителей неопределенного состава, клеевых полимеризованных частичек краски, полимеров и т.п., наличие «ороговевших» участков волокон плохо гидратирующихся, придающих большую жесткость волокнам и поэтому придающих особенности поведения макулатурной массы при ее обезвоживании.

Непредсказуемость поведения волокон макулатуры при обезвоживании объясняется неопределенностью происхождения, наличия в ней волокон древесной массы, целлюлозы. Количеством предшествующих переработок, временем «старения», вызывает необходимость уточнения теоретической модели поведения макулатурной массы при обезвоживании и формовании.

При обезвоживании бумажной массы из вторичных волокон наблюдаются два процесса. Первый — процесс с увеличением интенсивности возрастания сопротивления осадка при возрастании удельной производительности. Этот процесс идет за счет увеличения толщины осадка, уменьшения размера пор при его сжатии, за счет частичного закупоривания пор наполнителем, возникновения двойного электрического слоя.

Этот процесс можно описать уравнением:

$$\left(\frac{dR}{dq} \right)_1 = \lambda e^{q_0}, \quad (4)$$

$$t_{кр} = \frac{100}{\gamma c} \left[A_1 q_{co}^2 \left(ch \frac{q_{скр}}{q_{co}} - 1 \right) + V_o^{-1} q_{скр} \right], \quad (10)$$

где $t_{кр}$ – критическое время фильтрации, соответствующее критической массе слоя.

Соотношение (10) может быть использовано для расчета времени обезвоживания заданного объема макулатурной массы, если задана ее концентрация и параметры процесса фильтрации.

Моделирование процесса листообразования

Основу технологии образования и упрочнения бумажного листа в мокрой части отливной машины составляет процесс фильтрации воды через деформируемую пористую среду с отложением осадка.

Процесс движения жидкости через пористые среды для случая одномерной задачи описывается уравнением движения жидкости в пористой среде $\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp}{dZ} = Z - \frac{\mu v}{c\rho}$ (11) и неразрывности

$$\frac{d(\rho v)}{dZ} + \frac{\varepsilon + a\rho}{1 + \varepsilon} \cdot \frac{d\rho}{d\tau} = 0 \quad (12).$$

Произведя подобное преобразование уравнений, а так же уравнения

Дарси $v = \frac{c}{\mu} \cdot \frac{dp}{dZ}$, получим безразмерные отношения для случая

движения жидкости в бумажной массе в виде общеизвестных гидродинамических критериев Эйлера, Рейнольдса, Фруда, а так же безразмерное отношение, имеющее вид известного критерия Фурье

$$\frac{\Delta p}{\rho v^2} = idem; \frac{\nu c \rho}{\mu Z} = idem; \frac{qZ}{v^2} = idem; F_o^1 = \frac{c^1 \tau}{Z^2} = idem, \quad (13)$$

где c^1 – комплекс величин характеризующих влияние роста слоя массы на

процесс.

Экспериментами рис.7 на различных установках, а так же при определении коэффициента фильтрации k и внешней удельной поверхности волокон S была установлена связь между критериями Eu и Re в виде $Eu = \frac{1}{Re}$, представляющая из себя видоизмененный закон Дарси.

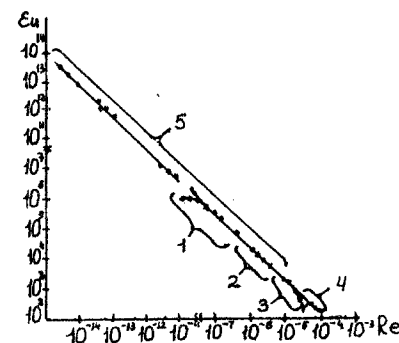


Рис.7 Зависимость между критериями Eu и Re

1. Масса с Сухооложской бумажной фабрики, степень помола 70°ШР
2. Фильтрационная трубка
3. Лабораторная бум.машина РАМА
4. Бум.машина №4 Камского ЦБК
5. Масса дефибраторная, помол 15,5 и 32 деф.-сек.

В работе табл.1 и табл.2 описаны эксперименты по определению числовых значений критериев Eu и Re и их произведения в соответствии с зависимостью $Eu = \frac{1}{Re}$ для макулатурной суспензии различных концентраций и степеней помола с различным содержанием целлюлозы в композиции.

