

В Диссертационный совет 24.2.385.02
при Федеральном государственном
бюджетном образовательном учреждении
высшего образования
«Санкт-Петербургский
государственный университет
промышленных технологий и дизайна»

О Т З Ы В

официального оппонента к.т.н., доцента Гурьева Александра Владиславовича на диссертацию Мидуковой Марии Александровны на тему: «Совершенствование технологии переработки макулатуры из офисной бумаги с печатью», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»

1. Актуальность темы диссертационного исследования

При современном технологическом укладе и тренде в направлении повсеместного применения принципов циклической экономики и экологической ответственности, одной из задач является максимальное и востребованное использование вторичных ресурсов. Вторичное волокно из макулатуры является классическим примером такого ресурса. Поэтому вовлечение любой, даже небольшой доли и специфической по виду макулатуры в циклическое использование является очень своевременной и важной задачей. Таким образом, тема диссертации М.А. Мидуковой несомненно отличается высокой актуальностью и востребованностью.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна исследования заключается в использовании методического подхода, основанного на использовании метода сухого диспергирования вторичных волокон из запечатанной офисной бумаги наряду со способом компьютерной оценки и контроля степени их очистки. Получены новые данные по влиянию этих процессов на морфологические свойства вторичных волокон из офисной бумаги разных марок с печатью, нанесенной на лазерном принтере, а также о воздействии сухого диспергирования на

оптические и физико-механические характеристики образцов бумаги из вторичных волокон. Установлено, что сухое диспергирование приводит к равномерному распределению тонера, нивелируя видимые вкрапления на бумаге, при этом физико-механические показатели снизились незначительно. Установлено, что фермент отечественного производства α -амилаза способна повышать оптические свойства образцов бумаги из вторичных волокон с 95 до 98 %. Предложена новая цифровая модель для оценки уровня запечатанности офисной бумаги с тонером до сухого диспергирования и оценки изменения оптических свойств бумаги после облагораживания методом флотации.

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

Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов, отраженных в диссертации и автореферате, подтверждается значительным числом источников научно-технической литературы, проанализированных и использованных автором для оценки научного задела и направлений его развития. Качество работы также подтверждается наличием достаточного количества публикаций в рецензируемых изданиях. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством и обоснованностью экспериментальных результатов, а также использованием передовых методов и методик, которые соответствуют цели работы и поставленным задачам. Сформулированные в диссертации научные положения и выводы основаны на фактических данных, полученных автором лично, отраженных в приведенных таблицах и иллюстрациях. Анализ полученных данных и оценка результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и программных сред и продуктов.

4. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании возможности использовать специфическую макулатуру на основе офисной бумаги с нанесенной лазерной печатью путем возвращения волокнам до 95 % исходных оптических характеристик при сохранении достаточного уровня физико-механических свойств. При этом очевидно, что некоторое снижение физико-механических характеристик легко компенсируется при помощи упрочняющих добавок или небольшого количества первичного волокна.

Практическая значимость вытекает из теоретического посыла работы и подтверждена как экспериментально в лабораторных условиях за счет

отработки режимов сухого диспергирования, флотации и ферментной обработки, так и зафиксированной заинтересованностью одного предприятий по переработке макулатуры в использовании разработанных технологических решений. Кроме того, результаты, их новизна и значимость подтверждены выдачей автору соответствующего патента, как признанного результата интеллектуальной деятельности.

5. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа Мидуковой Марии Александровны изложена на 119 страницах машинописного текста, содержит 21 таблицу и 42 иллюстрации, состоит из введения, четырех глав, выводов, списка сокращений, библиографического списка из 131 наименования, а также приложения, представляющего собой копию акта, удостоверяющего заинтересованность предприятия ОАО «Каравачево» во внедрении результатов диссертационной работы.

Во **введении** обоснована актуальность тематики совершенствования приемов и технологии использования макулатуры МС-7Б, как важного источника вторичных волокон, сформулированы цель и необходимые задачи работы, отражены сформулированные автором научная новизна, и практическая значимость работы, указаны объекты и методы обозначены исследования, определены положения, выносимые на защиту, дана оценка личного вклада автора.

