

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. С.М. Кирова

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
по самостоятельному изучению дисциплины для студентов,
обучающихся по направлению 35.04.02
«Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств»

Санкт-Петербург
2014

Рассмотрены и рекомендованы к изданию учебно-методической комиссией
факультета механической технологии древесины
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета
имени С. М. Кирова

14 февраля 2014 г.

С о с т а в и т е л и :

доктор технических наук, профессор **А. Н. Чубинский**,
кандидат технических наук, доцент **А. А. Тамби**

О т в. р е д а к т о р

доктор технических наук, профессор **А. Н. Чубинский**

Р е ц е н з е н т

кафедра технологии лесопиления и сушки древесины **СПбГЛТУ**

В методических указаниях представлено содержание дисциплины, даны рекомендации по методике её изучения, приведены контрольные вопросы для тестирования, а также рекомендуемая литература.

Табл. 2, Ил. 26, Библ. 12

В в е д е н и е

Расширение ассортимента продукции, тенденции к увеличению производственной мощности и диверсификации предприятий деревообрабатывающей промышленности, совершенствование технологических процессов, а также методов и средств обработки требуют использования новых современных подходов к прогнозированию и контролю свойств древесины для получения продукции с заданными размерными и качественными характеристиками.

Развитие средств и методов контроля древесных материалов невозможно без подготовки специалистов в этой области, способных обоснованно принимать решения по использованию тех или иных способов оценки качества выполнения технологических операций.

В производстве материалов из древесины следует стремиться к комплексному использованию всей массы древесного сырья, руководствуясь требованиями к качеству готовой продукции, что достаточно сложно выполнить с помощью визуальной оценки как круглых лесоматериалов, так и продукции. В соответствии с европейскими нормами оценке подвержены не только внешний вид материалов, но и их прочностные характеристики. С учетом экспортной направленности лесного сектора России современный специалист должен обладать знаниями в области оценки материалов из древесины, как по Российским, так и зарубежным стандартам, имеющим принципиальные различия.

Целью изучения дисциплины является получение знаний и умений в области инновационных методов контроля свойств древесины и материалов на ее основе.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Инновационные методы контроля древесины и древесных материалов» изучается студентами факультета механической обработки древесины на втором курсе подготовки магистра по направлению 350402 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств».

Дисциплину нельзя изучать без глубокого усвоения древесиноведения и физики древесины, а также технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, поскольку выбор методов и средств контроля зависит не только от свойств древесины, но и от назначения и технологии производства каждого вида продукции.

Прежде чем приступить к изучению дисциплины, студенту необходимо ознакомиться с учебной программой, приведенной ниже. Учитывая отсутствие единого учебника по этой дисциплине, а также скорость развития современных методов и технологий, студенту целесообразно составлять краткие конспекты по каждой теме на основе лекций и анализа литературы, список которой приведен в методических указаниях.

В ходе изучения дисциплины после каждой темы целесообразно устраивать самоконтроль, отвечая на вопросы, изложенные в методических указаниях (раздел 5).

Дисциплина изучается студентами дневной формы обучения в течение одного семестра и заканчивается сдачей экзамена.

Основными задачами дисциплины являются:

- углубленное усвоение свойств сырья и материалов, подлежащих контролю;
- углубленное усвоение связей между свойствами сырья и продукции;
- усвоение методов и средств, применяемых при оценке сырья, материалов, продукции и требований к ним.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать методы и средства оценки состояния древесины и древесных материалов с использованием неразрушающих методов контроля и дефектоскопии;
- знать методы и средства контроля качества готовой продукции;
- уметь обосновать методы и средства контроля состояния древесины;
- уметь определять свойства сырья, материалов и изделий из древесины с использованием инновационных методов контроля.

Для успешного изучения дисциплины студенту необходимы знания в области:

- древесиноведения и лесного товароведения;
- физики древесины;
- технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств.

2. ТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение. Классификация методов контроля свойств древесины и древесных материалов

Классификация методов контроля свойств древесины и древесных материалов. Назначение методов. Достоинства и недостатки.

