

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ-СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Курсовая Работа

На тему: Измельчение Целлюлозы

Группа 25-11

Тухтаев Мусажон

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Аналитический обзор теоретических экспериментальных работ.
Основные теории процесса размола
2. История бумаги
3. Измельчение целлюлозы с помощью пульсационной мельницы
4. Фаза измельчения нитратов целлюлозы

Заключение

Список литературы

Введение:

Повышение эффективности производства и качества готовой продукции при экономном и рациональном использовании сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов является важнейшим и приоритетным направлением развития любого промышленного предприятия. Для целлюлозно-бумажной промышленности решение этих задач связано с разработкой и внедрением ресурсосберегающих, экологически чистых технологий и оборудования, позволяющих значительно увеличить производство готовой продукции и повысить её качество.

Одним из основных путей экономного расходования древесного сырья и химикатов в целлюлозно-бумажном производстве является выработка бумаги и бумажных изделий пониженной массоёмкости с высокой степенью однородности. Равномерность распределения волокон и наполнителей в формуемых бумажных изделиях во многом определяется степенью диспергирования бумажной массы. Во всех гидравлических машинах и аппаратах целлюлозно-бумажного производства (ЦБП) происходит изменение структуры потока, сопровождающееся изменением реологических параметров. Оценку степени диспергирования и взаимосвязь внутренних напряжений со скоростями деформации можно получить на основании реологической характеристики, являющейся комплексным критерием состояния бумажной массы в процессе производства. Следовательно, получение диспергированного потока и знание его реологических параметров перед формованием является необходимым условием производства готовой продукции высокого качества.

Одним из аппаратов, позволяющих получить диспергированный поток бумажной массы и тем, самым, создать необходимую структуру потока в процессе формования бумажных изделий, может служить роторно-пульсационный аппарат (РПА).

Процесс диспергирования в РПА заключается в воздействии на бумажную массу ряда гидромеханических факторов, причём их влияние будет определяться особенностью конструктивных элементов ротора и статора в зависимости от требуемого технологического результата.

До настоящего времени практически отсутствуют исследования диспергирования бумажной массы в роторно-пульсационных аппаратах, созданных на базе центробежных насосов, вследствие сложности изучения воздействия различных гидромеханических факторов на волокно и конструктивных особенностей аппаратов, работающих с реологически сложными системами, к которым относится бумажная масса.

Поэтому повышение эффективности процесса диспергирования реологически сложных систем и расчет конструктивных параметров РПА являются актуальной задачей для целлюлозно-бумажной промышленности.

Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» по заданию – «разработка теоретических основ гидроаэродинамических процессов разделения многофазных нестационарных систем с регенерацией химикатов и использованием вторичных биоэнергетических ресурсов при глубокой химической переработке древесного сырья».

Целью работы является разработка и реализация теоретических положений и практических рекомендаций по совершенствованию процесса диспергирования бумажной массы и повышение качества вырабатываемой из неё продукции.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработка теоретической модели процесса диспергирования бумажной массы в РПА;

- определение влияния конструктивных параметров РПА и технологических характеристик бумажной массы на повышение эффективности процесса диспергирования;
- разработка методики расчёта конструктивных параметров РПА;
- разработка рекомендаций по совершенствованию конструкций РПА для диспергирования бумажной массы;
- промышленная апробация результатов работы.

Ускорение научно-технического прогресса, намеченное партией и правительством во многом будет определяться созданием новых и совершенствованием существующих машин, технологических процессов, и на этой основе повышением производительности труда, снижением материале- и энергоемкости, улучшением качества продукции.

В области производства бумаги и картона технический прогресс в большой степени зависит от совершенствования оборудования цикла подготовки бумажной массы. Одной из важнейших операций технологического цикла производства бумаги является размол волокнистой массы - характер размла определяет основные свойства большинства видов бумаги и бумажной продукции.

В настоящее время идет процесс интенсивных поисков новых принципов размла и быстрого внедрения новых, более совершенных раз-малывающих машин, обладающих повышенной удельной производительностью, мощностью, способностью работать в непрерывном режиме целлюлозно-бумажного производства. Практически во всем мире в завершающей стадии находится процесс перевода класса размалывающих машин на дисковые мельницы, являющиеся в настоящее время наиболее уни-версальной и совершенной конструкцией.

Следует отметить, что процессы измельчения и размола в целлюлозно-бумажном производстве являются чрезвычайно энергоемкими; по разным оценкам на них расходуется до 50 и более процентов энергии, потребной для производства бумаги. В этой связи вопросом принципиальной важности является снижение энергопотребления, создание размалывающих машин и определение оптимальных режимов их работы, которые обеспечивали бы необходимое качество размола при минимуме энергозатрат. Это требует научного, теоретического обеспечения на базе углубленного изучения механизма размола в существующих размалывающих машинах.

Проследивая путь развития размалывающего оборудования, можно отметить, что несмотря на радикальное изменение конструкций, основным их принципом (и пока вне конкуренции) остается воздействие на волокна в зазоре между перекрещивающимися ножевыми элементами. Ножевые размалывающие машины являются наиболее универсальным оборудованием, применяющимся практически на всех стадиях, где требуется измельчение и размол волокнистых материалов.

Ведутся интенсивные поиски гидродинамических принципов размола и конструктивного воплощения принципов механического воздействия на волокна, отличающихся от ножевых машин. Некоторые из них нашли применение в промышленности, в частности, машины гидродинамического воздействия - пульсационные мельницы, кавитационные аппараты и механического воздействия - двухшнековые машины (фротапульперы). Но каждая из этих машин в состоянии решить лишь частную, вспомогательную задачу и не может пока конкурировать с ножевыми по своей универсальности. В последнее время диапазон применения ножевых размалывающих машин (прежде всего дисковых мельниц) резко расширился: они несут основную нагрузку в линиях производства древесной массы из щепы (ИШЩ, ХТММ и др.) в размолотых отходах ДМЗ, обеспечивая получение древесной массы с более высокими свойствами, чем в традиционном процессе дефибрирования

древесины. Эти процессы ведутся при высокой концентрации, что раньше было практически неосуществимо в конических мельницах и роллах. Применение массы высокой концентрации требует решения принципиально новых вопросов ранее не исследовавшихся - таких как транспортирования массы по межножевому зазору, рациональное профилирование гарнитур, выбор оптимальных параметров ножевых элементов, скорости ротора.

При разработке и внедрении нового размалывающего оборудования, наряду с соображениями по увеличению производительности, снижению энергоемкости и улучшению качества необходимо учитывать также ограничения, накладываемые меняющейся сырьевой базой (использование лиственной и низкокачественной древесины, всевозможных отходов), необходимостью снижения массоемкости вырабатываемых бумаг и картонов. Возможности достижения указанных целей существенно зависят от выбора конструкции и параметров размалывающего оборудования, а также режимов его работы.

Размол волокнистых материалов является одним из компонентов общего процесса измельчения исходного сырья (балансов) в подготовительном цикле целлюлозно-бумажного производства до состояния отдельных разработанных волокон. В качестве конкретных стадий такого измельчения можно выделить рубку балансов в щепу, дефибрирование балансов, диспергирование листовых материалов до состояния отдельных волокон (ропуск). В этой связи вопросом принципиальной важности представляется определение эффективности использования энергии в размалывающих машинах по сравнению с эффективностью других измельчающих машин подготовительного цикла. Такое сопоставление, полученное на базе учета энергии, теоретически необходимой для выполнения той или иной стадии измельчения, позволит с большим основанием вести поиски более рациональных способов приложения нагрузок к волокну, поисков новых принципов размола.

Несмотря на широкое использование размалывающего оборудования принимающиеся до настоящего времени методы его расчета носят полуэмпирический характер и не имеют общей теоретической базы, основанной на едином физическом подходе. Развитая в последнее время гидродинамическая концепция взаимодействия размалывающих элементов с волокнами в ножевых машинах, рассматривающая взаимодействие ножевых элементов на волокна как результат многократного приложения гидродинамических давлений в зазоре между ножами и других гидродинамических воздействий в проточных каналах гарнитуры, не в состоянии, по нашему мнению, ответить на многочисленные вопросы, связанные с конструированием размалывающих машин, выбором оптимальных конструктивных параметров и режимов работы, а во многих случаях противоречат экспериментальным и эксплуатационным результатам работы мельниц.

