



Ц

*Pulp*

еллюлоза

Б

*Paper*

умага

К

*Board*

артон

05 [2011]

- Репортаж с выставки в Стокгольме.
- Сообщают корреспонденты "ЦБК": Троицкая БФ; ООО "Илом Гофра".
- Обзор рынка: гофрокартон; газетная бумага.
- Большой проект: Братск – работа продолжается.
- Очередное заседание "Дискуссионного клуба".
- Наука и технология: новые разработки российских специалистов.
- За рубежом.
- Семинары, конференции, выставки...
- Листая страницы истории.



# «Проект Лиственница»<sup>1</sup>. Программно-аппаратный комплекс для изучения свойств древесины лиственницы

Э. Л. Аким, М. В. Коваленко,  
Н. Я. Рассказова, В. В. Васильев,  
О. А. Ерохина, Я. В. Бучельникова,  
Ю. Г. Мандре, СПб ГТУ РП

Переход отечественной ЦБП на инновационный путь развития может осуществляться только на основе одновременного расширения научных исследований. Эффективность научных исследований в значительной степени определяется совершенством исследовательской и научно-экспериментальной базы, которую интегрально обычно характеризуют величиной фондовооруженности, т. е. стоимостью основных фондов, принадлежащих на одного исследователя.

Задача современного приборного обеспечения научных коллективов принципиально не может решаться только путем приобретения современного оборудования. Это оборудование

очень быстро морально стареет и, если не заниматься непрерывным совершенствованием и реконструкцией, это обрекает исследователя на работу на устаревшем оборудовании.

Иллюстрацией к этой концепции является описываемая в предлагаемой статье инновационная реконструкция универсальной исследовательской установки «Инстрон-1121» с созданием на ее основе программно-аппаратного комплекса.

Универсальная установка «Инстрон-1121» была приобретена ЛТИ ЦБП в 1983 г., за счет специальных средств, выделенных институту Госпланом СССР после проведения в октябре 1982 г. выставки и совещания по вопросам производства в СССР синтетической бумаги (СБ) и целлюлозных композиционных материалов (ЦКМ). Установка, оснащенная современным, на уровне начала 1980-х гг., компьютерным оборудованием, была предназначена для широкого спектра исследований физико-механических свойств разно-

образных материалов – ЦКМ, бумаги, картона и др.

Установка «Инстрон-1121» (рис. 1) была широко использована для изучения свойств таких материалов, как синтетическая бумага и ЦКМ специального назначения. Эти материалы разрабатывались, прежде всего, для космоса и авиации, станков с числовым программным управлением (ЧПУ) для разных отраслей промышленности, в том числе **Минавиапрома**, для военной картографии, высококачественной полиграфии, механизации и автоматизации проектно-конструкторских работ и т. д. [2-4].

Обладая комплексом уникальных свойств (сверхвысокими физико-механическими свойствами, водостойкостью, сохранностью эксплуатационных свойств в любых климатических условиях), эти материалы требовали и для изучения их свойств нестандартного оборудования. При этом исследования на установке «Инстрон-1121» проводили не только для изучения свойств ис-

<sup>1</sup>«Проект Лиственница» осуществляется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России). Проект «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)» – вышел победителем открытого публичного конкурса по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства в целях государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций реального сектора экономики (Постановление Правительства РФ № 218). Инициатором проекта выступило ОАО «Группа «Илим». Партнером по комплексному проекту создания высокотехнологичного производства является «Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров» [1].



Рис. 1. Установка «Инстрон-1121» 1983-1984 гг. выпуска до реконструкции. На переднем плане компьютер, совмещенный с принтером фирмы HP марки HEWLETT PACKARD 85B

питуемых материалов, но и для создания научно-обоснованной технологии производства новых уникальных материалов и прогнозирования их свойств [3-4]. При создании ряда из новых материалов (ЦКМ и СБ) использовались принципы нанотехнологии [6].

