

В диссертационный совет
24.2.403.03 при ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный
университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева»

ОТЗЫВ

отзыв официального оппонента на диссертацию Карелиной Александры Александровны «Размол волокнистых полуфабрикатов высокой концентрации из недревесного целлюлозосодержащего сырья в производстве бумажной продукции», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»

Диссертация изложена на 181 странице, включая 77 иллюстраций и 29 таблиц, состоит из введения, аналитического обзора, теоретической части, экспериментальной части, оценки технико-экономической эффективности, заключения, библиографического списка из 137 наименований и 8 приложений.

Основные положения диссертационной работы изложены в публикациях, из них 3 – в изданиях из перечня ВАК и индексируемых в базе данных Scopus, два патента Российской Федерации на изобретение № 2798559 С1, № 2805266 С1, и 7 работ в сборниках трудов научных конференций.

Актуальность темы диссертационного исследования.

Источником целлюлозного волокна для производства бумаги и картона, которых в Российской Федерации производится ежегодно более 10 млн. т, традиционно является древесина хвойных и лиственных пород. Для выделения этого волокна из древесины используются энергоемкие химические технологии, экологическая безопасность которых требует совершенствования. Обращение к историческому опыту показывает, что в качестве волокнистого сырья для бумажной промышленности достаточным уровнем бумагообразующих свойств обладает недревесное сырье в виде отходов растениеводства, включая стебли зерновых и технических культур, отходы льна и технической конопли, сорго, кукурузы и др. Особый интерес представляют отходы лубяных культур – льна и технической конопли, содержащие целлюлозные волокна, отличающиеся большей длиной и повышенным содержанием целлюлозы по сравнению с древесным сырьем. Выделение целлюлозы из такого сырья, обладающего быстрой возобновляемостью, представляет собой более экологичный и менее ресурсозатратный процесс, а свойства волокна обладает рядом специфических свойств, которые влияют на технологию массоподготовки, в которой ключевое место занимает размол.

Одним из эффективных путей повышения качества готовой продукции без заметного повышения себестоимости продукции, и учитывающего особенности свойств волокнистого сырья, является совершенствование размол за счет использования но-

вых видов гарнитуры и увеличение концентрации бумажной массы при размоле. Развитие современной технологии и оборудования для размола волокнистых полуфабрикатов, особенно недревесного происхождения, разработка новых модификаций размалывающей гарнитуры при размоле высокой концентрации, требуют теоретического обоснования конструктивных и технологических параметров размалывающей гарнитуры, что, в свою очередь, приводит к необходимости уточнения влияния технологических параметров размола на свойства волокнистых полуфабрикатов и готовой продукции.

В связи с этим весьма актуальным представляется проведение дополнительных теоретических исследований и уточнение алгоритмов построения и механизмов воздействия гарнитуры с криволинейными ножами на волокнистые полуфабрикаты недревесного происхождения в условиях размола при высокой концентрации. Новые данные получены автором путем сочетания теоретических, расчетных и экспериментальных исследований.

Целью диссертационной работы автор определил повышение эффективности процесса размола волокнистых полуфабрикатов высокой концентрации из недревесного целлюлозосодержащего сырья за счёт разработки конструкции ножевой размалывающей гарнитуры дисковой мельницы при получении бумажной продукции и подбора оптимальных параметров размола. На основании проведенного теоретического анализа силового воздействия на волокно при размоле и влияния углов касательной к режущей кромке на входе в зону размола и выходе из нее, определены скоростные и силовые характеристики разработанной гарнитуры при воздействии на волокно из недревесного сырья при высокой концентрации. Спроектирована и изготовлена новая гарнитура для лабораторной дисковой мельницы, выполнен эксперимент по комплексному влиянию факторов размола, на основании которого получены математические модели процесса размола при высокой концентрации, и выполнена оптимизация условий размола для получения бумажной массы из недревесного волокна с требуемым комплексом свойств, сочетая при этом теоретические и экспериментальные исследования.