Принципиальный характер имеет ответ на вопрос о тех предельных возможностях в отношении удельной энергоемкости и производительности, которыми обладает тот или иной принцип работы. Это относится к таким факторам воздействия на волокна как сжимающая и сдвиговая составляющие усилий, действующих в зоне обработки, роль гидродинамических эффектов, сопровождающих процесс размола массы в ножевых машинах при низкой концентрации. Иными словами, требуется разработка физической концепции взаимодействия размалывающих элементов с волокнистым материалом, наиболее полно соответствующая технологическим результатам.

При создании размалывающих машин одной из основных задач является разработка таких конструктивных решений, которые обеспечивают необходимое качество размола при минимуме энергозатрат. Решение этих задач чисто экспериментальными средствами путем перебора различных конструктивных исполнений и параметров обычно весьма трудоемко и связано с затратами больших времени, сил и финансов. Такой путь не оправдывает себя

ни технически, ни экономически, с его помощью можно решать только частные, а не перспективные задачи. Разработка ряда фундаментальных подходов к рассмотрению механики поведения водно-волокнистой среды в широком диапазоне концентраций в различных машинах и аппаратах ДБП дает возможность выполнить принципиально новую постановку вопроса о механизме взаимодействия размалываемого материала с рабочими элементами размалывающих машин.

Все сказанное выявляет актуальность проблемы разработки теоретических основ размола волокнистых материалов в машинах с ножевой гарнитурой на основе обобщенной физической модели взаимодействия рабочих элементов с волокнистым материалом с целью оптимизации процесса размола, научного обоснования методов расчета, выбора оптимальных параметров и путей совершенствования машин. В данной работе в качестве физической концепции механического взаимодействия принимается вязкоупругое деформирование волокнистого материала рабочими элементами с одновременной фильтрацией воды через деформируемую волокнистую среду.

История бумаги

Как вы уже знаете, [бумагу изобрели в Китае](#). Китайцы делали ее из размоченных растительных волокон. В Европу бумага попала между 1000 и 1100 годами. Оказалось, что ее можно делать из дерева, тряпок и даже... из старой бумаги - макулатуры. Так оказалось, что бумагу можно было использовать дважды!

Как же делают бумагу в наши дни?

Бумагу производят на бумажных фабриках.



Бумажная фабрика

Основным сырьем для производства бумаги является древесная целлюлоза. Целлюлозу получают из лесных пород: в основном из ели, сосны и березы, но используют также эвкалипт, тополь, каштан и другие деревья.

На фабрике машины сдирают с них кору, измельчают в щепки.



Самый экономичный способ получения древесной целлюлозы - механический: на деревообрабатывающем предприятии лесоматериалы измельчаются до крошки, которая смешивается с водой. Бумага, изготовленная на основе такой целлюлозы, непрочна и чаще всего идет на производство, например, газет.

Бумагу более высокого качества делают из целлюлозы, полученной химическим способом. Из такой древесной массы изготавливают бумагу для книг, брошюр и модных журналов, а также прочные оберточные материалы.

В этом случае щепки сортируют по размеру на специальных ситах и отправляют в варку. Варят дерево в специальных машинах, куда добавляют кислоту.

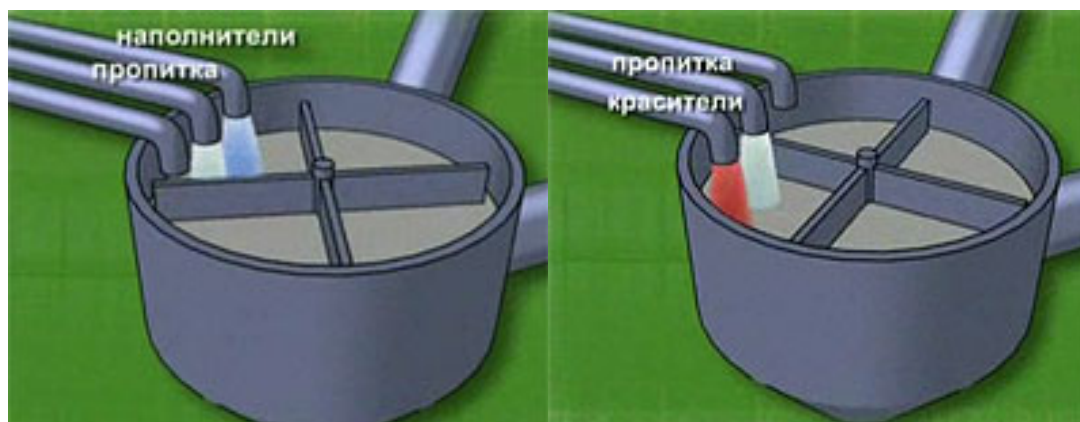


Очищенную и разваренную древесину фильтруют и промывают, чтобы очистить от примесей.

К обрабатываемой бумажной массе может быть добавлена макулатура, но лишь после удаления чернил. На этом этапе производства обрабатываемая масса, состоящая из древесных волокон и воды, называется бумажным сырьем.

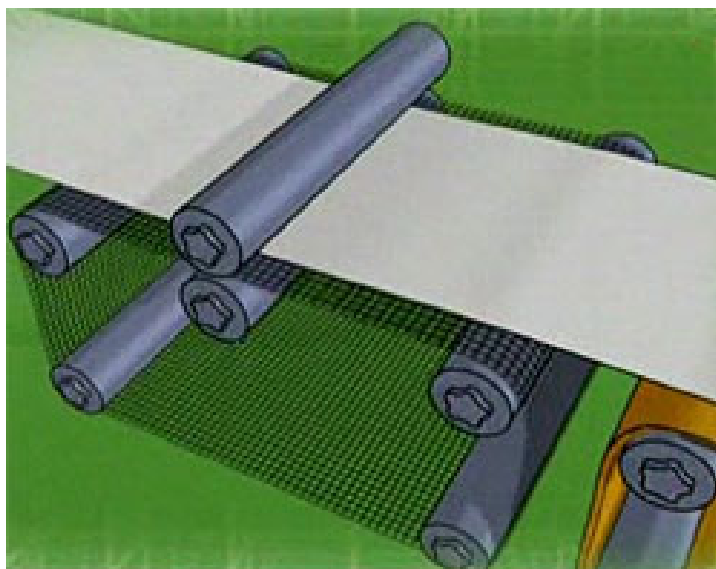
Затем на специальной перерабатывающей машине меняются форма и структура бумажных волокон. Для этого к бумажному сырью добавляют дополнительные вещества. Например, клеи - их присутствие в писчей бумаге отталкивает влагу. Или смолы - благодаря им, написанное на бумаге чернилами на водной основе, не растекается и легко распознается человеческим глазом. Бумага, используемая для печатания, не требует такого проклеивания, как писчая, потому что печатные краски готовятся не на водной основе и не растекаются.

После этого бумагу окрашивают в смесителе, куда добавляют красители или пигменты, - например, мелко размельченные вещества для мелования. Так, добавки каолина делают бумагу белой и непрозрачной.

