

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Мидукова Николая Петровича на тему: «Ресурсосберегающая технология тест-лайнера с белым покровным слоем», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.21.03 – «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»

Актуальность темы

Россия занимает одно из первых мест по запасам древесины. Однако, бережное отношение к природе, которое предполагает сокращение вырубки деревьев, является одной из приоритетных задач нашей страны. Целлюлозно-бумажная промышленность развитых стран (Германии, Австрии, скандинавских стран, США, Канады) в больших объёмах использует вторичное сырьё. Так как переработка макулатуры выгодно отличается от производства первичных волокнистых полуфабрикатов.

Основной задачей переработки макулатуры является рациональное и комплексное использование природных ресурсов с одновременным снижением антропогенного воздействия на окружающую среду. Это достигается созданием новых технологий и усовершенствованием существующих. При производстве картона бурого цвета в России используется вторичное сырьё, а вот покровный слой лайнера белого цвета мы до сих пор производим из первичных волокон. Поэтому замена первичных волокнистых полуфабрикатов белыми сортами макулатуры является актуальной задачей при разработке ресурсосберегающей технологии тест-лайнера с белым покровным слоем.

Широко распространённый способ мокрой подготовки массы при концентрации волокон 4-5 % обладает не только достоинствами (высокой прочностью получаемого картона, высоким уровнем автоматизации и механизацией производства), но имеет ряд существенных недостатков, в частности большой расход воды, энергии на её транспортировку и очистку. Применение же технологии сухой подготовки с частичной заменой традиционной мокрой, решает актуальную для целлюлозно-бумажной промышленности проблему, связанную с высокими энергетическими затратами на производство. Однако, при использовании сухой подготовки макулатуры для производства картона возникает проблема снижения физико-механических показателей. Это связано со снижением связеобразующих свойств волокон. Поэтому разработка инновационной технологии, которая позволяет компенсировать потери механических свойств картона, не только от использования вторичных волокон, но и от внедрения сухой подготовки, имеет важное хозяйственное значение для отечественной целлюлозно-бумажной промышленности.

Таким образом, тема диссертации Мидукова Н.П. направлена на решение важной научно-технической проблемы высоких сырьевых и энергетических затрат при производстве картона с белым покровным слоем путём комбинирования сухой и мокрой подготовки вторичного сырья. В ходе решения этой проблемы автор сделал важное научное открытие, которое позволило оценить количественно факторы, определяющие связеобразование волокон в макулатурном картоне.

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

Научные положения и рекомендации, изложенные в диссертации, обоснованы необходимым объёмом экспериментальных данных, полученных в результате изучения физико-механических показателей многослойного картона тест-лайнера с белым покровным слоем. Следует отметить, что автор обоснованно проводит серию экспериментов не только с использованием двухслойного картона тест-лайнера, который на сегодняшний день изготавливается на наших предприятиях, но и трёхслойного, производство которого в России находится на начальном этапе развития. Тем самым представленные выводы и рекомендации, учитывают перспективу модернизации формующих частей картоно-делательных машин с переходом на трёхслойное формование, которое позволяет более эффективно использовать вторичное сырьё, повышая физико-механические свойства картона. Следует отметить, что трёхслойное формование тест-лайнера с белым покровным слоем, активно практикуется в Европе.

Первые два положения, выносимые на защиту, и сформулированные по ним выводы относятся к фундаментальной части работы. В них исследуется микроструктура образцов многослойного картона с большой протяжённостью поперечного среза. Автор справедливо обосновывает это тем, что небольшие области исследований не дают достоверной оценки, поскольку структура волокнистого каркаса волокон не однородная, в связи с неравномерностью распределения волокон в картоне.

Анализ современных источников литературы показал, что метода количественного определения факторов, определяющих связеобразование между вторичными волокнами неизвестной природы и циклом переработки, на сегодняшний день не существует. Поэтому автор обоснованно разрабатывает новый способ количественной оценки факторов, определяющих связеобразование волокон, следовательно, физико-механические показатели картона. В результате разработан метод, который позволил установить причины снижения физико-механических свойств картона, покровный слой которого сформирован с использованием сухой подготовки макулатуры.