В связи с этим, диссертационная работа Карелиной Александры Александровны, посвященная комплексному изучению закономерностей механизма размола волокнистых полуфабрикатов из недревесного сырья при высокой концентрации, является весьма актуальной и интересной как в научном, так и практическом планах.

Степень обоснованности научных положений, рекомендаций и выводов, сформулированных в диссертации.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов по работе базируется на применении научно-обоснованных методов, полученном большом массиве экспериментальных данных с применением современного лабораторного и испытательного оборудования, а также их математической и статистической обработке и аргументации, использовании актуальных литературных источников. Научные положения, выводы и рекомендации, посвященные количественной оценке результатов размола, свойств волокнистого полуфабриката из недревесного сырья в процессе размола и ла-

бораторных листов бумаги из них, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность результатов исследования обеспечена использованием апробированных теоретических положений, известными математическими выкладками, репрезентативными сериями экспериментов с привлечением аттестованных средств измерения, современных приборов, стандартных и новых методов анализа и испытаний.

Достоверность разработанных автором математических моделей, связывающих параметры размола с характеристиками бумажной массы и лабораторных образцов бумаги из недревесного сырья, подтверждена статистическими критериями, для расчета которых использовано современное программное обеспечение.

Научная новизна диссертационной работы А.А. Карелиной заключается в том, что впервые установлены закономерности и механизмы воздействия гарнитуры с окружной формой ножей, обеспечивающей преимущественное касательное воздействие на волокна при их размоле при высокой концентрации, на характеристики волокнистой массы из недревесного сырья. Получены математические зависимости, определяющие вклад каждого исследуемого технологического фактора в величины бумагообразующих свойств волокнистой массы и физико-механические характеристики отливок.

Получены зависимости измерения структурно-морфологических свойств волокон бумажной массы в условиях размола при высокой концентрации, и прочностных свойств бумаги, для различных видов размалывающей гарнитуры и в сравнении трех видов недревесного сырья, наиболее часто применяемых в качестве недревесного полуфабриката для производства бумаги, без применения предварительной химической обработки.

Значимость для практики выводов и рекомендаций диссертанта.

В работе представлены результаты и даны рекомендации по размолу высокой концентрации без предварительной химической обработки, растительных волокнистых полуфабрикатов из недревесного сырья, позволяющие повысить уровень бумагообразующих свойств размалываемой массы, снизить энергозатраты на размол, и повысить экологическую безопасность подготовки растительного сырья к использованию в технологии бумаги.

Разработана и защищена двумя патентами РФ новая конструкция гарнитуры дисковой мельницы для размола волокнистого полуфабриката высокой концентрации, отличающаяся увеличенным значением угла касательной к режущей кромке на входе в зону размола и выходе из неё и создающая преимущественно фибриллирующее воздействие на волокнистую массу из недревесных волокон. Представленные в диссертационном исследовании разработки позволяют рекомендовать их для использования в производстве упаковочных видов бумаги.

Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций обоснована их сопоставимостью с основными положениями известных теоретических концепций и в целом соответствует современным воззрениям на механизмы размола волокнистых

полуфабрикатов при высокой концентрации. Достоверность выводов и рекомендаций автора основана на применении современных методов, методик, поверенных приборов и оборудования, использовании стандартных методов проведения эксперимента с обработкой данных методами математической статистики.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Диссертационная работа А.А. Карелиной направлена на решение научно-практической проблемы, имеющей большое значение для развития отрасли знаний о размоле волокнистых полуфабрикатов при высокой концентрации из недревесного целлюлозосодержащего сырья. Содержание диссертационной работы соответствует поставленным в ней целям и задачам. Положения, выносимые на защиту, подтверждены содержанием диссертации. Автореферат и публикации отражают содержание работы и дают представление о вкладе автора, новизне и значимости результатов.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы, репрезентативность эмпирического материала. Личное участие автора не вызывает сомнений и заключается в реализации основных идей диссертации, а также в постановке и решении задач теоретического, расчетного, экспериментального и прикладного характера. При непосредственном участии автора определены направления проведения работы, выполнены экспериментальные исследования, обработаны результаты и объяснены полученные данные, сформулированы положения научной новизны, практической значимости и общие выводы, которые показали, что, по мнению автора, для поставленных задач решение найдено. Автору принадлежат основные идеи опубликованных в соавторстве и использованных в диссертации работ.