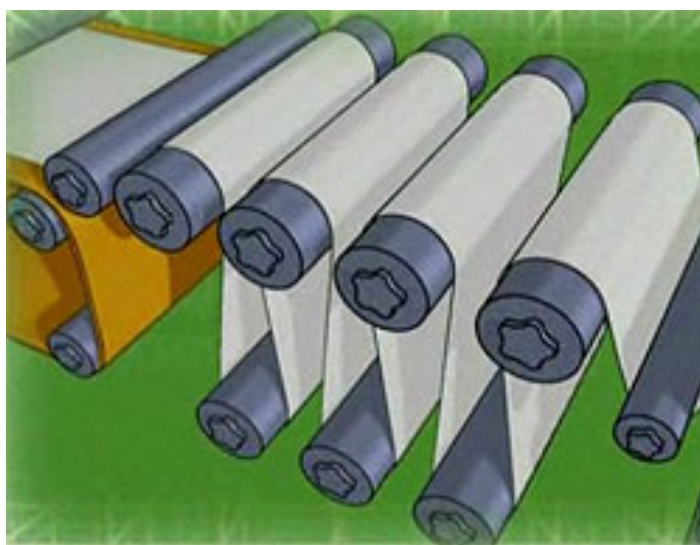


Бумажная масса, превращенная в кашицу, попадает в бумагоделательную машину.

Сначала кашица выливается на сетку бумагоделательной машины. Эта сетка натянута на два вала и все время вращается, перенося бумажную кашицу вперед. На сеточном участке начинается образование бумажного полотна, называемое формованием листа. Это происходит благодаря удалению воды из волокнистого материала. По мере продвижения бумажной массы по ленточному конвейеру часть содержащейся в ней воды вытекает через ячеистые отверстия, и бумажные волокна начинают сплетаться друг с другом, образуя так называемую рулонную ленту.



Сырая бумажная лента проходит через целый ряд валиков. Одни валики отжимают воду, другие, обогреваемые изнутри паром, высушивают ее, третьи полируют.



В конце сеточного участка еще сырое бумажное полотно перемещается в секцию прессования, которую также называют "мокрым прессованием". Там бумажное полотно механически обезвоживается и еще больше уплотняется.

Наконец ровная белая лента выходит из машины и наматывается в огромный рулон.



Потом эти рулоны отправляют в типографии или режут на листы.

Так, переходя из машины в машину, дерево превращается в белую и чистую бумагу.

А знаете ли вы...

Для изготовления 1 тонны бумаги нужно $5,6 \text{ м}^3$ древесины. Если учесть, что средний объем одного бревна (дерева) - $0,33 \text{ м}^3$, то для производства 1 тонны бумаги требуется 17 деревьев.

А из 1 тонны бумаги можно изготовить порядка 30 тысяч обычных ученических тетрадей

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ

Процесс размола всегда привлекал к себе самое пристальное внимание как исследователей, так и производителей. Классическое определение, что "бумага делается в роллах", полностью сохранило свое принципиальное значение. Правда, роллы уступили свое место коническим и дисковым

мельницам-машинам непрерывного действия. Однако принцип воздействия на волокно сохранился.

В последние годы интерес к исследованиям процесса размола сильно возрос, что объясняется повышением требований к качественным показателям массы, вследствие увеличения скоростей и ширины бумагоделательных машин, при одновременном качественном снижении свойств исходного сырья (использование коротковолокнистых пород древесины, отходов лесопиления и т.п.). О динамике ухудшения свойств волокнистой массы (на примере писчих и печатных бумаг) свидетельствует резкое уменьшение средней длины волокна с 2,5 мм в XV веке до 1,27 мм - в XIX и 0,77 мм - в середине XX века. Немалое значение имеет и стремление к снижению удельного расхода энергии на размол, который колеблется, по данным С.Н.Иванова и В.Брехта, от 36 до 13000 МДж/т.а.с.

Ван ден Аккер на основе теоретического анализа определил значение минимально необходимой энергии на размол порядка 1,45 ВДж/т, то есть требуется всего от 0,1 до 1% энергии в рафинере на чистый эффект отделения элементарных фибрилл от волокна. Аналогичный анализ энергетики размола выполнен в работе. Даже с учетом того, что в процессе размола раскрывается далеко не вся поверхность межфибриллярных контактов, следует признать, что КПД процесса размола в современных машинах весьма незначителен. Столь малая эффективность размалывающих машин объясняется, очевидно, сравнительно малой целенаправленностью, значительной хаотичностью процесса воздействия на волокна.

Цель процесса размола, по С.Н.Иванову , состоит в том, чтобы:

1. Придать волокнистому материалу определенную структуру в отношении размеров по длине и толщине, а также по фракционному составу для обеспечения желаемого строения и плотности бумаги;

2. Сообщить материалу определенную степень гидратации - развитие поверхности, пластичности и других свойств, от которых зависит создание в бумаге межволоконных связей и многие свойства бумаги: механическая прочность, объемный вес, впитывающая способность и др.

Стинберг отмечает, что процесс размола можно рассматривать как частный случай общего процесса "увеличения площади поверхности твердых тел" или "как уменьшение размеров". Такой процесс известен как расчесывание и истирание или, еще более общий термин - дробление.

И.Чаверина, рассматривая механизм образования прочности листа, полагает, что процесс размола состоит:

- 1) в развитии внешней поверхности для получения связующей способности;
- 2) в увеличении гибкости волокон за счет изменений в их внутренней структуре.

В этой связи автор дает следующее определение процесса: "размол - это механическое действие, которое в присутствии воды модифицирует волокна растительного происхождения, благоприятствуя формированию и развитию связей между волокнами при изготовлении бумаги".

Следует отметить, что авторы единодушны в своей оценке назначения и целей размола, как некоего механического процесса, призванного развить бумагообразующие свойства волокон. Однако там, где дело касается процессов, происходящих с волокном при размоле, а также механизма воздействия на него в размалывающих машинах, мы встречаемся с самыми разнообразными, порой диаметрально противоположными точками зрения. Это обуславливается, во-первых, недостаточной изученностью структуры, физико-механических и физико-химических свойств волокна и, во-вторых, недостаточным знанием силовых и энергетических факторов, определяющих видоизменение структуры волокна в размалывающих машинах.

Анализ литературы по размолу бумажной массы позволяет выявить два главных направления в подходе к этому вопросу:

1. Описание размола с точки зрения видоизменений в структуре волокон и влияние этих видоизменений на характер и причины связей между волокнами в готовом бумажном листе;
2. Исследование и описание механики размола в размалывающих машинах для выявления определяющих силовых, энергетических и конструктивных факторов и влияния их на видоизменение структуры волокон.

Основные теории процесса размола

Многочисленные теории размола, начавшие появляться в систематизированном виде с конца 19 века, служат хорошей иллюстрацией к развитию первого направления. В этой связи можно сказать, что термин "теория размола" синонимичен термину "теории связи в бумаге". Наиболее ранние воззрения исходили из чисто механического объяснения причин изменения свойств массы в процессе размола. Считали, что волокна при размоле становятся тоньше и приобретают определенную упругость, что и сказывается на улучшении прочностных свойств бумаги в процессе ее формирования.

Диаметрально противоположных взглядов придерживались представители химической теории размола Кросс и Бивен, Швальбе. Авторы полагали, что поверхностный слой волокон химически реагирует с водой, образуя желатинообразный гидрат целлюлозы. Отсюда и произошел термин "гидратация целлюлозы", который используется по сей день, хотя в него вкладывается несколько иной смысл. Швальбе считал, что при размоле возникает оксигеллюлоза и гидроксигеллюлоза в виде клейкой слизи, которая и вызывает скрепление волокон в высушенном бумажном листе.

Последующие исследователи Зотова и Грингауз, Симмондс, Янг и Роулэнд показали, что химических изменений в волокне до и после размола не

происходит. На основании этих и ряда других работ химическая теория размола была отвергнута, как не подтвержденная опытами.

Наряду с химической теорией развивались представления о преобладающем влиянии физических факторов в процессе размола и последующего бумагообразования. Например, Накано полагал, что изменения, возникающие как при набухании целлюлозы во время размола, так и образование связей между волокнами при удалении воды, имеют исключительно физический характер. Наиболее полное завершение это направление получило в работе Отречена, которым предложена физическая теория размола. По Стречену, гидратация при размоле, в действительности, является фибриллированием поверхности волокон, что создает огромное увеличение наружной удельной поверхности волокна и количества воды, которое удерживается в сетке волокна. При формировании волокон в бумагу фибриллки и более мелкие частицы переплетаются, в результате чего образуется очень прочный и плотный лист.

