

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 Колосовой Марины Владимировны на тему: «Влияние микроструктуры и микрорельефа многослойного картона на печатные свойства» 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

Углубление теоретических представлений и расширение спектра методов и средств оценки потребительских характеристик целлюлозно-бумажных материалов (ЦБМ) несомненно является составными частями научно-технического прогресса в исследованиях и в технологическом совершенствовании. Современная методология таких исследований тесно переплетается и даже базируется на использовании информационных технологий, а ближайшей перспективе – на неизбежном применении инструментария нейронных сетей и AIS.

Одним из перспективных направлений в этом сегменте целлюлозно-бумажного материаловедения, включая оценку качества бумаги, картона, продуктов их обработки и переработки, является интенция к переходу от косвенных методов измерения и оценки характеристик, к более информативным непосредственным способам анализам, базирующимся на получении больших массивов данных (по сути близких к понятию big data) и их статистической интерпретации. Автором оппонируемой диссертации предложена и достаточной мере реализована идея альтернативной оценки печатных свойств ЦБМ, обычно отражаемых комплексом косвенных характеристик, таких как шероховатость/гладкость, пористость, воздухопроницаемость, неоднородность формования и др. В качестве

такой альтернативы теоретически обосновано и методически проработано использования характеристик, непосредственно базирующихся на измерении количественных параметров пространственного распределения компонентов структуры ЦБМ на микроуровне. Комплексные исследования указанных свойств путем разработки новых методов, в совокупности с оценкой равномерности распределения толщины, позволили автору получить новые знания, в частности о микроструктуре и микрорельефе наружного слоя гофрокартона, на который наносится печать. Предложенные альтернативные характеристики адекватно отражают качество оттиска, которое необходимо контролировать в режиме онлайн, чтобы минимизировать долю брака, и, следовательно, экономить сырье, химикаты, воду, энергию, тем самым рационально используя ресурсы.

Таким образом, тема диссертационного исследования М.В. Колосовой является в достаточной степени актуальной, перспективной и практически востребованной.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что на основе обширных экспериментальных исследований, базирующихся на принципе визуализации и графической обработки микроструктуры поперечного среза, теоретически обоснован и практически реализован алгоритм для анализа неоднородности формования листа ЦБМ, в том числе многослойного картона. Разработанный автором алгоритм и экспериментальный подход позволили задействовать новый ракурс оценки микрорельефа поверхности и равномерности структуры многослойного тарного картона и обосновать альтернативные существующим методы определения шероховатости, пористости, а также толщины листа с учетом ее неоднородности.

Результаты исследований, полученные в диссертационной работе, вносят ощутимый вклад в развитие представлений о механизмах формирования неоднородности микроструктуры ЦБМ и статистических закономерностях, проявляющихся при определении характеристик картона и бумаги, отражающих свойства дискретности их поверхностей и объема.

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

Научные положения и выводы, изложенные в диссертации, обоснованы с применением обширного массива экспериментальных и аналитических данных, их скрупулёзной статистической обработкой с использованием

высокоинформативных критериев, применением современных методик исследования и лабораторного оборудования, а также значительным числом проанализированных автором источников научно-технической литературы по тематике работы.

Обоснованность научных положений и выводов многократно подтверждена публикациями, в том числе в рецензируемых журналах. Основные результаты диссертационного исследования отражены в 12 печатных работах, включая 3 статьи в рецензируемых журналах, входящих как в перечень, утверждённый ВАК Российской Федерации, так и в целом в Единый государственный перечень научных изданий (ранее – «Белый список»). Также М.В. Колосова является соавтором трех патентов на изобретение по теме исследования. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством и сходимостью результатов, а также подбором обоснованных методов реализации экспериментов, которые соответствуют цели работы и поставленным задачам.

Сформулированные в тексте диссертации научные положения и выводы основаны на полученных экспериментальных данных, отраженных в обширном иллюстрационном материале и четко структурированных таблицах. Интерпретация результатов выполнена на основе современных методов обработки данных.

4. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в обосновании и экспериментальном подтверждении возможности оценки различных характеристик, обусловленных неоднородностью структуры целлюлозно-бумажных материалов – шероховатости, пористости, формования на просвет, эффективной толщины на основе алгоритмов графической обработки изображений микроструктуры поперечного среза картона или бумаги. В том числе, установлена зависимость между значениями пористости (через характеристику воздухопроницаемости), полученными стандартным методом Бендтсена, и пористости, определяемой при графической обработке изображения микроструктуры многослойного картона.