Тема 2. Методы контроля свойств круглых лесоматериалов

Оценка размерных и внутренних характеристик круглых лесоматериалов и пиломатериалов. Лазерное сканирование. Оценка внутреннего строения круглых лесоматериалов методом компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

Тема 3. Методы оценки свойств пиломатериалов, шпона и измельченной древесины

Требования к пиломатериалам, лущеному и строганому шпону. Оценка плотности. Методы оценки влажности. Оценка свойств, проявляющихся под воздействием излучений. Оценка качественных характеристик.

Оценка размерно-качественных характеристик технологической щепы. Оценка размерно-качественных характеристик частиц для изготовления ДСтП. Методы оценки влажности измельченной древесины.

Тема 4. Методы контроля клееных материалов. Заключение

Оценка прочности и сплошности клеевых соединений цельной древесины: микроскопия, рентгенография, ультразвуковая дефектоскопия.

Методы оценки качества фанеры, ДСтП, ДВП и ДСП. Методы оценки качественных характеристик LVL бруса и CLT панелей.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М.: МГУЛ, 2007 – 351 с.
2. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Чубинский М.А. Физика древесины. СПб.: СПбГЛТА, 2011 – 68 с.
3. Флер Люнкетюд, Фредерик Моте, Бахшиева М.А., Чубинский А.Н., Тамби А.А., Патрик Шарпентье, Винсент Бомбардье Исследование процесса идентификации древесных пород по макроскопическим признакам с использованием компьютерной томографии. //Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии-СПб .:СПбГЛТУ, 2013. № 202, с. 158-168.
4. А.А. Тамби, А.В. Теппоев, Ю.А. Шимкевич, И.Е. Гальсман Методика применения магнитно-резонансной томографии для оценки внутреннего строения и влажности круглых лесоматериалов. //Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии-СПб .:СПбГЛТУ, 2013. № 203, с. 100-107.
5. А.Н. Чубинский, А.А. Тамби Метод контроля клеевых соединений в процессе производства клееных брусков из цельной древесины//Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии им. С.М. Кирова -СПб.: СПбГЛТА, 2008. Вып. 185, 208 - 213 с.

6. Чубинский А.Н., Федяев А.А., Паврос К.С., Теплякова А.В., Лозак А.А. Исследование отклонения ультразвукового пучка при прозвучивании древесины//Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»- Санкт-Петербург. :СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. № 6, с. 77-82.
7. А.А. Тамби, В.Л. Швец. Анализ некоторых таксационных характеристик сосны в Республике Карелия. Материалы пятой международной научно-практической интернет-конференции //Леса России в XXI веке. – СПб.: СПбГЛТА, 2010 г., С. 34-37.
8. А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, А.А. Федяев. Влияние строения и свойств древесины на прочность ее склеивания. //Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 190, СПб.: СПбГЛТА, 2010 - с. 155-163.
9. Тамби А.А. Технология склеивания древесины с применением рентгенографии для контроля клеевых соединений. Автореферат канд. тех. наук. – СПб., 2009 г. – 20 с.
10. Федяев А.А. Технология склеивания строганых пиломатериалов с использованием ультразвуковой диагностики. Автореферат канд. тех. наук. – СПб., 2011 г. – 18 с.
- 11.ГОСТ 2708-75 “Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов”
- 12.Официальный сайт компании Автоматика-Вектор www.a-vektor.ru

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение. Классификация методов контроля свойств древесины и древесных материалов

Изучение дисциплины следует начинать, ознакомившись с тематическим содержанием дисциплины, целью и задачами ее изучения. В рамках изучения дисциплины формируются профессиональные компетенции студента в области методов и средств контроля древесного сырья и материалов из древесины.

Самостоятельное изучение дисциплины осуществляется на основе знаний, полученных в процессе аудиторных занятий, а также сведений из указанных литературных источников и иных материалов.

Основные положения дисциплины базируются на фундаментальных знаниях о строении и свойствах древесины, а также технологии производства продукции из древесины и древесных композиционных материалов.

Из технологических дисциплин, изучающих процессы переработки древесины, студенту известны параметры подлежащие входному контролю круглых лесоматериалов (размерно-качественные характеристики сырья), факторы влияющие на качество обработки (рис. 1, 2) и факторы, влияющие на выбор режимов обработки (табл. 1).