Установка была широко использована при создании спектра новых видов синтетической бумаги и целлюлозных композиционных материалов и их постановке на производство на ряде предприятий целлюлозно-бумажной и химической промышленности [4, 5]. Кроме того, учитывая необходимость проведения исследований по влиянию на структуру целлюлозных материалов климатических условий (температура, относительная влажность воздуха) и активных жидких сред, была создана серия приборов для оценки структурных свойств этих материалов [6-14].

За прошедшие четверть века сменился ряд поколений компьютерной техники. Принципиально важным стал переход от аналоговых систем к цифровым. В то же время собственно ис-

пытательная часть изменилась очень мало, о чем свидетельствуют последние проспекты фирмы «Инстрон» [16]. Именно поэтому, на основе системного анализа блок-схемы установки, при начале реализации проекта «Лиственница», было принято решение о проведении инновационной реконструкции установки «Инстрон-1121» и создании на ее основе программно-аппаратного комплекса.

Объектами реконструкции стали: система управления установки, – компьютерная система измерения, программное обеспечение.

Структурная схема механической и измерительной части программно-аппаратного комплекса на базе универсальной испытательной установки «Instron-1121» приведена на рис. 2.

Для перехода от аналоговых систем к цифровым был осуществлен перевод систем управления и обработки данных с аналоговой на цифровую базу. Входной аналоговый сигнал преобразовывался в дискретный код (цифровой сигнал) с помощью аналого-цифрового преобразовательного устройства (АЦПУ). Обратное преобразование осуществили при помощи цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Аналоговый сигнал в АЦП преобразуется в последовательность цифровых значений. Следовательно, необходимо определить частоту выборки цифровых значений из аналогового сигнала. Частота, с которой производится цифровые значения, получила название частоты дискретизации АЦП.

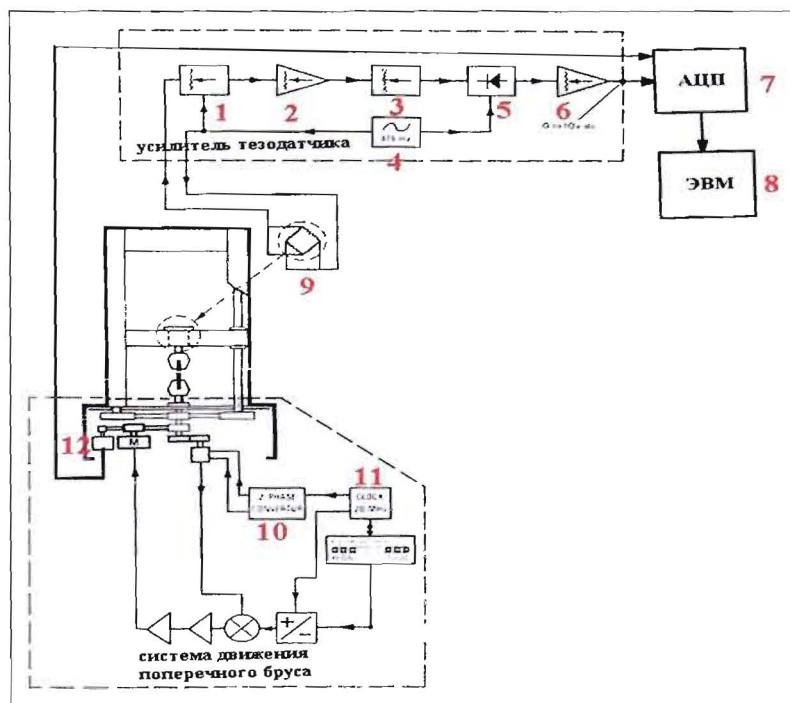


Рис. 2. Структурная схема механической и измерительной части программно-аппаратного комплекса универсальной испытательной установки «Instron-1121»: 1 – балансировка, 2 – калибровка, 3 – выбор диапазона нагрузки, 4 – генератор 375 Гц, 5 – демодулятор, 6 – установка нуля, 7 – блок аналого-цифрового преобразователя, 8 – персональный компьютер, 9 – тензодатчик, 10 – двухфазный преобразователь, 11 – синхронизатор 20МГц, 12 – установленный оптический энкодер.



При анализе направлений реконструкции испытательной установки стояла задача повышения точности измерения и регистрации перемещения подвижного захвата, а также создания возможности просматривать и регистрировать испытания в реальном времени, с последующей математической обработкой полученных данных.