Обоснованными и необходимыми являются экспериментальные исследования по получению картона с белым покровным слоем на предприятии. Промышленная апробация разработанной технологии комбинированной подготовки макулатуры подтверждает адекватность предлагаемых решений. Значительных отличий по прочностным показателям картона и энергетическим затратам по существующей и предлагаемой технологии не наблюдалось, что свидетельствует об обоснованности и целесообразности принятых технических решений.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В литературном обзоре, достоверно представлена хронология открытий в области исследования микроструктуры волокнистых целлюлозных материалов, включая самое первое научное открытие Роберта Гука с 1665 года, а также открытий, сделанных известными учёными в XX-XXI веках. Автор определил место своего научного открытия, которое заключается в новом подходе количественной оценки факторов, определяющих связеобразование волокон. Для практической реализации нового подхода соискатель применил новейшее оборудование, современные графические и расчётные программы, которые ранее не использовались в оценке связеобразующих свойств волокон.

Результаты, полученные в ходе анализа свойств многослойного картона, не противоречат тем, которые получаются в соответствии с международными стандартами, а повышают точность измерений за счёт того, что исследованием одного образца определяется сразу 13 показателей картона. Это исключает вероятность ошибки, которая может возникнуть при изготовлении каждого образца для исследований.

Существующие методы, основанные на ИК-спектроскопии Фурье и на определении теплоты смачивания, не позволяют дать достоверной оценки по связеобразующим характеристикам волокон, так как требуют чёткого определения химического состава и равномерности распределения волокон в испытуемых образцах. Разработанный автором метод, защищённый патентом РФ, достоверно устанавливает протяжённости контактов волокон и их стенок с помощью графических и расчётных программ, тем самым количественно определяет факторы, влияющие на связеобразование волокон. Следует отметить, что разработанный метод, таким образом, позволяет объяснить причины изменения физико-механических характеристик картона при использовании сухого способа подготовки макулатуры.

Новизной также обладают эмпирические зависимости между физико-механическими характеристиками и содержанием волокон сухого способа подготовки в двух-, трёхслойном картоне. Достоверность экспериментальных данных подтверждается использованием стандартных методов измерений, принятых в нашей стране и в мире.

На основании проведённых экспериментальных исследований, установлена оптимальная композиция двух- и трёхслойного картона, содержащего волокна сухой подготовки макулатуры. Эта композиция впервые использовалась при промышленной выработке картона по разработанной технологии комбинированной подготовки макулатуры, запатентованной в РФ. Достоверность результатов исследований на производстве подтверждается тем, что партия картона с белым покровным слоем была реализована потребителю без нареканий, так как картон соответствовал требованиям, заданным техническими условиями предприятия.

В целом надо отметить, что научные положения, представленные в работе, а также выводы подкрепляются патентами РФ. Это говорит о том, что результаты фундаментальной и экспериментальной части работы прошли экспертизу в федеральном институте патентной собственности на предмет новизны и реализуемости предлагаемых технических решений.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

Громадный объем работы, представленный в диссертации, как правило, выполняется коллективом учёных. Большое значение имеет работа научного консультанта. Кроме того, автор благодарит профессора Смолина А.С. за его консультации по российским и международным Грантам. Однако очевидно, что ключевую и важнейшую роль в работе имеет автор. Это подтверждается тем, что соискатель является руководителем и исполнителем российских и международных проектов, результаты которых стали основой для написания диссертации.

Соискатель занимается решением проблемы ресурсосбережения при производстве картона более 10 лет, об этом свидетельствуют его научные труды, совокупность которых логично выстраивается в единое направление исследований, которое полностью соответствует теме диссертации. Практически во всех опубликованных работах соискатель находится на первой позиции в списке авторов. Очевидно, что Мидуков Н.П. по каждой из статей вёл переписку с редколлегией журналов, а также с патентными экспертами.