Также обоснован и реализован метод, позволяющий определить шероховатость картона-лайнера и гофрокартона в диапазоне, который расширяет возможности стандартных способов, основанных на

интенсивности прохождения воздуха через зазор между рабочим элементом измерительного устройства и поверхностью образца.

Практическая значимость полученных автором новых результатов подтверждена значимой корреляцией при сопоставлении экспериментальных данных неоднородности формования многослойного картона существующими методами и предлагаемым на основе полученных патентов на результаты интеллектуальной деятельности.

Разработаны и подтверждены соответствующими актами практические рекомендации для онлайн-контроля качества оттиска с учетом неравномерности структуры и микрорельефа многослойного картона, изготавливаемого на ОАО «Караваево» и многослойного волокнистого композиционного материала на предприятии АО «Печатня» (Республика Беларусь).

5. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа Колосовой Марины Владимировны изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 75 иллюстраций и 9 таблиц, состоит из введения, пяти глав, выводов, библиографического списка из 175 публикаций, а также включает 5 приложений, содержащих три акта внедрения по результатам производственных испытаний и два массива экспериментальных данных.

Во введении обоснована актуальность работы и степень разработанности ее темы, сформулирована цель и задачи исследования, отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, указаны методы исследования, обоснована степень достоверности результатов экспериментов, приведены сведения об апробации работы, публикациях и личном вкладе автора, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор литературы, в котором автор отразила и критически оценила современное состояние, доступные методы и методик, а также перспективы применения новых подходов и способов определения шероховатости поверхности, пористости структуры, неоднородности формования и эффективной толщины ЦБМ, которые реализуются на основе высокоинформативных технологий растривания, графической визуализации и обработки больших данных. Также выполнен достаточно подробный анализ, посвященный современному состоянию исследований в области печатных свойств бумаги и картона.

Во второй главе охарактеризованы объекты, методы и методики исследования. Представлены характеристики используемого современного

оборудования для микроскопических исследований и подробное описание способа подготовки срезов ЦБМ по толщине образцов, в том числе с адаптацией под задачи диссертационной работы. К сожалению, в разделе отсутствуют сведения о метрологическом обеспечении измерительных процедур, а также о статистических методах и критериях, использованных для обработки и анализа результатов эксперимента.

В третьей главе дано подробное описание разработанных и запатентованных способов для исследования микроструктуры поперечного среза и рельефа поверхностей целлюлозно-бумажных материалов, а также устройства для применения в исследовательских и практических задачах. Представлены типичные примеры получаемых изображений микроструктуры поперечного среза картона и бумаги, а также варианты их компьютерной и статистической обработки (в том числе панорамные) на основе разработанного алгоритма. Они позволяют сформировать альтернативные показатели для оценки шероховатости, пористости, неоднородности формования и толщины лабораторных и производственных образцов картона.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований. Так, опыты по оценке неоднородности формования с помощью существующих приборов позволили установить, что, несмотря на различия в методах оценки неоднородности формования, тенденции к её снижению при увеличении числа слоёв наблюдаются всегда. При этом, переход на двухслойную структуру уменьшает этот показатель на 23–25 %, тогда как при переходе на трехслойную – снижает неоднородность не более чем на 5 % (по отношению к двухслойной). Продемонстрирована эффективная возможность создания панорамных изображений протяженностью 2500 мкм, которая регламентирована стандартом для графического метода профилирования. При дальнейшей графической обработке и применении оригинального авторского алгоритма осуществлена оценка шероховатости, толщины и пористости образцов картона. В частности, по анализу профилей были рассчитаны показатели шероховатости R_a , R_z , R_{max} для покровного и нижнего слоёв тест-лайнера. По заключению автора, среднее арифметическое отклонение профиля (R_a) исключает косвенность измерений и метод профилирования поверхности точнее описывает процесс получения графического изображения микрорельефа. Вместе с тем отмечено отсутствие корреляции между параметром шероховатости по методу Р. Бендтсена и R_a , однако по свидетельству разработчика проведённые исследования подтвердили возможность

применения графического метода профилирования для оценки качества поверхности картона.