Фибриллирование является результатом механического давления на волокна в размалывающей машине. Для объяснения явления фибриллирования Отречен выдвинул электронную теорию, согласно которой отделение фибриллы от поверхности волокна требует определенной затраты энергии, количество которой зависит от величины силы, связывающей кристаллиты целлюлозы. Другой представитель физической теории размола Кембелл высказал мнение, что прочность бумажного листа обеспечивается корешим контактом волокон, который достигается при удалении воды во время сушки за счет сил поверхностного натяжения.

Физическая теория не могла объяснить причину появления межволоконных связей в бумажном листе и потерю прочности бумаги после ее увлажнения. Для объяснения этих явлений Кембелл позже выдвинул физико-

химическую теорию "частичной растворимости" целлю-зы в воде и повторной кристаллизации целлюлозных цепей при сушке бумаги.

С объединением концепций Стречена и Кемпбелла выступил Кларк, который предложил так называемую универсальную теорию размола, которая более правдоподобно объясняла повышение прочности бумаги при размоле, но не смогла преодолеть шаткости гипотетической концепции "частичного растворения целлюлозы".

Перечисленные работы, а также ряд работ, касающихся изучения морфологического строения волокон, явились предпосылкой для создания современной теории размола. Основы ее были заложены работами Хинчина Я.Г., Эллиса и Бааса. Наиболее полно современную теорию размола сформулировали В.Н.Никитин, С.Н. Иванов, Хайэм. В соответствии с этой теорией характер межволоконных связей в бумажном листе подобен межмолекулярным побочным связям цепей целлюлозы, которые осуществляются через водородные мостики. Водородные мостики связывают свободные гидроксилы целлюлозных молекул двух соседних волокон. Такие связи возникающие на расстоянии между атомами 2,55 - 2,75 А, являются основными при формировании прочности листа. Они имеют адгезионный характер. Наряду с этим, в бумаге могут проявлять свое действие и когезионные силы, возникающие при взаимном сцеплении близко соприкасающихся поверхностей. Эти силы сцепления меньше по величине, чем силы, обусловленные водородными связями, проявляются в бумаге из древесной массы, в волокнах которой целлюлоза блокирована лигнином. При расстояниях более 3 А возможно возникновение сил Вандер-Ваальса.

По мнению автора, наибольшее влияние на прочность бумаги оказывает первая часть формулы. Это свидетельствует о важности процесса размола, призванного освободить максимальное количество связей, участвующих в процессе листообразования. Увеличение количества связей достигается за счет:

1) внешнего фибриллирования, которое сильно прогрессирует уже на первых стадиях размола после удаления первичной степени;

2) набухания и адсорбции воды поверхностью волокна;

В) внутреннего фибриллирования, увеличивающего, наряду с адсорбцией воды, гибкость и пластичность волокна.

Таким образом, в настоящее время имеется достаточно ясная качественная картина явлений, происходящих с волокном при размоле и формовании полотна.

Количественная характеристика размола определяется совокупностью большого комплекса показателей, основанными из которых являются:

- степень помола, определяемая на аппарате Шоппер-Риглера (или аналогичных аппаратах канадского стандарта, ймсета и др.), характеризующая размол по изменению фильтрационных свойств массы

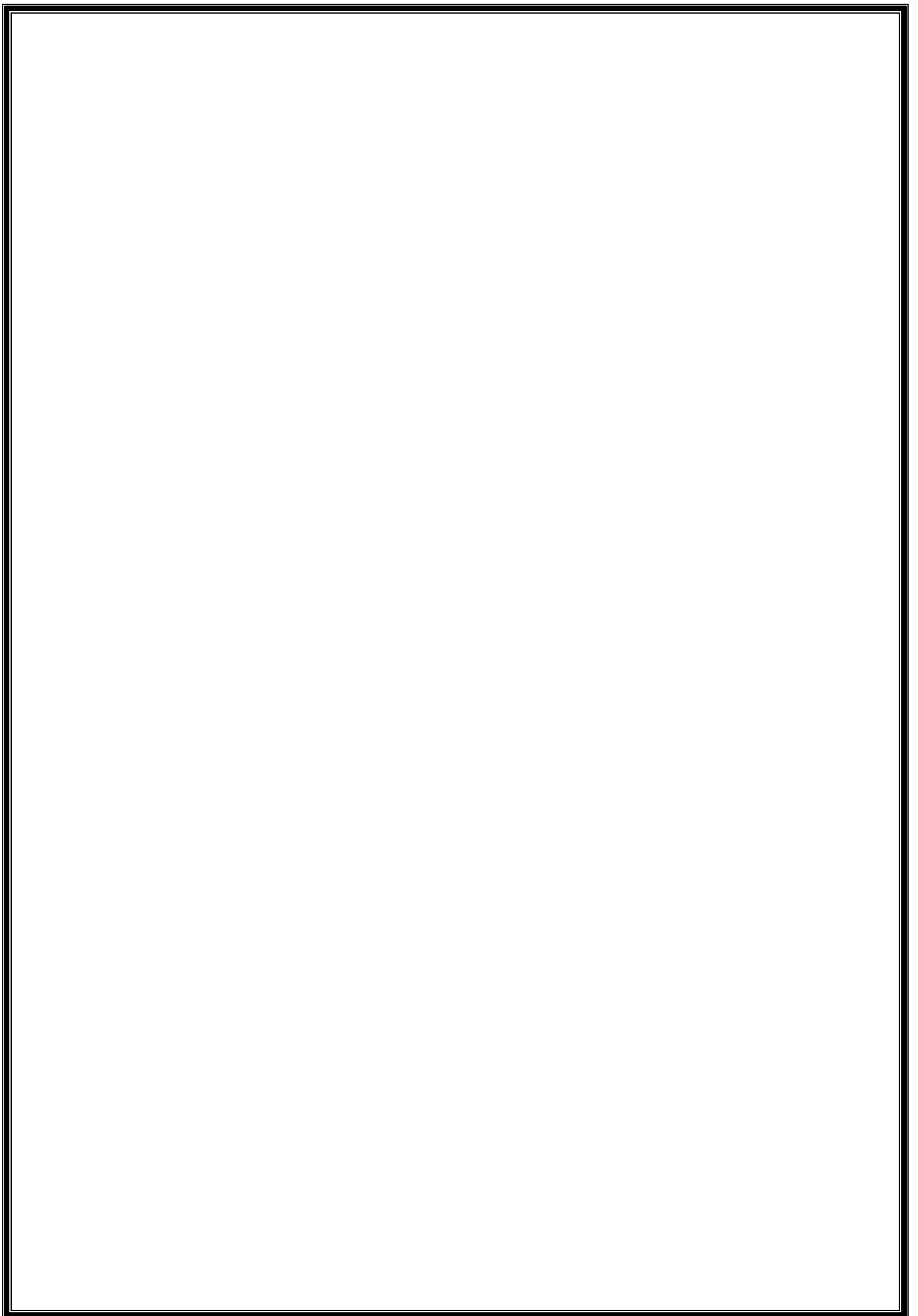
- фракционный состав массы;

- средняя длина волокна;

- механические свойства отливок (разрывная длина, сопротивление раздиранию и продавливанию, число двойных перегибов).

Эти показатели лишь косвенно определяют видоизменения, претерпеваемые волокнами при размоле. Каждый из показателей, взятый в отдельности, дает сугубо одностороннюю характеристику бумажной массы.

Отсутствие однозначного критерия оценки размола является наиболее существенным тормозом в развитии теории работы и методики расчета размалывающих машин, и в частности машин с ножевой гарнитурой.



Измельчение целлюлозы

Измельчение целлюлозы (в мокром или сухом состоянии) производится на агрегатах различной конструкции. В зависимости от способа проведения процесса получают продукт с различными показателями. Примечательно, что при размалывании мокрой целлюлозы происходит преимущественно дефибрилизация материала без заметного снижения степени полимеризации, в то время как при измельчении сухой целлюлозы в сильной степени проявляются оба эффекта.