Оценка содержания диссертационной работы. В диссертационной работе А.А. Карелиной дана критическая оценка современных представлений о процессе размола и формировании бумагообразующих свойств волокнистых полуфабрикатов из недревесного целлюлозосодержащего сырья в процессе размола при высокой концентрации. Рассмотрены, усовершенствованы и предложены новые теоретические подходы и методы для расчета характеристик размалывающей гарнитуры с окружной формой ножей в условиях размола при высокой концентрации, обеспечивающих преимущественно фибриллирующее воздействие на волокно. Причем рассмотрены как теоретические, так и практические аспекты изучаемой проблемы. Приведены результаты экспериментов по влиянию факторов размола и типа размалывающей гарнитуры на результаты размола недревесных волокон. С применением современных приборов установлены структурно-морфологические и бумагообразующие свойства размолотых при высокой концентрации волокнистых полуфабрикатов из недревесного сырья. Положительной чертой работы является то, что автор сочетает теоретический расчет и практический результат работы размольной установки. Надо также отметить проведенную попытку выполнить технико-экономическое обоснование предлагаемой технологии.

В первой главе диссертации, являющейся обзором теоретических и экспериментальных исследований в области размола растительных волокнистых полуфабри-

катов, автор описывает и систематизирует информацию о физико-химических, морфологических и технологических аспектах применения недревесного целлюлозосодержащего сырья, рассматриваемого как альтернатива древесине. Дана общая характеристика основных видов недревесного целлюлозосодержащего сырья, приведены данные о химическом составе и размерных характеристиках их волокон. Подробно рассмотрены вопросы оценки пригодности использования недревесного целлюлозосодержащего сырья в целлюлозно-бумажной промышленности. Особое внимание уделено процессу размола массы высокой концентрации, акцент сделан на конструктивных параметрах размалывающих органов, влияющих на формирование межволоконных связей. По результатам обзора сделаны выводы и сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации представлены теоретические выкладки по моделированию силового воздействия в зоне размола, дана количественная оценка эффективности взаимодействия ножевых гарнитур с волокнистой массой, определены основные технологические параметры и скоростные характеристики проектируемой гарнитуры. Проведено сравнение различных конструкций гарнитур на основании их силового воздействия на размалываемое волокно. Выполнено сравнение величин касательного усилия на выходе из зоны размола для различных конструкций гарнитур.

В третьей главе, оформленной в виде экспериментальной части, представлены методики и результаты экспериментальных исследований по изучению процесса размола технической конопли и льна с применением разработанной гарнитуры лабораторной дисковой мельнице при высокой концентрации, описание полученных автором результатов и объяснения наблюдаемых изменений. Дана характеристика использованных в эксперименте размалывающих гарнитур. Представлены условия проведения эксперимента для трех входных параметров и результаты регрессионного анализа для 15 выходных параметров. Для построения математической модели процесса, проверки её адекватности и оценки влияния на процесс каждого учитываемого технологического фактора использован регрессионный анализ. Математическая обработка выполнена средствами прикладных программ STATGRAPHICS®. Приведены результаты оценки эффективности размола недревесного целлюлозосодержащего сырья при использовании различных конструкций гарнитур. Дана оценка эффективности размола различных видов недревесного целлюлозосодержащего сырья с использованием авторской конструкции гарнитуры. При анализе полученных закономерностей проведен факторный и кластерный анализ структуры связей между выходными параметрами.

В четвёртой главе проведена оценка технико-экономической эффективности производства бумажной продукции из недревесного целлюлозосодержащего сырья без химической обработки.