В результате экспериментов также была установлена корреляция между пористостью (в диапазоне 30–50 %) и воздухопроницаемостью по Бендтсену образцов многослойного картона. Увеличение воздухопроницаемости прямо и линейно взаимосвязано с повышением пористости, определённой методом графической обработки изображений поперечных срезов. При этом была использована программа для растровой обработки изображений с возможностью автоматической векторизации. Автор справедливо подчеркивает ускорение оценки площади пор за счёт вычислений в пикселях, при сохранении одновременно высокой точности, свойственной векторному представлению данных.

Экспериментальные данные автора и выполненные расчеты, убедительно продемонстрировали, что важное практическое значение для достоверной оценки физико-механических свойств имеют результаты корректировки толщины на основе использования методики оценки эффективной толщины образцов при графической обработке изображений срезов микроструктуры и микрорельефа, предложенным в диссертации способом. В частности, приводится случай, когда максимальное относительное отклонение в измерении жесткости при изгибе промышленного картона составило 116 %. Для лабораторных образцов оно не превысило 15 %.

Пятая глава посвящена разработке практических рекомендаций по снижению доли брака на предприятиях ЦБП. На примере ОАО «Каравaeво» показано, что увеличение шероховатости вызывает рост количества брака. При Ra более 40 мкм периметр символа превышает 350 мм, что по критериям заказчика считается дефектом из-за не читаемости мелкого текста. Подобный принцип рекомендовано применять для контроля площади символа. Оценка площади и периметра символов, в сочетании с пятнистостью оттиска, предложено использовать в качестве основных критериев для разработки системы контроля качества печати.

Таким образом, автором разработаны практические рекомендации для внедрения онлайн-контроля качества печати с учетом неравномерности структуры и микрорельефа многослойного картона. По оценке внедрение такой системы на ОАО «Каравaeво» может сократить количество брака в пересчете на гофрокартона на 192 000 м², что соответствует потенциальной экономии применительно к одной линии с нанесением флексопечати около 1,9 млн. руб. в год при сроке окупаемости не более четырех месяцев

По результатам работы сформулированы **заключение и выводы**.

6. Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертации и автореферата у оппонента возник ряд замечаний, уточняющих вопросов и дискуссионных возражений, которые следует обсудить при публичной защите работы.

1) В формулировках темы, цели, задач, результатов и выводов оппонируемой диссертации в качестве базового автор использует термин «микроструктура» применительно как к многослойному картону, так и к целлюлозно-бумажным материалам в целом. При этом четкое определение микроструктуры, либо с точки зрения автора, либо ссылками на других исследователей в работе не представлено, что несколько затрудняет оценку методологической составляющей исследований. Желательно отразить данный вопрос при защите диссертации, например, в сопоставлении с термином «макроструктура» бумаги/картона, или «структура» ЦБМ в целом.

2) В п. 1.3.3 обзора литературы, посвященном методам оценки толщины, утверждается, что «...у многослойного картона ... максимальная шероховатость может достигать 100 мкм, при толщине материала 250 мкм» (с. 35). При этом ссылка на источник таких количественных данных опущена. Судя по указанной единице шероховатости (мкм), речь идет об оценке характеристики по методу Паркера? В таком случае, данные могут быть представлены некорректно.

3) Также автору следовало бы пусть кратко, но отразить важный аспект оценки и контроля шероховатости картона, касающийся влияния уровня данной характеристики на возникающие силы трения при проводке картона, прежде всего на высокоскоростных гидроагрегатах. Именно чрезмерное трение зачастую вызывает претензии к поставщикам тарного картона, так как не позволяет перерабатывать его на максимальной скорости, а то и вовсе. При этом уровень печатных свойств может быть приемлемым.

4) В п. 3.1 (с. 73) автор разъясняет, что «*протяженность (области) в 350 мкм связана не только с ограничениями по весу файла, но и информативностью, так как размеры флокул и промоин могут составлять до 170 мкм*». Подтверждение данной оценки оппонент не обнаружил.

В этом же пункте, со ссылкой на рис. 3.6 отмечено, что представленное «...*качество изображения позволяет... (в том числе – опп.) выделить флокулы, и установить их центры масс*». Это маловероятно, так как определение центра масс даже подобных физических объектов, тем более крайней степени граничной и структурной неоднородности, является крайне нетривиальной задачей. У автора же, фактически, условные флокулы – объекты, преобразованные в виртуальную форму.