Автор работы предложил новый подход к количественному определению факторов, определяющих связеобразование волокон. Этот подход лёг в основу запатентованного метода оценки физико-химических показателей многослойного картона по микроструктуре поперечного среза. Мидуков Н.П. провёл экспериментальные исследования по подготовке макулатуры сухим способом, которые позволили оценить его влияние на физико-механические показатели двух- и трёхслойного картона. Часть опытов, автор провёл в Германии, в лаборатории технического университета Дрездена, что свидетельствует о заинтересованности и актуальности темы исследований не только в нашей стране, но и за рубежом. В списке трудов у соискателя десять

совместных статей с немецкими учеными, в том числе в зарубежных журналах, индексируемых в международных базах цитирования.

Проанализировав полученные экспериментальные данные, автор приступил к промышленной апробации разработанной технологии многослойного картона. Достоинством является то, что соискатель использует успешный опыт немецких коллег, но при этом не копирует их результаты, а проводит первую в мире промышленную выработку на российском предприятии. Именно он является руководителем и исполнителем научно-технического проекта, финансируемого Правительством Санкт-Петербурга на осуществление опытно-промышленной выработки многослойного картона тест-лайнера с использованием сухой подготовки макулатуры на российском предприятии.

Оценка содержания диссертации

Диссертация Мидукова Н.П. включает введение, четыре раздела, выводы и заключения, список использованных источников из 242 наименований, а также приложения. Общий объём работы - 304 страницы, содержит 127 рисунков и 13 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна работы и её практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В аналитическом обзоре (**в первом разделе**) рассмотрено современное состояние заявленной научно-технической проблемы, сравниваются ожидаемые результаты с мировым уровнем. Установлены причины снижения физико-механических характеристик бумаги и картона при сухой подготовке макулатуры, препятствующие масштабному внедрению ресурсосберегающей технологии в отечественную и мировую целлюлозно-бумажную промышленность. Проведён анализ перспективного направления повышения физико-механических показателей макулатурного картона, который заключается в организации многослойного формования (не только в два, но и в три слоя), в подборе оптимальной композиции. Установлено, что при производстве многослойного картона, сухая подготовка макулатуры прежде не применялась в мире, поскольку значительно снижала механические показатели, которые определяются связеобразованием волокон. Поэтому автор анализирует способы оценки межволоконных связей, которые используются в ведущих научных центрах, изучающих эти вопросы в Архангельске (Россия), Граце (Австрия), Дрездене (Германия), Северной Каролине (США), а также в Японии и в Канаде. Соискатель установил, что до сих пор не разработан способ количественной оценки связеобразования волокон в бумаге и картоне, который произведён из макулатуры. Автор проводит критический анализ методов ИК-спектроскопии Фурье и методов, основанных на определении теплоты смачивания. Эти методы эффективны для чистых, первичных волокнистых

материалов известной природы, но совершенно не применимы, для оценки связеобразования волокон не установленной природы с неравномерно распределёнными примесями, что характерно для макулатуры.

Таким образом, Мидуков Н.П. приходит к выводу, что необходим новый подход, который стал основой фундаментальной части исследований, описанных **во втором разделе.**

Второй раздел посвящён научным основам связеобразования волокон в многослойном картоне. Основным инструментом исследований является разработанная методика получения поперечного среза с помощью ионной резки картона для оценки основных факторов, определяющих межволоконные связи, а именно: совокупность воздействия сил водородных связей, сил механического сцепления и сил Ван-дер-Ваальса; природы волокон; взаимного расположения волокон; равномерности распределения волокон; наличия примесей.