Для измельчения целлюлозы, асбеста в последнее время находят широкое применение дисковые мельницы. Зазор между диском и статором составляет 0 5 мм.

При измельчении мокрой целлюлозы, как видно из рентгенограммы, получается гидратцеллюлоза. Что касается снижения молекулярного веса, то в результате изменения показателя вязкости растворов, полученных из преператов, подвергнутых измельчению в течение различного времени, наблюдается следующая картина. В первые часы измельчения резко снижается вязкость целлюлозы (почти наполовину), а затем уменьшение степени полимеризации идет медленно. После определенного времени измельчения устанавливается какая-то средняя степень полимеризации, которая при дальнейшем измельчении целлюлозы практически не изменяется. Сорбция красителей продуктами диспергирования полиэтилентерефталата с охлаждением (1, 2 и без охлаждения (3, 4. Следовательно, по мере измельчения целлюлозы или фенопласта на поверхностях раскола накапливаются обрывки молекулярных цепей полимера, способные растворяться в NaOH, но масса полимера при этом практически не меняется. Процессы, происходящие при измельчении целлюлозы, полностью еще не изучены. Их появление трудно объяснить, так как они образуются даже при измельчении целлюлозы в среде инертного газа. По Линдбергу 31, протекание

гидролитических процессов весьма возможно при измельчении мокрой или влажной целлюлозы, так как очень трудно предотвратить местный нагрев субмикроскопических областей. Данные Барамбойма 32, а также Берлина 33 подтверждают эти наблюдения.

Модель стренги кристаллита (по Трайберу. Хотя указанные размеры получены в электронном микроскопе после измельчения целлюлозы, нет сомнений, что кристаллитные стренги действительно являются природными структурными элементами. Однако все же часто высказывается мнение, что на электронно-микроскопических снимках обычно имеют дело со структурами продуктов деструкции. Тем не менее Рэнби утверждает, что кристаллитные стренги с поперечным размером до 100 А являются действительными структурными элементами.

Измельчитель непрерывного действия. Изменяя расстояние между дисками, можно регулировать степень измельчения целлюлозы. Калька (восковка, копировальная бумага), похожая на жиронепроницаемую, производится путем продолжительного измельчения целлюлозы с целью получения высокой прозрачности. Эта товарная позиция также включает другие типы кальки.

Подобная бумага (имитация жиростойкой бумаги), но имеющая менее выраженные жи-роотталкивающие свойства, получается, когда измельчение целлюлозы менее продолжительно и гидролиз волокон не доведен до конца. Для увеличения прозрачности и обеспечения высококачественной отделки в бумажную массу добавляют парафиновый воск или стеарин. Изменение предела прочности при растяжении бу-тадиен-стирольного каучука и сырых резиновых смесей 2 на его основе. Механокрекинг и механодеструкция должны обязательно учитываться при изготовлении полимерных композиций механическим смешением полимеров с различными ингредиентами. Так, по мере измельчения целлюлозы возрастает ее частичная растворимость и щелочах, что может привести к неоправданному увеличению

потерь в вискозном - производстве на стадии получения щелочной целлюлозы. В воздушной среде и в неполярной жидкости (бензин) волокнистые и клеточные структуры измельчаются с образованием частиц с малой асимметрией на всех стадиях измельчения. Аналогичную картину дает в подобных условиях и измельчение целлюлозы.

На практике вибрационные мельницы не применяются, а используемые мельницы не так эффективны. Исследованиями Леберинга 34 установлено, что при измельчении мокрой целлюлозы (содержание целлюлозы в суспензии 8 %) в течение 4 ч в применяемых им мельничных аппаратах степень полимеризации снижалась в среднем на 60 % от начальной. В воздушной среде и в неполярной жидкости (бензин) волокнистые и клеточные структуры измельчаются с образованием частиц с малой асимметрией на всех стадиях измельчения. Заметим, что аналогичную картину дает в подобных условиях и измельчение целлюлозы. Процессы, происходящие при измельчении целлюлозы, полностью еще не изучены. Их появление трудно объяснить, так как они образуются даже при измельчении целлюлозы в среде инертного газа. По Линдбергу 31, протекание гидролитических процессов весьма возможно при измельчении мокрой или влажной целлюлозы, так как очень трудно предотвратить местный нагрев субмикроскопических областей. Данные Барамбойма 32, а также Берлина 33 подтверждают эти наблюдения.

С другой стороны, известно, что увеличение удельной поверхности вследствие уменьшения макромолекулярных цепей сообщает обработанным полимерам растворимость, которой исходные продукты не обладают. Это имеет важное значение и должно приниматься во внимание в соответствующих технологических процессах. Так, при измельчении целлюлозы образуются фракции повышенной растворимости в щелочах, что вызывает неоправданные потери при производстве вискозы на стадии получения щелочной целлюлозы.

Упомянутое явление играет большую роль и при производстве бумаги и картона.

Механокрекинг и механодеструкция должны обязательно учитываться при изготовлении полимерных композиций механическим смешением полимеров с (различными ингредиентами. При измельчении полимеров, неизбежно сопровождающимся механодеструкцией, необходимо учитывать не только допустимый предел измельчения, основываясь на зависимости $M_f(S)$, но и образование низкомолекулярных фракций и продуктов, приобретающих не предусмотренную в данном техно логическом процессе растворимость, которой не обладает исходный полимер. Так, по мере измельчения целлюлозы возрастает ее частичная растворимость в щелочах, что может привести к неоправданному увеличению потерь в вискозном производстве на (стадии получения щелочной целлюлозы. Состав продуктов сухой перегонки хлопковой целлюлозы. Как показали проведенные исследования, процесс механической деструкции целлюлозы характеризуется некоторыми особенностями, сравнительно с деструкцией по другим методам. Преимуществом этого аппарата перед другими типами измельчителей является отсутствие нагревания при измельчении целлюлозы, благодаря чему побочные процессы (термическая и окислительная деструкция) почти полностью исключаются.

Затем ее измельчают, смешивая при этом с другими реагентами. Другой метод, предложенный фирмой Kalle A. G. [8], заключается в том, что после слива избытка мерсеризационной щелочи целлюлозную массу подают в двухвинтовой шнековый пресс, в котором благодаря прямоугольному профилю резьбы винтов создается высокое давление и происходит измельчение целлюлозы. Добавление в описанные выше аппараты небольших количеств органических жидкостей, не растворяющих реагенты, облегчало проведение процесса, способствовало равномерному распределению монохлоруксусной кислоты или ее соли и получению высококачественного продукта. Тщательное

измельчение целлюлозы позволяет получать более однородные смеси. Поскольку находящаяся в реакционной смеси вода распределяется между водной и органической фазой, целесообразно использовать полярные органические жидкости.

Бутяган [60] обнаружил методом ЭПР свободные радикалы при механической деструкции карбоксиметилцеллюлозы. Кляйнерт и Мортон [61] использовали ЭПР-спектроскопию для изучения свободных радикалов в механически обработанной древесине. Они установили, что концентрация свободных радикалов возрастает с уменьшением размера частиц древесины. Урбанский [62] наблюдал спектр ЭПР при измельчении целлюлозы в агатовой ступке. Возникшие свободные радикалы быстро исчезали при взаимодействии с водой.