В приложениях представлены сканы полученных автором двух патентов на изобретения; матрица планирования эксперимента, коэффициенты уравнений регрессий и статистические параметры моделей, данные о бумагообразующих свойствах волокнистой массы, полученной при реализации планированного эксперимента, резуль-

таты регрессионного анализа в виде поверхностей отклика, результаты оптимизации, корреляционная матрица, экономические данные по предприятиям по заготовке технической конопли.

По диссертационной работе А.А. Карелиной имеются следующие замечания, количество которых во-многом связано с вызванным интересом к полученным автором результатам:

1) В экспериментах использовано недревесное сырье из технической конопли, льна и хлопкового линта, то есть сырьевые компоненты в виде отходов текстильного производства, которые исторически использовались в производстве бумаги. К сожалению, в обзоре литературы автор практически не уделил внимания этому аспекту.

2) Автором приведены данные, показывающие чрезвычайно низкий уровень прочностных свойств отливок из неразмолотых волокон, и приведены значения структурно-морфологических свойств. Однако объяснений, какие из структурно-морфологических свойств ответственны за столь низкую прочность материала, не представлено. В чем причина практически нулевой прочности таких листов?

3) В качестве выходных параметров при реализации планированного эксперимента, автор использовал характеристики бумажной массы, которые взаимосвязаны друг с другом. Например, увеличение относительного содержания мелкой фракции волокон неизбежно происходит одновременно с сокращением количества длинноволокнистой фракции. Или увеличение доли мелочи связано со снижением средней длины волокна. В результате, в реальности невозможно одновременно, например, увеличить эти два параметра, хотя математически это возможно. Поэтому по данному вопросу требуются разъяснения.

4) На графиках, отражающих изменение свойств размалываемого полуфабриката в зависимости от степени помола, используемые автором аппроксимирующие зависимости в виде полинома, в ряде случаев имеют экстремумы, не подкрепленные физическим смыслом (например, рис.3.17, 3.20, 3.21, и др.).

5) На многих графиках экспериментальной части, при изображенных трех кривых аппроксимирующих зависимостей, величина достоверности аппроксимации R^2 приводится только один раз. Требуется пояснения, к какой серии эксперимента относится это значение и почему они отсутствуют для остальных?

6) В тексте диссертации и в таблице ГЗ Приложения результаты определения разрывной длины представлены с точностью до одного метра, что неверно с метрологической точки зрения, по ГОСТ ИСО 1924-1-2018 результаты должны округляться до трех значащих цифр.

7) В производстве ряда видов упаковочной бумаги, размол при высокой концентрации применяется для увеличения растяжимости бумаги, оцениваемой по относительному удлинению при разрыве и работе разрушения, выражаемой через показатель ТЕА. Однако автором не проведено измерение этих характеристик. Требуется пояснение, почему?

Заключение

Диссертационная работа А.А. Карелиной является законченной научно-квалификационной работой, обладает научной новизной, имеет важное научно-технологическое значение и содержит научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития отрасли знаний о размоле волокнистых полуфабрикатов недревесного происхождения при высокой концентрации в целях расширения ресурсной базы на бумажных фабриках.

Перечисленные замечания не снижают научной и практической ценности работы. Представленная к защите работа соответствует требованиям п. 9–14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, и п.4 паспорта специальности ВАК РФ 4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины», а ее автор Карелина Александра Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Официальный оппонент,
профессор кафедры целлюлозно-бумажных
и лесохимических производств
ФГАОУ ВО «Северный (Арктический)
федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
доктор технических наук, профессор

Я.В. Казаков

Информация об оппоненте
Казаков Яков Владимирович,
Почтовый адрес 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17
Тел. (8182) 21 61 82; моб. тел. +7 911 564 90 41
E-mail: j.kazakov@narfu.ru
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»
доктор технических наук (специальность – 05.21.03), ученое звание – профессор,
должность – профессор кафедры целлюлозно-бумажных и лесохимических производств

19 мая 2025 г.

« 19 » мая 2025 г.