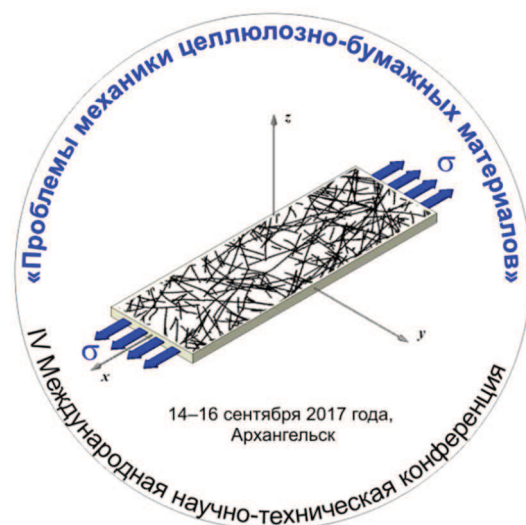




Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

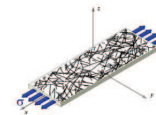
# ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ



## МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА

14–16 сентября 2017 г.

Архангельск  
2017



## РОЛЬ ЛИГНИНА В ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГОФРОКАРТОНА

**А.С. Смолин,<sup>1</sup> В.И. Комаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск, Россия

*В докладе рассмотрено влияние лигнина на процессы бумажно-картонного производства и гофрообразование. Показано, что лигнин в процессе производства лайнера и флютинга находится в застеклованном состоянии и не принимает участия в межволоконном связеобразовании. В процессе гофрообразования лигнин на гофровалу переходит в высокоэластическое состояние, затем при сушке основа застекловывается, что обеспечивает прочность гофрослоя.*

**A.S. Smolin,<sup>1</sup> V.I. Komarov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia

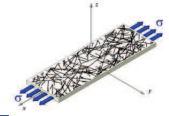
<sup>2</sup>The Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

## THE ROLE OF LIGNIN IN THE TECHNOLOGY OF CORRUGATED MATERIALS

*The report considers the influence of lignin on the processes of paper and board production and corrugation. It is shown that lignin in the process of the liner and fluting manufacturing is in a glass state and does not take part in the interfiber bonding. During the corrugation process the lignin passes into a highly elastic state, then, when dried, the substance is glassed, which ensures the strength of the corrugating media.*

Из общепринятой технологии гофро материалов хорошо известно, что для лайнера и, в большей степени, для флютинга используют лигнофицированные волокна. Полуфабрикаты, содержащие эти волокна, имеют высокие и сверхвысокие показатели жесткости – 60...100 ед. Каппа, то есть, содержат весьма ощутимые количества лигнина. Полуфабрикаты с высокой жесткостью, содержащие 9...15 % лигнина, гарантируют высокие показатели жесткости волокон, лайнера и флютинга и, соответственно, высокую жесткость при изгибе боковых стенок гофроящика, обеспечивающего его каркасность и штабелируемость [1].

В соответствии с традиционными представлениями о лигнине, он является гидрофобным полимером и препятствует набуханию и фибрилляции волокон. Кроме того, присутствуя на поверхности волокон, лиг-



нин сам не образует межволоконных связей и препятствует образованию связей целлюлозой и гемицеллюлозами [2].

Однако, хорошо известно, что лигнин содержит значительное количество функциональных групп, потенциально способных к образованию межволоконных водородных связей. Так, в лигнине содержатся гидроксильные группы двух типов – фенольные, связанные с бензольным кольцом, и спиртовые, находящиеся в пропановой цепи. Общее содержание гидроксильных групп обоих типов составляет 110...120 групп на 100 фенилпропановых единиц.

Кроме того, в лигнине содержатся карбонильные группы двух типов – альдегидные и кетонные. Общее содержание этих групп составляет в среднем 20 групп на 100 фенилпропановых единиц. Карбоксильные группы присутствуют в лигнине в небольшом количестве – в среднем 5 групп на 100 фенилпропановых единиц [3].

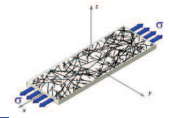
Таким образом, на каждую фенилпропановую единицу лигнина приходится 1,3...1,4 группы, способные к образованию межволоконных водородных связей.