Затем ее измельчают, смешивая при этом с другими реагентами. Другой метод, предложенный фирмой Kalle A. G. [8], заключается в том, что после слива избытка мерсеризационной щелочи целлюлозную массу подают в двухвинтовой шнековый пресс, в котором благодаря прямоугольному профилю резьбы винтов создается высокое давление и происходит измельчение целлюлозы. Добавление в описанные выше аппараты небольших количеств органических жидкостей, не растворяющих реагенты, облегчало проведение процесса, способствовало равномерному распределению монохлоруксусной кислоты или ее соли и получению высококачественного продукта. Тщательное измельчение целлюлозы позволяет получать более однородные смеси. Поскольку находящаяся в реакционной смеси вода распределяется между водной и органической фазой, целесообразно использовать полярные органические жидкости

Показатели качества писчей бумаги по ГОСТ 18510-87

Показатель	Номер бумаги				Метод испытания
	NO	N1A	N1BIC	N2	

Масса 1м ² бумаги, г	60,0	-		63,0	по ГОСТ 1319-88
	65,0	65,0		-	
	70,0±3,0	70,0±3,0	70,0±3,0	-	
	80,0±4,0	80,0±4,0	80,0±4,0	-	
Степень проклейки, не менее 1 мм	1,6	1,4	1,2	1,2	по ГОСТ 8049-62
Разрывная длина в среднем по 2 направлениям, м, не менее	3200	3500	2700	2400	по ГОСТ 13521-79
Гладкость бумаги, с: каландрированной маш. гладкости	100-220	100-220	80-250	90-200	по ГОСТ 12795-89
	-	30-80	-	-	
Белизна, 150% не менее без оптич. отбел	80,0	79,0	77,0	64,0	по ГОСТ 30113-9
	85,0	85,0	80,0	-	
Непрозрачность, %, не менее Для бумаги массой СО в 1м ²	90,0	90,0	90,0	94,0	по ГОСТ 8874-80
	85,0	-	85,0	-	
Влажность, %	5±1,0	5±1,0	5±1,0	6±1,5	по ГОСТ 13525,19-9
Сорность – число соринок на 1м ² площадь св. 0.1 до 0.5 мм ² . Соринки пл.св. 0.5	80			200	по ГОСТ 15525.4-68
		80	125		
	Не допускается				

мм ² .				
Число соринки на 1 м ² площадью:	-	-	110	-
Св 0.1 до 0.5 мм ² вкл	-	-	5	-
Св 0.5 до 1.0 мм ² вкл	Не допускается			
Свыше 1.0 мм				

Разбивка ассортимента

20% 1) N0 60% хлопковой целлюлозы

40% сульфитной целлюлозы

30% 2) N1A 100% сульфитной целлюлозы

25% 3) N1B 1 сорт 80% сульфитной целлюлозы

20% макалатуры

25% 4) N2 70% сульфитной целлюлозы

30% древесной массы

В год изготавливается 19 тыс тонн продукции. В году 349 рабочих дней, 23 рабочих часа в сутки

1) Расчет по бумаге N0

19 000 – 100%

X – 20 % x = 3800 тонн/год

В сутки: $3800/349 = 10,888$ тонн/сут

В час: $10,888/23 = 0,47$ тонн/час

2) Расчет по бумаге N1A

19 000 – 100 %

X – 30% x=5700 тонн/год

В сутки: $5700/349 = 16,332$ тонн/сут

В час: $16,332/23 = 0,71$ тонн/час

3) Расчёт по бумаге N1B 1 сорт

19 000 – 100 %

X – 25% x=4750 тонн/год

В сутки: $4750/349 = 13,61$ тонн/сут

В час: $13,61/23 = 0,59$ тонн/час

- 4) Количество производимой бумаги N2 аналогично количеству бумаги N1B
1 сорт

Расчёт сырья

- 1) Расчет сырья по бумаге N0

Хлопковая целлюлоза	сульфитная целлюлоза
10,888 - 100%	10,888 - 100%
X – 60%	X – 40%
X = 6,532 т/с	X = 4,355 т/с

- 2) Расчет сырья по бумаге N1A

100% сульфитной целлюлоза = 16,332 т/с

- 3) Расчет сырья по бумаге N1B

сульфитная целлюлоза	макалатура
13,61 - 100%	13,61 - 100%
X – 80%	X – 20%
X = 10,888 т/с	X = 2,722 т/с

- 4) Расчет сырья по бумаге N1B

сульфитная целлюлоза	макалатура
13,61 - 100%	13,61 - 100%
X – 70%	X – 30%
X = 9,527 т/с	X = 4,083 т/с

Расчёт ассортимента

N бумаги	Вырабатывается тонн		
	В год	В сутки	В час
N0	3800	10,888	0,47
N1A	5700	16,332	0,71
N1B 1 сорт	4750	13,61	0,59
N2	4750	13,61	0,59
Итого	19000	54,44	2,36

Общий расход сырья для получения писчей бумаги в сутки

Вид сырья	теоретически	Практически с учетом 3% потерь
Хлопковая целлюлоза	6,532 тонн	6,727 тонн
сульфитная целлюлоза	41,102 тонн	42,335 тонн
макалатура	2,722 тонн	2,803 тонн
древесная масса	4,083 тонн	4,205 тонн

При производстве писчей цветной бумаги её окрашивают в светлые тона различных цветов. Расход красителя при этом колеблется от 0,2 до 5,0 кг/т бумаги в зависимости от вида применяемого красителя и желаемой интенсивности окраски. Для получения равномерной окраски краситель рекомендуется добавлять в бумажную массу в виде профированных растворов. В качестве красителя будем использовать прямой краситель голубого цвета. Будем окрашивать 50% от общей массы бумаги. Расход краситель на бумагу NO составляет 0,3 кг/т.

Добавляем Na_2CO_3 – 0.1% от массы

NaCl – 1.0% от массы

10,888 – 100%

X – 50% $x = 5,44$ т/сут

Вид бумаги	Химические материалы			
	Пропитка		Наполнитель	
	В сутки	В год	В сутки	В год
Бумага N0	0,435	151,815	1,625	567,125
Бумага N1A	0,326	113,774	2,437	850,513
Бумага N1B	0,204	71,196	2,029	708,121
Бумага N2	0,204	71,196	2,029	708,121
Итого	1,169	707,981	8,12	2833,88

Техническая характеристика

Параметр	Величина
Вид вырабатываемой продукции:	
-бумага легкомелованная офсетная массой, г/м ²	50-80
Обрезная ширина, мм	2520
Скорость машины, м/мин:	
-конструктивная	1000
-рабочая расчетная	600-800
-вспомогательная	20-30
Минимальная производительность, т/сут	140
Габаритные размеры, мм	
-длина	84025
-ширина (с приводом)	11780
-высота	12500
Масса, т	1200

Наименование оборудования	Количество машин		Σ машин
	Для изгот.вл.	Для изгот.вл.	

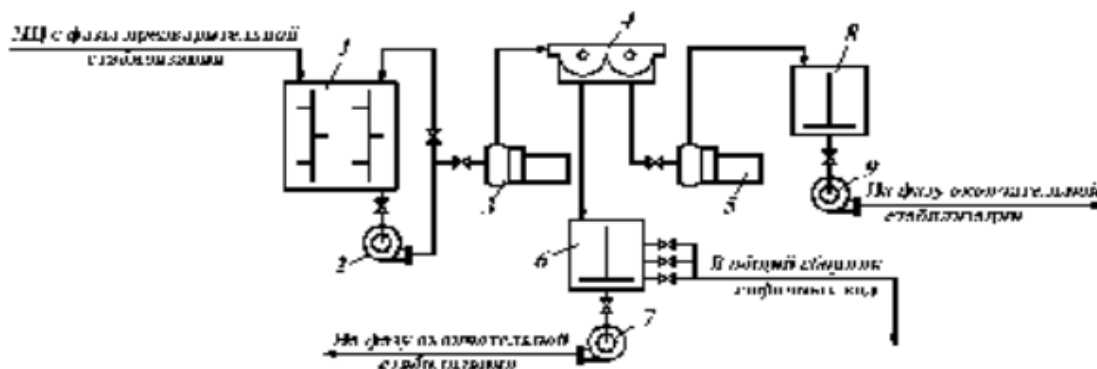
	бумаги без макулатуры	бумаги с макулатурой	
1. Гидроразбиватель	1 м	1 м	2 м
2. Мельница	2 м	2 м	4 м
3. Центроклипер	7 м	2 м	9 м
4. Изготовитель	5 м	1 м	6 м
5. ГНС	-	1 м	1 м
6. БДМ	-	1 м	1 м

Фаза измельчения нитратов целлюлозы

В производстве используется фактически непрерывный способ измельчения нитратов целлюлозы с помощью дисковых мельниц в несколько ступеней (не менее двух). Измельчение в этих мельницах происходит в результате прохода нитратов целлюлозы в зазор между двумя дисками, один из которых неподвижен – статор, второй вращается (ротор) с окружной скоростью $V=30$ м/с. На первой ступени устанавливается зазор 0,1 – 0,12 мм, на второй – 0,07 – 0,08 мм. Технологическая схема фазы измельчения показана на рис. 19.