В **первой главе** представлен аналитический обзор литературы по теме диссертационного исследования, в котором дан краткий анализ рынка и ценовой составляющей макулатуры из белых сортов бумаги в России, современные представления о механизме нанесения тонера на целлюлозные волокна и способах отделения краски, чернил и тонера от волокон макулатуры, в том числе в ретроспективе. Достаточно подробно проанализированы ферментативная обработка использованной офисной бумаги с печатью и промышленные способы очистки макулатуры в целом. В завершение главы дан краткий вывод по имеющемуся научному и технологическому заделу по теме диссертации, определены цели и задачи исследований.

Во **второй** (методическая часть) главе дана характеристика методов и методик исследований, использованных для достижения поставленных экспериментальных и аналитических задач. При этом, к сожалению, не отражено, оценивалась ли статистическая неопределенность полученных в

результате экспериментов, анализов, измерений данных, а также использовались ли статистические критерии и оценки в целом.

В **третьей** главе (экспериментальная часть) автором предложено общее теоретическое обоснование для цифровой модели, которая позволяла бы устанавливать закономерности между уровнем запечатанности вкраплений тонера и оптическими свойствами бумаги, включая лабораторные образцы, и позволяла бы в определенной степени прогнозировать эти свойства. Подобная модель может служить для оценки эффективности различных технологий флотации, в том числе, предложенной автором технологии очистки использованной офисной бумаги с печатью от тонера с применением предварительного сухого диспергирования макулатуры.

Продемонстрировано, что включение в технологию деинкинга макулатурного волокна от офисной бумаги с тонером стадии сухого диспергирования способствует снижению эксплуатационных затрат и зримо улучшает оптические характеристики образцов бумаги за счет снижения размеров и более равномерного распределения темных включений в массе.

Сопоставление свойств, обозначенных в диссертации как морфологические, применительно к волокнам макулатуры из газетной бумаги и запечатанной офисной бумаги позволило автору сделать заключение об установленном существенном различии исследованных характеристик волокон из двух источников как между собой, так и в зависимости от способа диспергирования. Также представлены данные об изменении значений базовых физико-механических характеристик и оптических свойств лабораторных образцов, полученных из макулатуры с запечатанностью 8,2 %, в зависимости от способа диспергирования перед флотацией. Установлено, что мокрый роспуск и сухое диспергирование по-разному влияют на перечисленные показатели.

На основании полученных результатов рекомендовано производителям бумаги и картона белых сортов, использующих в качестве сырья макулатуру МС-7Б рассмотреть применение сухого диспергирования макулатуры, что позволит полностью исключить вкрапления остатков тонера, тем самым повысить качество продукции.

При использовании различных вариантов ферментативной обработки показано, что физико-механические показатели образцов зависят от вида фермента и меняются после флотации. Подтверждено, что ферментативная обработка снижает механические характеристики, а флотация повышает. Снижение механических характеристик при ферментативной обработке

объяснено, что большинство ферментов при взаимодействии с микрофибриллами волокон образует водорастворимые соединения, которые легко удаляются вместе с тонером.

При этом, снижается фибрилляция, которая приводит к уменьшению межволоконных связей, в результате снижаются механические свойства. Ферменты по-разному действуют на целлюлозное волокно, поэтому их влияние на механические свойства образцов также различно. На практике рекомендовано применять фермент α -амилазу, который способствует восстановлению оптических свойств бумаги при применении перед флотацией сухого диспергирования макулатуры.

Получены регрессионные модели экспоненциальной и линейной формы, по которым предложено рассчитывать эффективность флотации относительно различных параметров белизны (CIE), белизны (ISO), флуоресценции и непрозрачности, а также прогнозировать с определённой точностью изменения свойств в зависимости от уровня запечатанности, что, в свою очередь, позволит количественно определить эффективность различных способов флотации. Продемонстрирована применимость оценки эффективности флотации на лабораторных образцах.