Конечно, в целлюлозе таких групп 3 на одно глюкопирановое звено. Но гидроксильных, способных к межволоконному связеобразованию значительно меньше, поскольку большая часть из них связана сильной водородной связью в кристаллических участках целлюлозы. Однако, межволоконное связеобразование мы совершенно справедливо связываем с гидроксильными группами целлюлозы.

Практика показывает, что лигнин, несмотря на достаточное количество функциональных групп, потенциально способных к образованию водородных связей, не участвует в межволоконном связеобразовании, более того, препятствует образованию связей с целлюлозой.

Действительно, с ростом выхода волокнистых полуфабрикатов и, соответственно, ростом содержания в них лигнина, прочность полученных из них бумаги и картона значительно уменьшается.

Однако, следует отметить, что реальные практические результаты в свете вышеизложенного не находят убедительного разъяснения. Иными словами, непонятно, почему при наличии достаточного количества в лигнине функциональных групп, способных к образованию водородных связей, лигнин не образует связей между растительными волокнами в процессе производства бумаги и картона.



Для ответа на этот вопрос необходимо обратиться к основным положениям теории физического (релаксационного) состояния полимеров, составляющих лигнофицированные волокна – целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин, наиболее полно изложенным в монографии Э.Л. Акима [4].

К выводам, полученным на основании этой теории и имеющим крайне важное значение для производства бумаги, картона и гофрокартона, следует отнести:

- положение о том, что целлюлоза и гемицеллюлозы могут перейти из стеклообразного состояния в высокоэластическое при температуре 220 °С, однако в реальных условиях этот переход происходит при комнатной и даже минусовой температуре при условии пластификации достаточным количеством воды;

- переход лигнина из стеклообразного в высокоэластическое состояние происходит при температуре свыше 130 °С, а в условиях достаточного увлажнения – при температуре 80...120 °С;

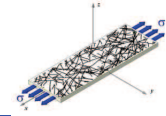
- образование прочных межволоконных связей возможно лишь в случае состояния полимеров, образующих контакт, в высокоэластическом либо вязкотекучем состоянии.

Рассматривая процессы размола, отлива, прессования и первой стадии сушки, следует отметить, что целлюлозная и гемицеллюлозная составляющая волокон постоянно находится в расстеклованном высокоэластическом состоянии, то есть, потенциально готова к связеобразованию, что и реализуется на последующих стадиях процесса сушки.

При этом лигнин, которого вполне достаточно в лигнофицированных волокнах, находится в стеклообразном состоянии, поскольку при размоле, отливе и прессовании при наличии необходимого количества воды температура процесса никоим образом не достигает 80 °С. Эта температура возможна в процессе сушки, но там воды явно недостаточно. При достижении сухости 55...60 %, где начинается образование прочных водородных связей, межволоконная вода практически отсутствует.

Таким образом, можно сделать вывод, что лигнин в технологическом процессе производства бумаги и картона постоянно находится в стеклообразном состоянии, и это основная причина неучастия лигнина в образовании межволоконных водородных связей, рис. 1.

Исходя из вышеизложенного, в лигнофицированных волокнах, используемых для производства лайнера и флутинга, составляющие волокна



полимеры находятся в процессе изготовления бумаги и картона в различных релаксационных состояниях.

Стеклообразное состояние лигнина исключает его участие в образовании водородных связей, но, предположительно, способствует увеличению доли сил трения в интегральных силах связи, что отмечалось в одной из кандидатских диссертаций, выполненных под руководством В.И. Комарова [5].