Технологическая схема фазы измельчения нитратов целлюлозы:

1 – agitator; 2,9 – массонасос; 3 – мельница первой ступени измельчения; 4 – барабан-сгуститель; 5 – мельница второй ступени измельчения; 6 – сборник сифонных вод; 7 – насос; 8 – сборник



Согласно этой схеме нитраты целлюлозы с фазы предварительной стабилизации поступают в agitator 1 (емкость с планетарной мешалкой). Из agitатора их суспензия концентрацией 2 – 3 % подается массонасосом 2 по кольцевому массопроводу с отбором в мельницу первой ступени измельчения 3, где происходит предварительное измельчение нитратов целлюлозы. После первой ступени измельчения суспензия подается за счет насосного эффекта

мельницы в барабан-сгуститель 4, сгущается до концентрации 5 – 8 % и самотеком поступает на мельницу второй ступени измельчения 5. Измельченные нитраты целлюлозы за счет насосного эффекта мельницы подаются в емкость с мешалкой для сбора измельченного продукта 8, откуда насосом 9 перекачиваются на фазу окончательной стабилизации. Вода, отделяющаяся от нитратов целлюлозы в барабане-сгустителе 4, поступает в сборник сифонных вод 6, откуда стекает в общий сборник сифонных вод (собираются воды с других фаз), а осевшие в сборнике нитраты целлюлозы насосом 7 периодически возвращаются на фазу окончательной стабилизации.

На основании разработанной теории процесса диспергирования бумажной массы, с учетом зонной модели было принято решение усилить влияние механического фактора воздействия на волокно в роторно-пульсационном аппарате, созданном на базе центробежного насоса. Конструкция аппарата, с дополнительной зоной рифления представлена на рис.1.

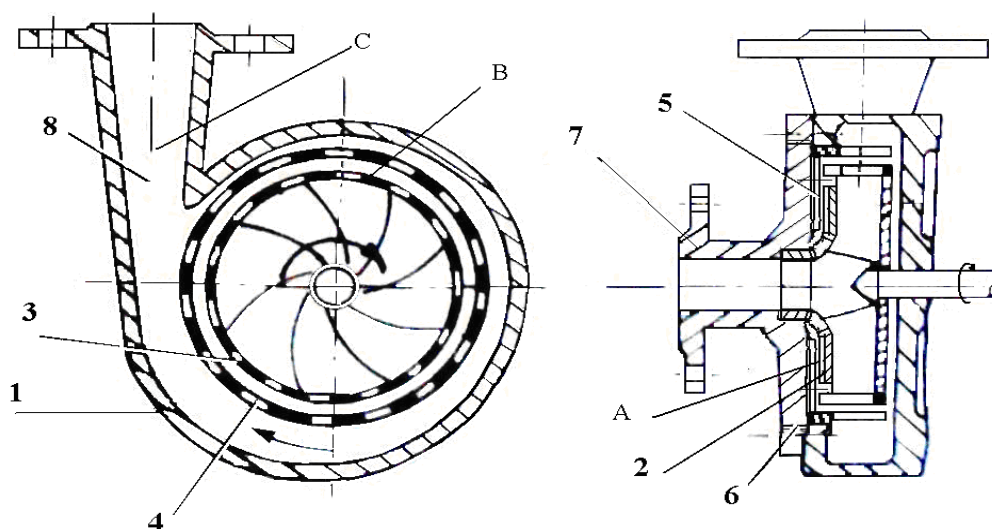


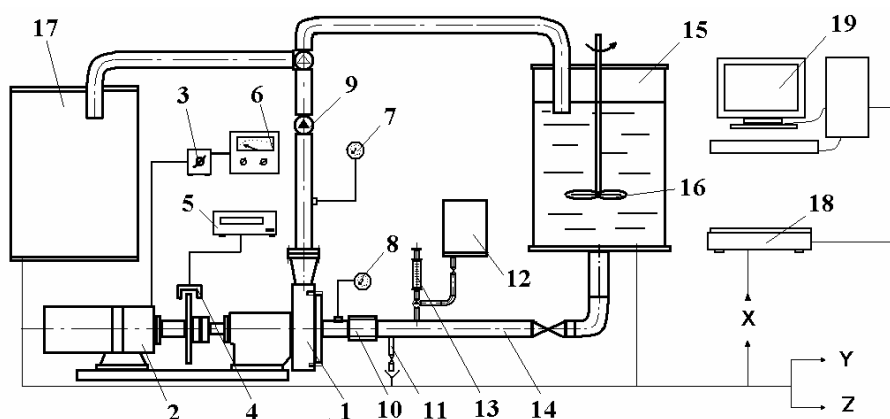
Схема роторно-пульсационного аппарата:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – кольцо ротора; 4 – кольцо статора; 5 – рифления на роторе и статоре; 6 – резьбовое соединение для регулировки зазора между рифлёной частью ротора и статора; 7 – входной патрубков; 8 –

выходной патрубков; А – зона рифления в горловинообразной части ротора и статора; В – зона радиального зазора между кольцами; С – зона отвода

Для исследования процесса диспергирования бумажной массы в роторно-пульсационном аппарате использовалась экспериментальная установка (рис. 2). Исследования проводились с использованием суспензий на основе сульфатной белёной целлюлозы хвойных и лиственных пород, а также макулатуры.

Степень диспергирования бумажной массы определялась процентным содержанием нераспущенных пучков волокон. Обработка проб производилась на специальном оборудовании, которое позволяло разделить пучки от общей массы. В процессе проведения экспериментов контролировались длина волокна и степень помола.



Экспериментальная установка для диспергирования бумажной массы:

1 – роторно-пульсационный аппарат; 2 – электродвигатель постоянного тока; 3 - блок тиристорного преобразователя; 4 - оптический датчик, 5 – тахометр; 6 – ваттметр; 7 - манометр; 8 – вакуумметр; 9 – расходомер; 10 – подвижное соединение; 11, 14 – система стеклянных трубопроводов; 12 – бак для ввода наполнителя или красителя; 13 – дозирующий насос; 15 – ёмкость для обрабатываемой среды; 16 – мешалка; 17 – резервная ёмкость; 18 – сканирующее устройство; 19 – компьютер; X – отбор проб для измерения степени диспергирования; Y – отбор проб для измерения степени помола; Z – отбор проб для измерения длины волокна