Таблица 1

№ п.п	H м.в.ст. $\times 10^{-3}$	t , с	Q , м ³ $\times 10^{-6}$	v_{cp} , м/с $\times 10^{-4}$	l , м $\times 10^{-2}$	K , м/с $\times 10^{-4}$	S , м ² /м ³ $\times 10^6$	$Eu \times 10^6$	$Re \times 10^{-6}$	$Eu \cdot Re$
1	0,6	60	17	1,57	3	0,785	19,56	0,168	6,11	1,02
2	1,2	60	16	1,48	1,5	0,185	40,3	0,378	2,79	1,05
3	2,7	60	20	1,85	1,2	0,082	60,5	0,504	2,03	1,17
4	5,9	60	25	2,3	0,9	0,035	69,4	0,78	1,3	1,01
5	10,2	60	67	6,2	0,6	0,036	79,8	1,83	0,706	1,23
6	20,0	60	155	14,3	0,6	0,043	75,38	3,7	0,56	1,91

На рис.7 видно, что при больших нагрузках и малых начальных концентрациях наблюдается отклонение значений произведения $Eu \cdot Re$

от единицы в сторону увеличения, что говорит об изменении гидравлического сопротивления, т.е. разрушении структуры бумажного полотна.

Отклонение от закона Дарси при фильтрации могут иметь место и в сторону уменьшения произведения критериев $Eu \cdot Re$. Особенно это наблюдается при высоких степенях помола сильно гидратированной массы. Это явление можно объяснить влиянием коллоидно-химических факторов, к числу которых относятся степень коагуляции частиц, содержание в ней смолистых и коллоидных примесей, закупоривающих поры, электрокинетический потенциал.

Теоретическими исследованиями установлено влияние поверхностных явлений на процесс фильтрации в виде поправочного коэффициента в уравнении Пуазейля

$$Q = \frac{\Pi \lambda r^4}{\xi \cdot 8 \mu l} \cdot \left(1 - \frac{(\varepsilon D)^2}{0,75(\varepsilon D)^2 + 6\pi^2 \mu \lambda r} \right), \quad (14)$$

где p – давление;

r – радиус капилляра;

μ – вязкость жидкости;

λ – удельная проводимость;

l – длина капилляра;

Π – пористость слоя;

ξ – коэффициент извилистости капилляра.

Уравнение (14) хорошо согласуется с экспериментальными данными табл.3

Зависимость между критериями Eu и Re

Таблица 2

№ п. п.	Установка	$m, м$	$H, м$	$l, м/сек$	$v, м/сек$	$K, м/сек$	$S, м^2/м^3$	Eu	Re
1	Бум.машинна Сухокожской бумажной фабрики	0,989	0,02	0,02	$15 \cdot 10^{-5}$	$15 \cdot 10^{-5}$	$8,6 \cdot 10^6$	$7,8 \cdot 10^4$	$1,33 \cdot 10^3$
2		0,988	0,03	0,017	$21 \cdot 10^{-5}$	$11,7 \cdot 10^{-5}$	$10 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^4$	$1,61 \cdot 10^3$
3		0,987	0,04	0,015	$23,3 \cdot 10^{-5}$	$8,7 \cdot 10^{-5}$	$11,9 \cdot 10^6$	$6,6 \cdot 10^4$	$1,43 \cdot 10^3$
4		0,986	0,06	0,012	$31,6 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$13,9 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^4$	$1,73 \cdot 10^3$
5		0,985	0,08	0,011	$35,8 \cdot 10^{-5}$	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$15,6 \cdot 10^6$	$6,73 \cdot 10^4$	$1,75 \cdot 10^3$
6		0,984	0,11	0,009	$50 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$17,1 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^4$	$2,22 \cdot 10^3$
7		0,983	0,16	0,007	$65 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$20,5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^4$	$2,41 \cdot 10^3$
8		0,982	0,26	0,006	$81,6 \cdot 10^{-5}$	$1,88 \cdot 10^{-5}$	$24 \cdot 10^6$	$3,9 \cdot 10^4$	$2,59 \cdot 10^3$
9		0,982	0,4	0,006	$123,3 \cdot 10^{-5}$	$1,85 \cdot 10^{-5}$	$25,8 \cdot 10^6$	$2,85 \cdot 10^4$	$3,63 \cdot 10^3$
10	Лабораторная Бум.машинна РАМА	0,976	0,4	0,002	0,013	$0,61 \cdot 10^{-4}$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,583 \cdot 10^3$	$1,65 \cdot 10^3$
11		0,976	0,7	0,002	0,0184	$0,526 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^6$	498,5	$2,01 \cdot 10^3$
12		0,976	0,65	0,002	0,01645	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$6,98 \cdot 10^6$	579,1	$1,751 \cdot 10^3$
13		0,976	0,2	0,002	0,00802	$0,125 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^6$	810	$1,17 \cdot 10^3$
14		0,976	0,85	0,002	0,0216	$0,51 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^6$	450	$2,1 \cdot 10^3$
15		0,976	1,18	0,002	0,023	$0,378 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^6$	410	$2,2 \cdot 10^3$
16	Бум.машинна №4 Камский ЦБК	0,976	1,6	0,002	0,031	$0,388 \cdot 10^{-4}$	$7,9 \cdot 10^6$	326	$2,46 \cdot 10^3$
17		0,961	1,32	$1,77 \cdot 10^{-4}$	0,0249	$0,048 \cdot 10^{-5}$	$13,65 \cdot 10^6$	805	$1,35 \cdot 10^3$
18		0,61	0,0056	$4,72 \cdot 10^{-4}$	$0,566 \cdot 10^{-3}$	$0,48 \cdot 10^{-5}$	$13,65 \cdot 10^6$	308	$3,16 \cdot 10^3$
19		0,961	1,32	$0,945 \cdot 10^{-4}$	$0,0666 \cdot 10^{-5}$	$0,48 \cdot 10^{-5}$	$13,65 \cdot 10^6$	273	$3,72 \cdot 10^3$
20		0,961	0,00541	$4,79 \cdot 10^{-4}$	$0,539 \cdot 10^{-3}$	$0,48 \cdot 10^{-5}$	$13,65 \cdot 10^6$	330	$3,01 \cdot 10^3$
21		0,961	1,32	$0,933 \cdot 10^{-4}$	0,065	$0,48 \cdot 10^{-5}$	$13,65 \cdot 10^6$	275	$3,62 \cdot 10^3$
22	0,961	0,0528	$4,85 \cdot 10^{-4}$	$0,522 \cdot 10^{-3}$	$0,48 \cdot 10^{-5}$	$13,65 \cdot 10^6$	348	$2,95 \cdot 10^3$	