Для увеличения точности регистрации перемещения было принято решение об установке дополнительно регистрирующего устройства деформации, а именно датчика угловых перемещений. С помощью винтовой передачи вращение двигателя испытательной установки преобразуется в возвратно-поступательное. На вал двигателя устанавливается датчик угловых перемещений – оптический инкрементальный энкодер. Он имеет разрешающую способность 1800 меток на 1 оборот вала двигателя, что дает возможность фиксировать перемещение захватов с точностью до 0,1 микрон. (Очевидно, что это точность регистрации, а собственно точность измерений определяется и точностью механических систем, их люфтами и т. д.). Платы АЦП и ЦАП подключаются по интерфейсу USB 2.0 персонального компьютера.

Для регистрации и ввода сигналов с тензометрического датчика (датчик силы) и датчика деформации (оптического энкодера), с дальнейшим пересчетом полученных экспериментальных данных, был установлен аналого-цифровой преобразователь **Zet210** с базовым программным обеспечением «**ZetLab**», обеспечивающим ввод данных в компьютер с последующим сохранением данных на жестком диске ПК.

В результате создания программно-аппаратного комплекса и инновационной реконструкции универсальной исследовательской установки «Инстрон-1121» были адаптированы и усовершенствованы следующие методики, разработанные на кафедре Технологии целлюлозы и композиционных материалов:



Рис. 3. Программно-аппаратный комплекс на основе инновационной реконструкции универсальной исследовательской установки «Инстрон-1121», подготовленный к испытаниям древесины в режиме сжатия.

- Методика испытания древесины в условиях одноосного сжатия, с определением модуля упругости, работы сжатия и др. характеристик деформационного процесса сжатия.

- Методика определения твердости древесины по Янка.

- Методика определения прочности на разрыв в условиях одноосного растяжения.

- Методика измерения релаксации напряжения ЦКМ в условиях одноосного растяжения.

- Методика определения модуля упругости ЦКМ при статическом нагружении, в условиях одноосного растяжения.

- Методика измерения остаточной деформации ЦКМ в условиях одноосного растяжения.

- Методика определения отдельных компонент деформации ЦКМ в условиях одноосного растяжения.

В результате модернизации на установке «Instron-1121» стало возможным проведение высокоточных измерений твердости древесины [17], в частности твердости по Янка, используемого для оценки твердости древесины [17], сконструирована приставка в виде магнитного шарика. Характеристика твердости выражается в силе (в фунтах, в ньютонах или килоньютонах), которую нужно приложить к металлическому шарiku диаметром 0,444 дюйма (11,28 миллиметра), чтобы вдавить его в древесину на половину диаметра (рис. 4). Проведение испытания заключается в фиксации спила древесины на нижней плат-