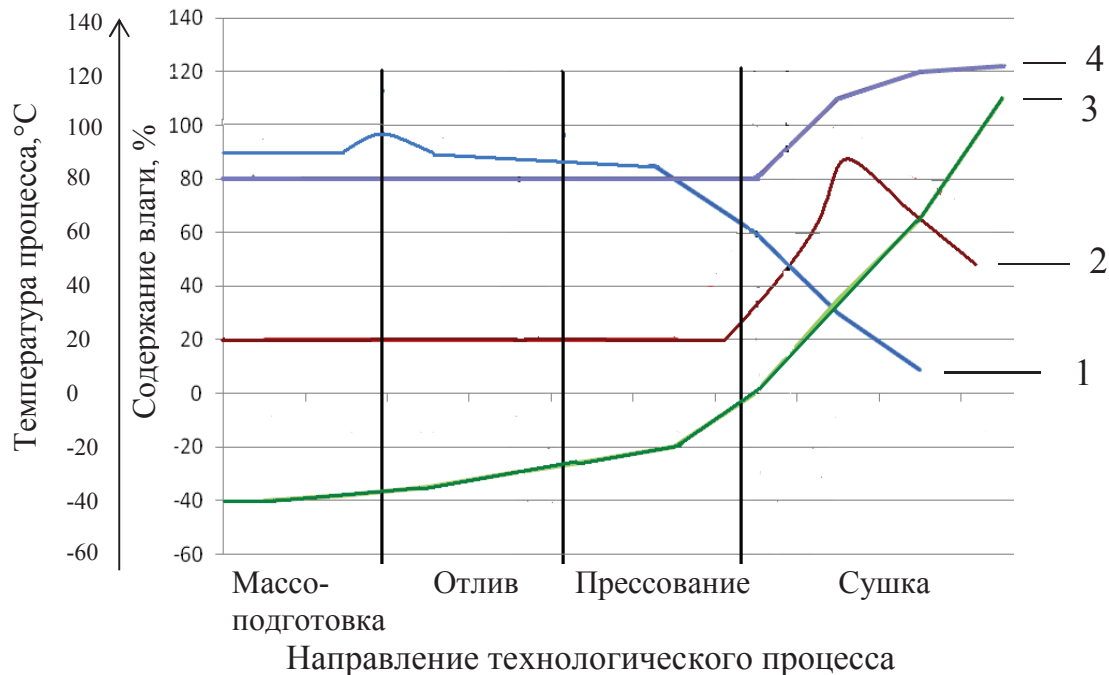
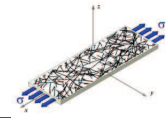


Рис. 1. Релаксационные переходы в производстве бумаги и картона: 1 – линия влагосодержания; 2 – линия температуры; 3 – температура стеклования целлюлозы и гемицеллюлоз; 4 – температура стеклования лигнина

Переход лигнина из стеклообразного в высокоэластическое состояние осуществляется в процессе гофрообразования в производстве гофрокартона.

Процесс гофрообразования – один из основных в технологии гофрокартона. Организация этого процесса определяет основные характеристики готового материала. Нарушения процесса гофрообразования приводит к снижению прочности гофр и их устойчивости, влияют на прочность адгезионного шва, могут привести к короблению различных типов.

Материалы для гофрокартона, устанавливаемые на раскаты гофроагрегата, находятся в застеклованном состоянии.



Перед подачей на гофрирование лайнер и флютинг подогреваются и увлажняются. Переход лигноцеллюлозных волокон, составляющих лайнер и флютинг, в высокоэластическое состояние происходит на гофровалах, где температура достигает 180...190 °С при достаточной влажности для релаксационного перехода целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина, рис. 2.

При повышенной влажности и достаточно высокой температуре, характерных для процесса гофрообразования, не исключен переход гемицеллюлоз и низкомолекулярных фракций лигнина в вязкотекучее состояние с образованием так называемого «лигнинового геля».

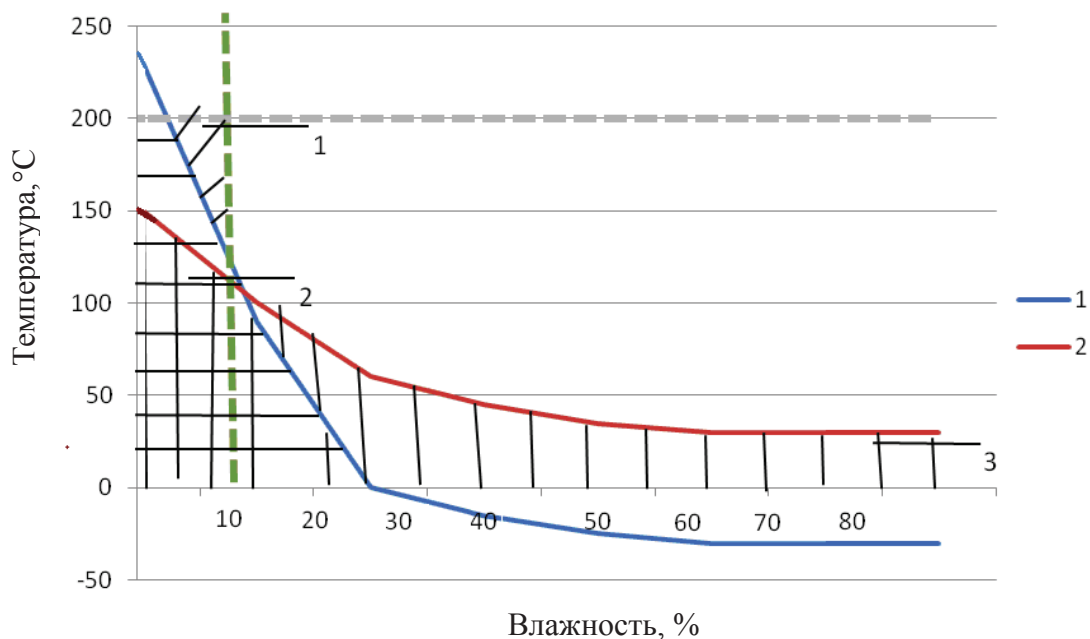
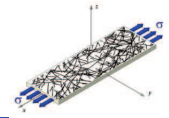