Лабораторная отработка использования макулатурной массы из запечатанной офисной бумаги «SvetoCopy ECO» позволила автору рассмотреть применение сухого диспергирования макулатуры, что позволит полностью убрать вкрапления тонера, тем самым повысит качество готовой продукции. Падение оптических свойств и в этом случае можно компенсировать за счёт использования фермента отечественного производства α -амилазы.

В **четвертой** главе представлены результаты промышленных испытаний разработанной технологии очистки офисной бумаги с печатью рекомендованным способом на бумажной фабрике ОАО «Каравеево» и расчет экономического внедрения результатов исследований и разработки.

По результатам работы сформулированы общие **выводы**.

6. Замечания по диссертационной работе

1) По мнению оппонента формулировку цели работы следовало бы изложить в более выверенной редакции (курсив добавлен оппонентом): «совершенствование процесса очистки *макулатуры* из офисной бумаги с печатью...» или «совершенствование процесса очистки *использованной* офисной бумаги с печатью...». Тем более, что автор в обосновании актуальности исследования делает упор на использование макулатуры МС-7Б

и переработку вторичного волокнистого сырья в целом, а в соответствие с п. 2.1 диссертации «объектом исследований является макулатура из офисных видов бумаги...».

2) Что же все-таки было разработано (предложено) – «цифровой метод» или «цифровая модель» для «оценки уровня запечатанности офисной бумаги...» и т.д.? В чем суть этой «цифровизации»?

3) В тексте диссертации (с. 7) и автореферата (с. 5) автор использует формулировку «предполагаемые результаты промышленной апробации». С точки зрения оппонента – результат апробации может быть положительный или отрицательный (в том числе, с рекомендацией к доработке), следовало бы разъяснить, что понимается под предполагаемыми результатами?

4) При оценке технологических линий подготовки макулатуры с использованием технологии флотации в диссертации (с. 30) в качестве примера фигурирует технологический поток массоподготовки ООО «Архбум тисью групп», поставленный компанией Andritz. Однако указанное предприятие использует первичное беленое листовное сырье, выпускаемое Архангельским ЦБК. Кроме того, при ссылке на технологический поток ОАО «Сыктывкар тисью групп» (с. 30, с. 34) следовало бы уточнить, что речь идет о производственной площадке в Ярославской области.

5. В завершение обзора литературы (с. 38-39) автор совершенно справедливо замечает, что «свойства бумаги и картона во многом определяются морфологическими характеристиками...», ссылаясь на известнейшие публикации выдающихся ученых Дж. Кларка, Э.Л. Акима, С.Н. Иванова, Д.М. Фляте. Вместе с тем, указанные фундаментальные работы относятся к периоду 70-х...80-х годов прошлого века, и за прошедшее время исследователями во всем мире накоплено и опубликовано значительное количество важных результатов в данной области, которые также следовало бы отразить в рецензируемой диссертации.

6. ГОСТ 30113 – 94, указанный в п. 2.2 (с.42), устанавливает только метод определения белизны (яркости) по ИСО (ISO brightness) и не имеет отношения к другим указанным характеристикам.

7. В пояснении к рисунку 2.1 (с. 43) некорректно указано «распределение ... (или контур) исследуемой области 10 мм²». Должно быть 100 мм²?

8. Пояснения относительно модельных образцов идеального распределения вкраплений тонера с разным уровнем запечатанности следовало бы оформить не в подрисуночных подписях к рисункам 3.1 (с. 53

диссертации) и 5 (с. 12 автореферата), а, например, в виде отдельной таблицы, что упростило бы комплексную оценку представленных данных.

9. При определении и сравнительном анализе морфологических характеристик (п. 3.3) волокон макулатурной массы из газетной и офисной бумаги автор не отразил отличия, которые обусловлены различным породным составом и способом производства исходных первичных полуфабрикатов. Означает ли это, что влияние данных факторов несущественно? Каким образом анализировалась средневзвешенная длина волокон и доля их мелкой фракции по гистограммам фракционного состава, представленным на рисунках 3.5 (с. 59, 60) и 3.6. (с. 61), и в автореферате?