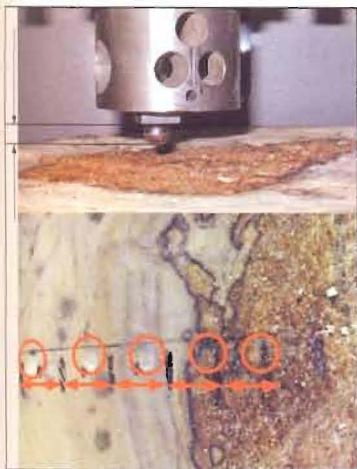


Рис. 4. Модель проведения теста твердости по Янка

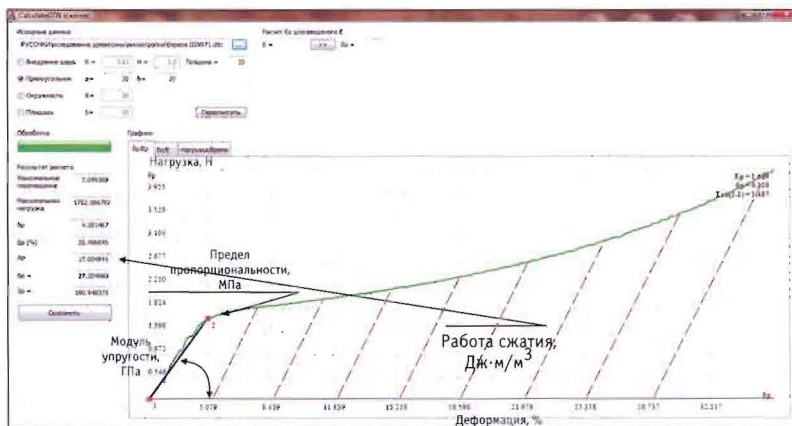


Рис. 5. Кривая сжатия древесины

форме испытательной машины. По показаниям датчика перемещения верхней траверсы фиксируется максимальная нагрузка в момент внедрения шарика на половину диаметра. Испытание спила проводятся от центра к периферии с шагом не более 2-х см. Результаты теста твердости по Янка дают возможность оценки структурных изменений по радиусу спила древесины, вызванных биологическими, климатическими и другими факторами.

Метод графоаналитического анализа кривой сжатия (рис. 5) древесины в программе **Calculator DTN** позволяет автоматически получить следующие характеристики: Деформация сжатия, %; Работа сжатия, Дж·м/м<sup>3</sup>; Работа сжатия в упругой области, Дж·м/м<sup>3</sup>; Модуль упругости, ГПа; Предел пропорциональности, МПа.

Программно-аппаратный комплекс на основе реконструированной универсальной исследовательской установки «Инстрон-1121» позволяет решать широкий спектр задач при разработке инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы:

- Определение физико-механических свойств древесины лиственницы в условиях одноосного сжатия;

- Определение модуля упругости при сжатии;
- Определение работы сжатия;
- Определение анизотропии физико-механических свойств древесины лиственницы в условиях одноосного сжатия с целью оптимизации раскроя древесины при механической переработке;
- Оценку изменения физико-механических свойств древесины лиственницы под действием жидких сред, например, при проведении водной экстракции, с целью оптимизации параметров химической переработки древесины лиственницы.

Таким образом, предлагаемый комплекс стал одним из важнейших элементов при разработке научно-обоснованных инновационных технологий комплексной переработки древесины лиственницы.

**Список литературы.**

1. Чуйко В. А., Аким Э. Л. «Актуальные проблемы инновационного развития целлюлозно-бумажной промышленности России», «Целлюлоза. Бумага. Картон.», № 8, стр. 3-9, 2010.
2. Аким Э. Л. Обработка бумаги (основы химии и технологии обработки и переработки бумаги и картона). – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 232 с.
3. Аким Э. Л. Синтетические полимеры в бумажной промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 248 с.

4. Аким Э. Л. Новые виды синтетической бумаги и целлюлозных композиционных материалов – высокопрочные носители информации для ЭВМ. В сб. «ЭВМ в проектировании и производстве», Выпуск 3, Л., «Машиностроение», Ленингр. отд-ние 1987. стр. 326-344.

5. Аким Э. Л. Взаимодействие целлюлозы и других полисахаридов с водными системами. В книге «Научные основы химической технологии углеводов». // Отв. ред. А.Г. Захаров. М.: Издательство ЛКИ. 2008. с. 265-348.

6. Аким Э. Л., Коваленко М. В., Малков С. Ю., Махотина Л. Г., Никандров А. Б., Рассказова Н. Я. «Волшебное» слово – «нано», «Целлюлоза. Бумага. Картон.», № 4, стр. 3-4, 2010.

7. Романов В. А., Матвеева Т. Н., Аким Э. Л. Влияние относительной влажности воздуха на упруго-релаксационные свойства бумаги. – Химия древесины, 1986, № 4, с. 18-25.

8. Ерохина О. А., Романов В. А., Романова Т. Н., Аким Э. Л. Использование сорбционных методов для оценки структурных изменений целлюлозных материалов в напряженно-деформированном состоянии. – Методы исследований целлюлозы. Тезисы докладов. Рига, 1989. – с. 154-157.

9. Романов В. А., Ерохина О. А., Романова Т. Н., Аким Э. Л. Температурно-влажностные границы релаксационных



состояний бумагообразующих полимеров. – Химия древесины. – 1990, № 4, с. 32-37.