Понимая, что разделить и отдельно оценить водородные силы связи, силы механического сцепления, силы Ван-дер-Ваальса в макулатурном картоне не получится, соискатель рассматривает их в совокупности. О том, что перечисленные силы следует рассматривать в совокупности, написано профессором Ивановым С.Н. В этой концепции соискатель находит единую и объединяющую их характеристику, которая заключается в сближении волокон, для возникновения вышеперечисленных сил. Именно этот факт взят за основу оценки факторов, определяющих физико-механические свойства картона. Для количественной оценки совокупности воздействия водородных сил связей, сил механического сцепления, сил Ван-дер-Ваальса в макулатурном картоне, автор использовал новую технологию подготовки образцов к сканирующей электронной микроскопии, которая основана на ионной резке. Мидуков Н.П. успешно применил графические и расчётные программы, которые позволили ему оценить общую протяжённость контактов волокон и их стенок в поперечном срезе, установил равномерность распределения волокон.

Разработанный метод позволил соискателю получить новые знания в области изучения физико-механических характеристик тест-лайнера с белым покровным слоем, полученным по технологии сухой подготовки макулатуры. В фундаментальной части рассмотрены три варианта использования сухого способа, которые в разной степени снижают затраты энергии и сырья («вариант А» – сухое диспергирование и аэродинамическое формование, «вариант В» – сухое диспергирование и традиционное формование, «вариант С» – сухое диспергирование с последующим размолотом в водной среде).

Полученные панорамные снимки высокого качества и их дальнейшая графическая обработка позволили автору выделить области среза волокон, по которым он установил их общую площадь и равномерность распределения. Затем соискатель определил шероховатость по выделенным профилям границ областей поперечного среза картона, оценил равномерность формования слоёв и

картона в целом. Ещё один важный показатель, который был установлен по анализу поперечного среза – это равномерность распределения мела.

Таким образом, оценены основные факторы, влияющие на связеобразование волокон и определяющие механические и поверхностные свойства. Фундаментальные представления стали основой для проведения экспериментальных исследований, в которых были подтверждены новые знания, положенные в основу ресурсосберегающей технологии многослойного тест-лайнера с белым покровным слоем.

В третьем разделе представлены результаты экспериментальных исследований по разработке ресурсосберегающей технологии многослойного тест-лайнера, направленные на снижение энергетических и сырьевых затрат, при сохранении механических и поверхностных характеристик картона.

Проанализирована перспектива производства в России трёхслойного тест-лайнера на плоскосеточных формующих устройствах. В этой концепции особое внимание уделено технологии очистки среднего слоя макулатуры, определяющего белизну и механические характеристики получаемого картона. Для выявления оптимальной дозировки очищенной от печатной краски газетной макулатуры в среднем слое получены зависимости свойств трехслойного тест-лайнера от её содержания. Полученные данные позволяют рекомендовать технологию, которая частично решает дефицит белых волокон и повышает при определённом содержании белизну тест-лайнера.

Для разработки способа снижения энергозатрат, а также благоприятного влияния на поверхность и некоторые механические свойства картона традиционный мокрый способ частично замещён на сухую подготовку макулатуры. Для выдачи рекомендаций по использованию предлагаемого способа, автор устанавливает оптимальную композицию для двух- и трёхслойного картона, включающего волокна сухого способа подготовки. Для выявления стадии подачи сухих волокон в массоподготовительный отдел производства картона, исследуются различные варианты сухой подготовки с добавлением волокон в массу. На основании результатов исследований сопротивляемости образцов на разрыв, продавливание, расслаивание, изгиб, сжатие на коротком расстоянии, автор определяется с составом картона, количеством слоёв, и местом подачи волокон сухой подготовки в массоподготовительный отдел производства. Полученная информация дала возможность осуществить первую в мире промышленную выработку тест-лайнера с белым покровным слоем на предприятии.

Об этом написано в **четвёртом разделе**. В нём даётся общая характеристика предприятия ОАО «Каравеево», на котором выполнялась промышленная выработка по предлагаемой технологии производства тест-лайнера. Первую серию экспериментов на предприятии автор проводит с целью получения тест-лайнера с белым покровным слоем, полученным из очищенной от печатной

краски макулатуры. Сопоставление результатов, полученных по предлагаемой и по существующей на предприятии технологии, дало положительную оценку технического решения в целом. Поэтому проводится вторая серия экспериментов, где сырьём для покровного слоя служит уже макулатура, частично подготовленная сухим способом и поданная в массоподготовительный отдел на стадию перед размолом.