Практическое применение результатов исследований

Используя теоретические и экспериментальные зависимости, полученные в работе были разработаны методики технологических расчетов обезвоживания на регистровых валиках, мокрых отсасывающих ящиках, сухих отсасывающих ящиках, которые учитывают влияние предельных нагрузок на структуру формирующегося слоя с максимальной возможной производительностью. Рассмотрены примеры расчетов обезвоживания литых бумажных изделий при подпрессовке, проведен расчет отсасывающих ящиков буммашины ОАО «Уральская бумага», позволивший улучшить режим работы буммашины.

Расчет отсасывающих ящиков картоноделательной машины №2 Одесского картонно-рубероидного завода показал, что распределение вакуума в отсасывающих ящиках машины не рационально и наши рекомендации по оптимальному использованию вакуума позволят увеличить производительность обезвоживания на 45%.

По результатам исследований была произведена опытно-промышленная выработка бумаги на предприятии ОАО «Уральская бумага» по результатам которой произведено внедрение предлагаемого технологического режима.

Экономический эффект от внедрения составил 300 тыс. руб. в год.

Выводы

1. Установлено существенное различие в фильтрационных и бумагообразующих свойствах вторичных волокон по сравнению с первичными и, как следствие, особенностями конструкции сеточного стола и технологического режима при обезвоживании вторичных волокон.

2. Установлен физический смысл эмпирических коэффициентов в уравнении Дарси-Кугушева, что позволило уточнить описание механизма процессов формирования и обезвоживания бумажной массы из вторичных волокон.
3. Показано, что использование закона гиперболического синуса позволяет более точно разделить процессы обезвоживания бумажной массы из вторичных волокон на сеточном столе на процесс фильтрации с осаждением осадка и процесс фильтрации с уплотнением структуры осадка, и следовательно, более точно рассчитывать длину сеточного стола и время обезвоживания.
4. Экспериментально и теоретически показано влияние ζ – потенциала на процесс обезвоживания бумажной массы из вторичных волокон на сеточном столе.
5. Использование экспериментальных результатов и теоретических исследований, проведенных в работе позволило разработать методы расчета обезвоживания бумажной массы из вторичных волокон на обезвоживающих элементах – отсасывающих ящиках.

Основное содержание работы изложено в публикациях:

1. Агеев А.Я., Синчук А.В., Агеев М.А. Процессы обезвоживания и формирования бумажного листа. - Екатеринбург, УрОРАН. – 2000. - 215 с.
2. Агеев М.А., Синчук А.В., Александрова Ю.А. Влияние длины углеводородной цепи ПАВ на облагораживание макулатуры // Тез.докл. XI Всероссийской студенческой научной конференции - Екатеринбург, 2001.
3. Синчук А.В., Агеев М.А. Зависимость эффекта облагораживания макулатуры от длины углеводородной цепи ПАВ // Материалы Всероссийского семинара «Новые достижения в химии и

химической технологии растительного сырья» Министерство образования, Алтайский государственный университет - Барнаул, - 2002

4. Агеев М.А., Синчук А.В., Агеев А.Я. К уравнению Дарси-Кугушева при фильтрации волокнистых суспензий в условиях деформирования волокнистого слоя // Целлюлоза. Бумага. Картон. № 7-8, 2003.

Подписано в печать 14.11.2003. Формат 60×84/16. Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ 206.

Размножено с готового оригинал-макета в типографии УрО РАН. 620219, Екатеринбург, ГСП-169, ул. С. Ковалевской, 18.