5) В п. 4.2. экспериментальной части автор приходит к заключению (сс.100-101), что несмотря на отсутствие «...корреляция между параметром шероховатости поверхности по Бендтсену и R_a , проведенные исследования показали возможность применения метода прямого анализа шероховатости поверхности при оценке картона без покрытия». Следовало бы проанализировать статистические, методические, физические причины этого невыявления. Означает ли данный факт существенное ограничение применимости разработанного метода?

6) В целом, как и в большинстве других исследований, связанных с разработкой альтернативных существующим способам и устройств для оценки характеристик качества ЦБМ (да и прочих материалов), остается сложно решаемым принципиальное ограничение – многомерно возрастающие продолжительность и стоимость анализа на основе предложенных в диссертации решений и результатов. Также необходимо расширение массива экспериментальных данных. Как исследовательский – способ отличный, с точки зрения широкого производственного применения – пока имеющий отложенные перспективы.

7) В тексте диссертации встречаются терминологически и стилистически неудачные формулировки, случаи несогласованности словосочетаний и опечатки. В частности,:

«...качество (печати – опп.) зависит от поверхности, которая характеризуется шероховатостью, равномерностью распределения толщины, пористостью, однородностью формования, которые формируют микроструктуру и микрорельеф» (с. 4) – по смыслу должно быть наоборот, что и совершенно правильно автор формулирует в цели работы;

«... поверхности, которая характеризуется... пористостью» (там же) – пористость является объемной характеристикой структуры ЦБМ;

« R_z (в мкм) – рассчитывается как среднее значение 5 выступов и впадин относительно средней линии профиля поверхности» (с. 16) – определение не соответствует Приложению 2 ГОСТ 2789-73;

«Решения, предложенные в перечисленных работах, были основаны на невозможности формирования профиля бумаги» (с. 22);

«Расчёты показали несводимость (?) ... данных оценки шероховатости с данными, основанными на по проходимости воздуха.» (с. 23);

«...шероховатость... определяется размером частиц мраморного (?) мела, который используется в качестве покровного слоя» (с. 27);

«...использованы экспериментальные данные, полученные с объектов сравнения...» (с. 53);

«...вес (образца – опп.) - $3,7 \pm 0,2$ г» (с. 54, 57);

«Лабораторные образцы и их контроль качества были вымолены в соответствии...» (с. 58);

«...было снято около 14 мкм полимера при давлении на образцы 25 Н (?)» (с. 62);

«В случае эталонной однородности формования многослойного целлюлозного композиционного материала в каждой точке измерения толщина и оптическая плотность совпадает» (с. 91)

«Приведенный на рисунке 4.12 график подтверждает неточность в определении толщины стандартным методом» (с. 107)» 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 в достаточно полной мере соответствует основным положениям оппонируемой диссертации. В автореферате отражены все разделы и составные части диссертационного исследования, включая подробное обоснование актуальности и оценку степени разработанности темы, цели и задачи работы, формулировки научной новизны и практической значимости, емкое содержание исследования, достигнутые результаты и выводы, представлены положения, выносимые на защиту. Диссертация представляет собой актуальное и завершенное научное исследование, соответствующее заявленной специальности 4.3.4. - «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины». Представленные автором общие выводы по работе в достаточной мере соответствуют поставленным задачам и отражают полученные результаты.

8. Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Основные положения диссертации изложены в 12 публикациях, в числе которых статьи, опубликованные в изданиях, входящих в рекомендуемый перечень, утвержденный ВАК Российской Федерации, и относящихся к специальности 4.3.4. - «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины», а также входящих в перечень ЕГПНИ. Получены в соавторстве два патента на изобретение Российской Федерации и патент Республики Беларусь. Материалы диссертации были представлены и

обсуждены на международных и всероссийских научно-технических конференциях в 2023-2026 гг.

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

Считаю, что по своей актуальности, важной практической направленности и научной новизне, а также компетентному исследовательскому уровню диссертация Колосовой М.В. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу. В ней предложено и апробировано решение важной проблемы, направленной на разработку на базе современных подходов и информационно-коммуникационных технологий альтернативных способов и устройств для анализа и контроля однородности формования и печатных свойств многослойного картона, а также других целлюлозных волокнистых материалов.

Диссертационная работа соответствует требованиям по п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (со всеми изменениями и дополнениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Колосова Марина Владимировна, заслуживает присуждения 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»

28.08.2026 г
(дата)



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