Автор оценил физико-механические показатели, картона, полученного по предлагаемой, запатентованной, технологии комбинированной подготовки макулатуры сухим и мокрым способами.

При расчёте энергозатрат Мидуков Н.П. оценил энергетическую нагрузку на всех стадиях массоподготовки, предшествующих размолу (подача макулатуры в транспортёр, роспуск, дороспуск, перемешивание и транспортировка в насосах). Отдельно рассчитаны энергозатраты на производство сухих волокон из макулатуры в шредере и в роторно-вихревой мельнице с учётом транспортировки в трубах и подачей конвейером.

По результатам проведённой промышленной выработки автор установил, что без ущерба качеству сокращается на 51 кВт·ч энергии на тонну картона при производстве двухслойного тест-лайнера с белым покровным слоем массой квадратного метра 120-125 г., производительностью 60 т/сут с соотношением покровного и нижнего слоёв 50/50 %. Волокон сухой подготовки было добавлено 25 % от массы всего картона в покровный слой.

Выводы и заключения автор выделил в отдельные разделы. Кратко о результатах работы изложено в выводах, а более полно в цифрах и с пояснениями – в заключении.

Библиографический список включает в себя различные виды источников. Большая часть из них – это современные статьи зарубежных и российских авторов. В списке присутствует классическая литература известных в ЦБП учёных XX-XXI века. Примечательно, что один из источников датирован 1665 г.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней

Основные положения диссертации изложены в 47 публикациях, в том числе монография на тему: «Производство тест-лайнера с белым покровным слоем», 7 публикаций представлены в журналах, входящих в международные базы цитирования «Web of Science», «Scopus», и 12 статей в журналах из списка ВАК РФ, рекомендованных по специальности 05.21.03. Получено 4 патента РФ, из них два на изобретение и два на полезную модель, а также два положительных решения. Некоторые результаты исследований легли в основу учебного пособия, одобренного Министерством образования и науки РФ в 2012 году. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях.

Автореферат и диссертация полностью соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины.

Вопросы по работе

При оценке работы возникли следующие вопросы:

1. Разработка – это понятие процесса производства, которое располагается между прикладными исследованиями и проектированием. В связи с этим теоретические основы можно создавать, исследовать, но не разрабатывать.

2. Свойства тест-лайнера, и связезеобразования в том числе, исследованы на моделях, полученных в лабораторных условиях, где поперечные и продольные срезы практически одинаковы. Будут ли теоретические изыскания верны для тест-лайнера, полученного на БДМ? Особенно в продольном (по ходу движения сетки) направлении. Возможно комплексный анализ свойств продольного и поперечного срезов позволит дополнить теоретические представления.

3. Не совсем понятно утверждение автора (стр. 114, диссертация), что «...наиболее значимую роль играет способность волокон различных видов макулатуры активировать свою поверхность для связезеобразования, а не их химическая структура». Каким образом происходит активация? Почему химическая структура не влияет? Почему активация поверхности волокна рассматривается отдельно от химической структуры?

4. Исследование влияния продолжительности обработки макулатурной массы химикатами в диспергаторе при дороспуске (раздел 3.4.2., рисунок 3.21., стр. 174 диссертация). На рисунке изображено два графика с применением двух диспергирующих веществ. В обоих случаях расход диспергирующего реагента одинаков и составляет 1,95; 3,25; 4,55 мл. Автор делает вывод, что лучшая степень диспергирования макулатурной массы достигается при максимальном (в данном эксперименте) расходе реагента 4,55. Такое утверждение было бы убедительным, если бы при большем расходе этих реагентов содержание нераспустившихся волокон было больше. Автор не делает вывода, какой из двух реагентов лучше. Далее по тексту вводится нумерация реагентов-диспергаторов I и II (рисунок 3.22 стр. 177, диссертация) и приводится их расход. Какому реагенту автор отдает предпочтение? Использование термина «доза» на мой взгляд не совсем удачно. Лучше использовать термин «расход».