10. **Аким Э. Л., Ерохина О. А., Романов В. А., Романова Т. Н.** Взаимосвязь деформационных и сорбционных свойств целлюлозных материалов в напряженно-деформированном состоянии. – Химия древесины. – 1989, №4, с. 27-33.

11. **Романов В. А., Бондаренко Е. А., Аким Э. Л.** Влияние пластифицирующей газовой среды на температуру стеклования природных и синтетических бумагообразующих полимеров. – Тезисы докладов VI Всесоюзной конференции, Минск, 1990. с. 271.

12. **Козлов Е. П., Романов В. А., Аким Э. Л.** Проблемы и возможные пути улучшения электроизоляционной фенилоновой бумаги. – Тезисы докладов научно-практической конференции, Киев, 1991, с. 5-17.

13. **Аким Э.Л., Романов В.А., Ерохина О.А., Каталевский К.Е., Григорьев В.Н.** Способ определения температуры стеклования образцов полимерных материалов. – А.с. СССР № 1627894, опубл. БИ 1991, № 6.

14. **Аким Э.Л., Романов В.А., Дорохин Б.А., Петрова Н.М.** Устройство для испытаний образцов материалов на ползучесть. – АС. СССР

№ 1527551 опубл. Б. И.1989 № 45.

15. **Аким Э.Л., Романов В.А.** Структура и релаксационные свойства бумаги как основы целлюлозных композиционных материалов. – Химия древесины, 1986, № 4, с. 12-17.

16. New INSTRON 5900 Series Universal Testing System. «Instron Corporation».

17. **Michael C. Wiemann and David W. Green.** Estimating Janka Hardness from Specific Gravity for Tropical and Temperate Species. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory Research Paper FPL-RP-643 Madison, WI: Forest Products Laboratory, September 2007.

## Возможна серьезная экономия

**ABB** в течении многих лет предлагает услугу по оптимизации процессов в бумажной промышленности – **Paper Machine Fingerprint**. Это решение дает возможность производителям в ЦБП осуществить полную оценку процесса производства и определить области с потенциалом для развития и усовершенствования. На основе анализа от **ABB** комбинат получает соответствующие рекомендации для оптимизации вместе с расчетом прибыли на инвестиционный капитал.

«Согласно нашему опыту, типичный целлюлозно-бумажный комбинат, внедрив наши оптимизационные решения, может получить доход, в 5-10 раз превышающий размер инвестиций, благодаря более эффективному и оптимизированному производству бумаги», – говорит **Йонас Варнквист**, специалист по оптимизации процессов и управлению качеством **ABB**. «Средний шведский целлюлозно-бумажный комбинат может сэкономить около 1-2,5 миллионов крон (115 тыс. – 300 тыс. евро) только путем улучшения тех областей производства, которые мы определяем благодаря диагностике **Fingerprint**».

Во время диагностики **ABB** оценивает каждую составляющую производственного процесса и осуществляет поиск оптимизационного потенциала с точки зрения механики, а также техники автоматического регулирования. Диагностика может указать на процесс, инструмент или проблемы автоматизации. **ABB** осуществляет оценку любой бумагодельной машины независимо от характера ее системы автоматизации.

«Мы всегда предоставляем непрерывный контроль исполнения после завершения диагностики и внедрения изменений с целью обеспечения долговременных улучшений и возврата инвестиций заказчика», – отмечает **Й. Варнквист**.

Диагностика **Fingerprint** предоставляет основу для последующих сравнений и анализа производительности комбината. **Fingerprint** также включает в себя план оптимизации, который содержит выявление оптимизационного потенциала и определяет приоритет мер для наилучших возможностей экономии. Расчет прибыли на инвестиционный капитал – это очень важный инструмент, который в доступной форме иллюстрирует, как оптимизация обеспечивает снижение издержек.

Для осуществления такой всеобъемлющей оценки компания должна иметь глубокое понимание процессов каждого участка целлюлозно-бумажного комбината. **ABB** приобрела такое понимание благодаря своему многолетнему опыту и передовым знаниям в ЦБП.

Пресс-релиз