10. Чем вызвано использование 8 (восьми) характеристик сопротивления разрыву образцов, например, в таблице 3.2 (с. 64), а также в других, и как осуществлялось округление значений разрывной длины и других показателей?

11. При анализе регрессионных моделей в п. 3.7, рекомендованных для прогнозирования отдельных оптических характеристик образцов и бумаги, обращает на себя внимание начальный участок экспоненциальных зависимостей для уровня запечатанности от 0 до 8 %. Он скорее всего хорошо аппроксимируется линейной зависимостью. При этом уровень запечатанности свыше 8...10 % скорее всего встречается крайне редко. Может следовало бы ограничить этим диапазоном и, соответственно, более простыми и воспроизводимыми математическими моделями?

12. В тексте работы присутствуют стилистически неудачные формулировки, случаи несогласованности и опечаток: «различают различные виды марок макулатуры» (с. 9); «с белыми сортами макулатуры» (с. 9); «...в России... увеличивается количество образующейся *офисной бумаги с печатью*. За последние годы отечественные производители существенно нарастили темпы производства *ее...*» (с. 9); «безхлорная» (с. 13 и с. 11 автореферата); «...тонер плавитьсь» (с. 16), «магнетид» и «окись железа» (с. 17); «существуют «анти-принтеры», которые способны удалять *поверхность...*» (с. 19); «барбатированием частиц (воздуха)» (с. 21, с. 35); «в работе будет уделено внимание двум ферментам, а именно, α -амилаза и целлюлазаа.» (с. 25); - «определение активности α -амилазы ... по ГОСТ Р 54330-211» (с. 42); «изгиб волокон (*градус угла*)» (с. 49); на с. 11 автореферата для оценки физико-механических показателей дана ссылка на таблицу 6, в которой представлены оптические свойства образцов; и др.

Приведенные замечания носят дискуссионный характер либо являются уточняющими и не снижают научный уровень, практическую значимость и положительную оценку рецензируемой диссертации.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Представленный автореферат оппонируемой диссертации в достаточной мере соответствует ее основным положениям. В автореферате отражены все разделы и составные части диссертационного исследования, включая обоснование актуальности темы, цели и задачи работы, достигнутые результаты и выводы, формулировки научной новизны и практической значимости, представлены положения, выносимые на защиту. Диссертация представляет собой законченное научное исследование, отвечающее заявленной специальности 4.3.4. – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины». Сформулированные автором общие выводы по работе соответствуют поставленным задачам и полученным результатам.

8. Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

По результатам, отраженным в диссертации, опубликовано 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень, утвержденный ВАК РФ по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины», получен патент Российской Федерации, а также 7 работ в других изданиях, включая рецензируемые журналы и сборники научных конференций. Основные результаты работы апробированы автором и получили положительную оценку на многочисленных научно-технических и научно-практических конференциях в 2019-2023 гг.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Считаю, что по актуальности, практической значимости, научной новизне и профессиональному уровню оппонируемая диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, связанной с совершенствованием технологии переработки макулатуры и производства бумаги и картона в целом, имеющей важное значение для развития переработки компонентов древесины в виде циклически используемого сырья.

Диссертационная работа соответствует требованиям по п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (с

изменениями и дополнениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мидукова Мария Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Официальный оппонент:

Гурьев Александр Владиславович,
кандидат технических наук (специальность
05.21.03 – Технология и оборудование химической
переработки биомассы дерева; химия древесины),
доцент, профессор кафедры целлюлозно-бумажных
и лесохимических производств ФГАОУ ВО
«Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова»

163002, Российская Федерация, г. Архангельск,
набережная Северной Двины, д.17
+7 (8182) 21-89-10;
+7 (8182) 21-89-95.
e-mail: a.guriev@narfu.ru