5. Классическая схема улавливания пылевых частиц (в том числе и при сухом роспуске макулатуры состоит из пылеосадительной камеры, аэроциклонной установки и воздушных фильтров. Отсутствие в схеме (рис. 4.12 стр. 234, диссертация; рис. 10, стр. 26, автореферат) пылеосадительной камеры увеличивает нагрузку на аэроциклоны и воздушные фильтры.

В технологической схеме не обозначены потери волокон и образование каких-либо отходов. Производился ли расчет материального баланса по воде и волокну? Сколько экономится воды при сухом роспуске?

Требуется пояснить какое оборудование используется для смешения сухих волокон с водой при сухом способе подготовки макулатурной массы?

6. Непонятно учтены ли при расчете снижения затрат энергии при производстве тест-лайнера с белым покровным слоем потери волокна при последовательной двухступенчатой обработке (сухой роспуск – мокрый способ роспуска короткого волокна).

Замечания по работе

На рисунке 2.22 диссертации (стр. 82) сложно разглядеть линии (и какого они цвета) контакта волокон между собой и стенок в волокне. Описание рисунка представлено на 85 стр.

На рисунке 2.37 диссертации (стр. 115) в подрисуночной подписи указана цифра 1, других цифр нет. На рисунке цифр тоже нет.

Не всегда соблюдены правила округления для значений, полученных экспериментальным путем, например, зольность 19,07; 8,05 (стр. 186 рис. 3,26).

При описании технологической линии производства картона лайнера с белым покровным слоем на ОАО «Каравеево» лучше было бы представить технологическую схему, а не фотографии отдельных узлов линии.

На рис. 4.12 (стр. 234, диссертация) представлена технологическая схема, а не способ переработки. Отсутствие в подрисуночной подписи позиции 9 (рис. 4.12 стр. 234, диссертация).

Недостатки, отмеченные по работе, не умаляют достоинств и ценности диссертационного исследования, подтверждающие достижение цели.

Заключение

В целом диссертация Мидукова Н.П. является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, решена научно-техническая проблема большого расхода энергетических и сырьевых затрат при производстве картона. Предложенная и апробированная технология комбинированной мокрой и сухой подготовки макулатуры позволяет сберечь энергетические ресурсы и рационально использовать сырьё. В результате получен продукт, тест-лайнер с белым покровным слоем, произведённый из 100 % макулатуры с сохранением механических характеристик за счёт многослойного формования картона и чёткого определения стадии подачи волокон, подготовленных сухим способом, в производство. Результаты работы являются решением проблемы, имеющей важное хозяйственное значение.

Диссертационная работа Мидукова Николая Петровича на тему: **«Ресурсосберегающая технология тест-лайнера с белым покровным слоем»** соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, ред. от 01.10.2018 г., а область исследований соответствует п. 6, 19 паспорта специальности (химия и технология бумаг и картона (п. 6); энергосберегающие и интенсивные технологические процессы более эффективного использования вторичных топливных и энергетических ресурсов химической технологии древесины с целью экономии натуральных видов топлива в технологии химической переработки биомассы дерева (в ЦБП, ГП, ЛХП, ДСПи ДВП) (п.19)).

Автор работы Мидуков Николай Петрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.21.03 – «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины».

Официальный оппонент

доктор технических наук (специальность 05.21.03. «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»), профессор, Заведующая кафедрой Технологии целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров, ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет.

620100, Свердловская область,
г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д.37
тел. +7(343) 254-65-05
8-904-383-46-63
e-mail: Vurasko2010@yandex.ru

Вураско Алеся Валерьевна