Рис. 2. Диаграмма состояния целлюлозы и лигнина в присутствии воды: 1 – зона оптимального гофрообразования; 2 – стеклообразное состояние целлюлозы; 3 – стеклообразное состояние лигнина; 1 – линия релаксационного перехода целлюлозы; 2 – линия релаксационного перехода лигнина; - - - линия допустимой влажности; - - - линия термического разложения целлюлозы

В результате релаксационного процесса деформация лигноцеллюлозных волокон переходит из упругой в пластическую. Пластификация флютинга – важнейшее условие успешного гофрообразования. Естественно, после образования гофр, благодаря термическому воздействию гофровалов, влажность флютинга снижается и возможен переход в стеклообразное состояние. Однако, практически сразу начинается процесс склейки вершин гофр и верхнего плоского слоя. В большинстве случаев, адгезивом является состав на основе крахмала с содержанием сухого вещества около 20 % и расходом 10-12 г/м<sup>2</sup> гофрокартона. Несложные расчеты показыва-





ют, что в месте склейки влажность материалов составит 30-35 %. Этого достаточно, чтобы предположить, что в месте склейки как флютинг, так и лайнер находятся в высокоэластическом состоянии, что обеспечивает хорошее проникновение адгезива в поверхностные слои флютинга и лайнера [6].

Таким образом, в процессе склейки весьма важен релаксационный переход из стеклообразованного состояния в высокоэластическое, причем этот переход происходит как при первой, так и при второй склейке. Последующая сушка приводит гофрослой, как и весь картон, в стеклообразное состояние, необходимое для формирования требуемых эксплуатационных характеристик гофрокартона.

В заключение следует отметить:

- на всех стадиях процесса производства бумаги и картона лигнин, входящий в состав лигноцеллюлозных волокон, находится в застеклованном состоянии, что исключает его участие в образовании межволоконных водородных связей;

- в процессе гофрообразования на гофровалах гофроагрегата все полимерные составляющие флютинга, в том числе лигнин, переходят из стеклообразного состояния в высокоэластическое, благодаря чему флютинг пластифицируется и образует гофры, которые приобретают необходимую жесткость благодаря последующему обратному переходу в стеклообразное состояние.

### Список литературы

1. Смолин А.С. Формирование основных характеристик картона-лайнера / В сб. «Год экологии в России и на предприятиях ЦБП. Качество макулатурного сырья. Производство бумаги и картона для гофротары и упаковки»: матер. и докл. 18-й Междун. научн.-техн. конфер. Караваяев, 25–26 мая 2017 г. – М.: ООО «Вива Стар», 2017. С.8–13.
2. Кларк Дж. Технология целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1983, 456 с.
3. Евстигнеев Э.И. Путь волокна. СПб.: Химиздат, 2012. 307 с.
4. Аким Э.Л. Обработка бумаги. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 229 с.
5. Блинова Л.А. Влияние фундаментальных и физико-механических характеристик волокнистых полуфабрикатов на свойства тест-лайнера. /Автореф. дисс. ... канд техн. наук.// Блинова Людмила Александровна. Архангельск, 2009. 20 с.
6. Смолин А.С., Комаров В.И., Дубовый В.К., Белоглазов В.И. Технология гофрокартона: учеб. пособие / СПб.: СПбГТУРП, 2014. 310 с.