В зависимости процентного содержания нераспущенных пучков волокон от мощности диспергирования в роторно-пульсационном аппарате, созданном на базе центробежного насоса:

$$c = a \cdot e^{b \cdot (N_{\Sigma} - N_N)}, \quad (6)$$

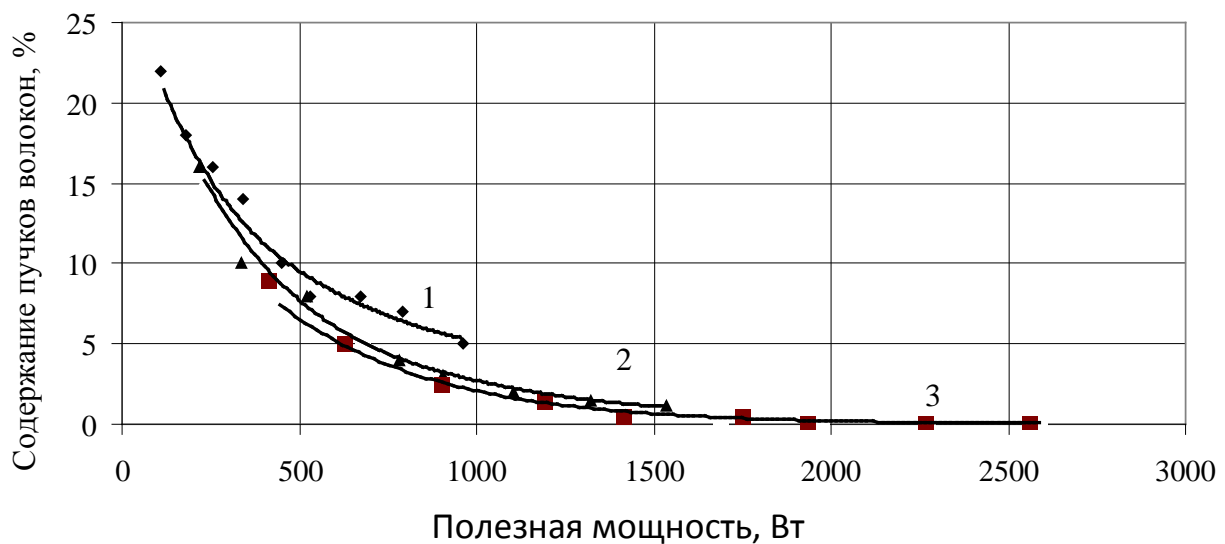
где a , b - коэффициенты, зависящие от вида используемого волокнистого сырья и определяющиеся экспериментальным путём.

Зависимость была получена с помощью компьютерной программы MathCAD путём проведения процедуры экспоненциальной регрессии.

Результаты расчётов, выполненные по формуле (6), и сопоставление их с экспериментальными данными позволили подтвердить правильность предложенной зависимости, так как относительная погрешность между теоретическими и экспериментальными результатами не превышала 15 %. Также не превысила допустимых для инженерных расчётов значений погрешность между теоретическими и экспериментальными результатами зависимости процентного содержания нераспущенных пучков волокон от полезной мощности аппарата.

Таким образом, подтверждена адекватность предложенной теоретической модели процесса диспергирования бумажной массы в роторно-пульсационном аппарате.

Результаты экспериментальных исследований, полученные при работе аппарата с различными геометрическими параметрами ротора и статора, представлены на рис..



Зависимость процентного содержания нераспущенных пучков волокон от полезной мощности:

Из рисунка видно, что с увеличением полезной мощности РПА процентное содержание нераспущенных пучков волокон снижается. Проведённые экспериментальные исследования в РПА с различными геометрическими параметрами ротора и статора позволяют утверждать об их влиянии на степень диспергирования бумажной массы. График также показывает резкое увеличение полезной мощности на конечной стадии диспергирования, когда требуется уменьшить содержание нераспущенных пучков ниже 1 %.

Заключение

Разработана физическая концепция механического взаимодействия рабочих элементов ножевых размалывающих машин с волокнистым материалом, впервые учитывающая двухфазность и вязко-упругое поведение обрабатываемой волокнистой среды. Развитие этой концепции позволило разработать основы теории размола в ножевых машинах, сформулировать научно-обоснованные технические решения по созданию этих машин, методам их расчета и направлениям совершенствования, что вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в целлюлозно-бумажном производстве.

На основе выдвинутой концепции выполнен теоретический анализ силовых и энергетических факторов в зоне размола, позволивший рассчитать общее давление на прослойку массы в виде суммы структурного давления, передаваемого через площадки контакта волокон друг с другом и нейтрального давления, создающего фильтрацию воды в порах между волокнами. Показано, что основное влияние на обработку оказывает структурное давление.

Теоретический и экспериментальный анализ роли механического и гидродинамического воздействия на волокна при размоле массы низкой концентрации показал, что определяющее значение для размола волокон имеет механическое воздействие, передаваемое волокнистым наслойкам передними участками рабочих поверхностей ножей в зоне максимальных давлений, протяженность которой определяется средней длиной волокна. Вклад гидродинамических воздействий невелик и не превышает 5-10% в общем балансе обработки волокна при работе мельниц в номинальном режиме.

На основе развитой теоретической концепции о ведущей роли механического воздействия на волокна в ножевых машинах разработаны зависимости для расчета и выбора важнейших конструктивных параметров

размалывающих машин таких, как диаметр гарнитуры, ширина и шаг ножей, относительные размеры размалывающей зоны, профиль межножевого зазора для массы высокой концентрации, скорость вращения ротора, мощность и производительность. Получено обобщенное выражение для расчета коэффициента эффективности размалывающей машины, позволяющее оценить влияние важнейших конструктивных параметров на экономичность работы ножевой размалывающей машины, выбрать оптимальные режимы ее эксплуатации и направления совершенствования.

Разработана методика машинного расчета производительности и числа мельниц для формирования технологического потока.

Введено понятие эффективного давления на волокна в межножевом зазоре, которое позволило:

- проанализировать влияние концентрации массы на процесс размола;
- обосновать необходимость и составить алгоритм последовательного снижения нагрузки мельниц при многоступенчатом размоле до высоких степеней помола;
- получить обобщенные зависимости для расчета кинетики измельчения в размалывающей машине в зависимости от условий размола и удельного расхода полезной энергии.

Впервые выполнен теоретический и экспериментальный анализ соотношения работ сжатия и трения в зоне контакта ножей. Показано, что работа трения в 2-8 раза превышает работу сжатия.

Исследование в чистом виде размалывающего эффекта сжимающей нагрузки на специальных установках показало, что такой вид механического нагружения волокна обеспечивает преимущественно внутреннее фибриллирование практически с двукратной экономией энергии по сравнению с ножевой машиной. В то же время сдвиговая составляющая, обусловленная

трением ножей по волокнам, способствует внешнему фибриллированию. Таким образом, создание машин, основанных на принципах преимущественно сжимающего механического действия на волокна, может обеспечить существенное снижение энергозатрат на стадиях предварительного размола.

В качестве средства для промышленной реализации принципа сдавливания волокон с малым сдвигом исследована (в теоретическом и экспериментальном плане) работа двухшнековой машины, для которой разработаны методики расчета мощности и производительности, а также рекомендации по их совершенствованию с целью создания отечественных конструкций, принятые к внедрению.

Теоретические основы размола и методы расчета ножевых машин внедрены в НИИЦМАШ в качестве научного обоснования технических решений при организации серийного выпуска размалывающих машин отечественного производства, а также в практике работы целлюлозно-бумажных предприятий.

Список литературы

1. Добровольский Д.С. Акустический размол целлюлозы.-Красноярское книжное издательство, 1961. 46 с.
2. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве. М.: Лесная промышленность, 1980. - 248 с.
3. Федоров О.К. Проблемы моделирования течений волокнистых суспензий в машинах и аппаратах целлюлозно-бумажного производства: Дис. . докт.техн.наук. Л., 1980. - 202 с.
4. Каменев А.Ф., Кугушев И.Д., Кушков Н.Н., Федоров О.К. Развитие параметров бумагоделательных машин. М.: Лесная промышленность, 1981. - 192 с.
5. Климов Б.И. Теоретические основы гидротранспорта волокнистых материалов целлюлозно-бумажных производствДис. .докт. техн.наук. Л., 1986. - 256 с.- 405
6. Никитин В.И. Исследование целлюлозы и ее производных с помощью инфракрасных спектров поглощения //Журнал физической химии. 1949. - Т.23. -17.-G. 775-785.
7. Рейзины Р.Э. Структурообразование в суспензиях целлюлозных волокон. Рига: Зинатне, 1987. - 208 о.
8. Кларк Дж.Технология целлюлозы.-М.:Лесная промышлен -ность, 1983. 456 с.- 408
9. Бкжнер Г. Прерывистость в микроскопической структуре древесных волокон//Осяовяые представления о волокнах, применяемых в бумажной промышленности/Гослесбумиздат. М., 1962. -Q.14-31.