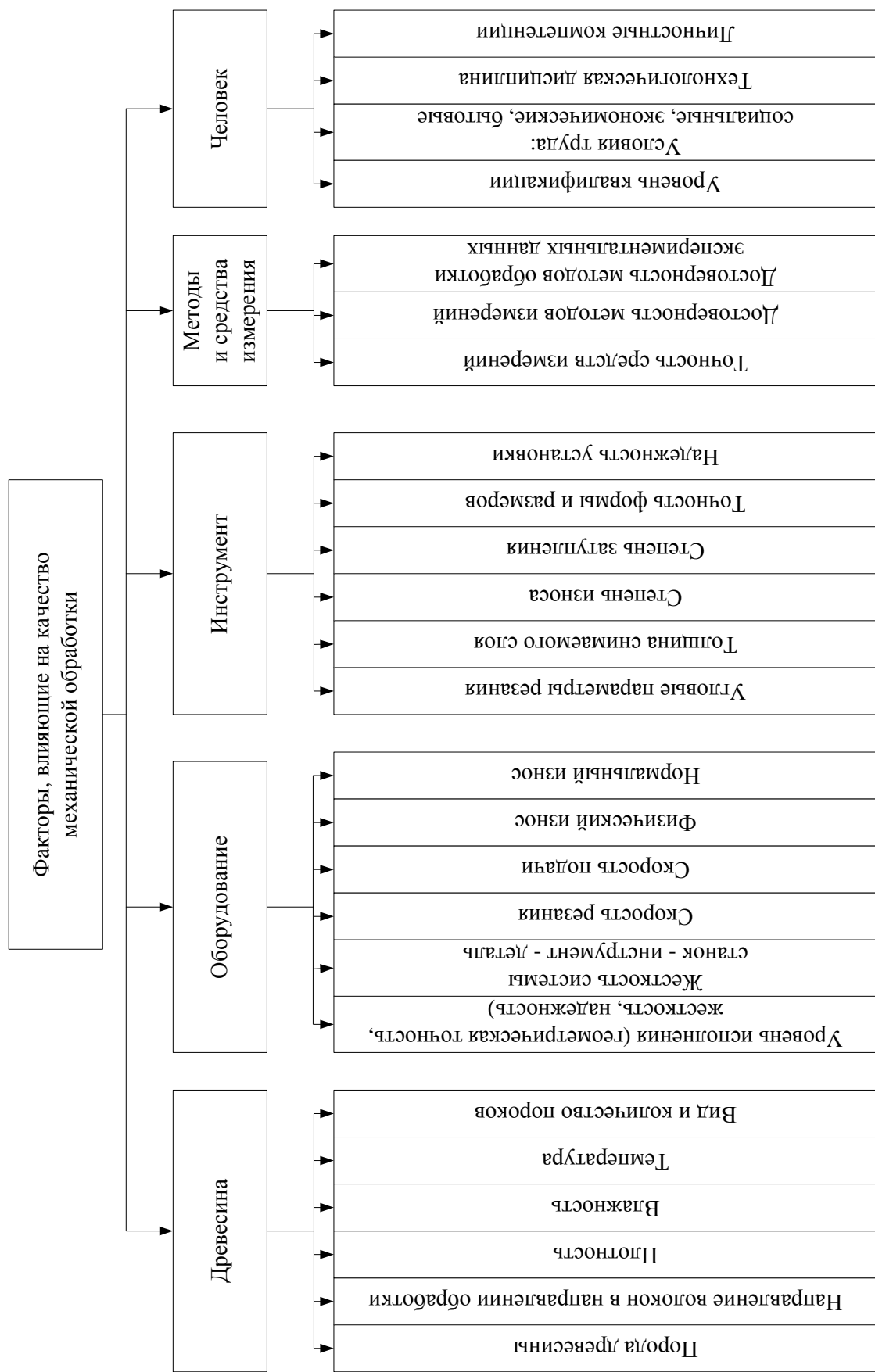


Рис. 1. Факторы, влияющие на точность и шероховатость поверхности обработки

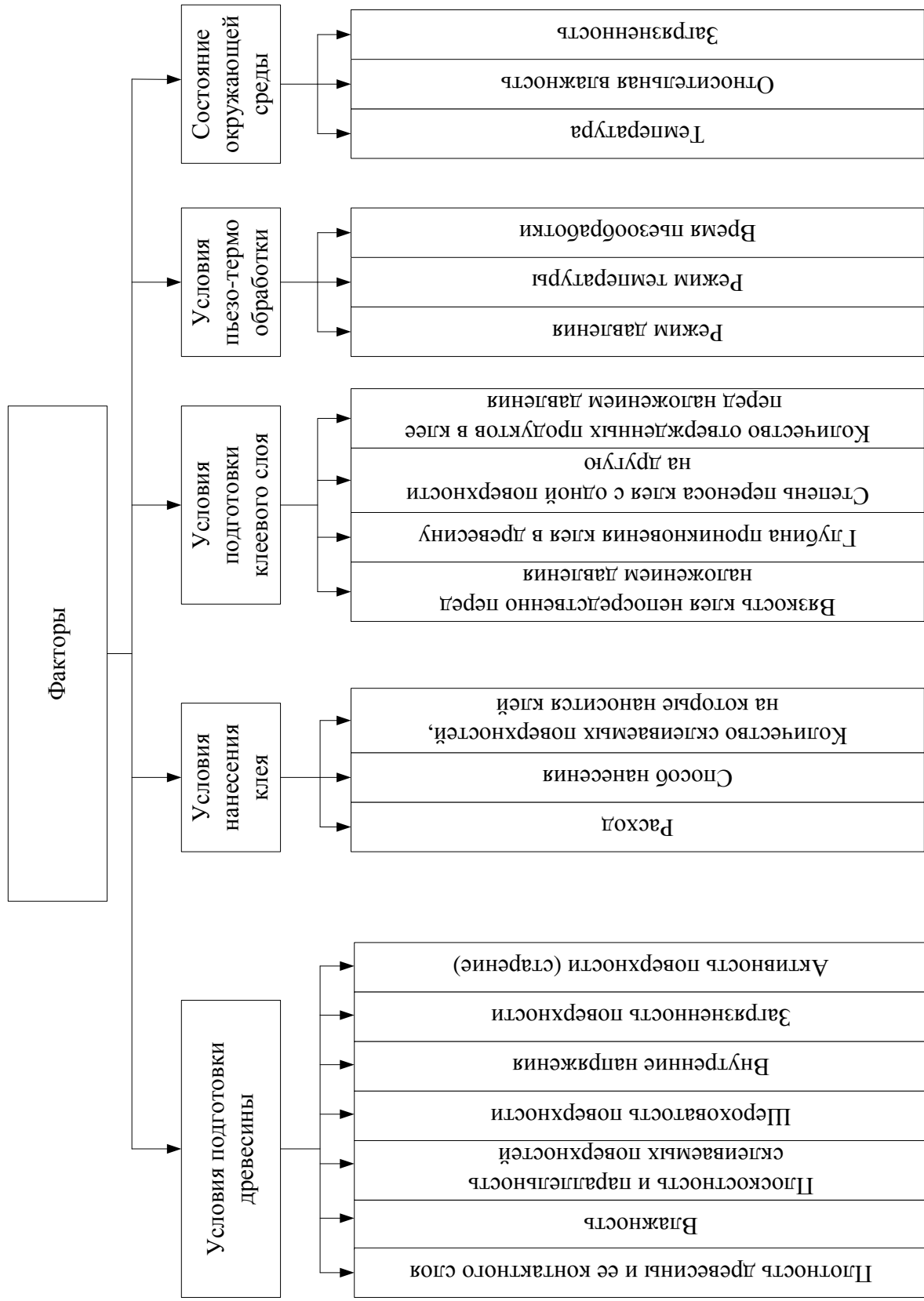


Рис. 2. Классификация факторов, влияющих на формирование клеевого соединения

Таблица 1

Факторы, влияющие на выбор режима обработки

Наименование операции, способа обработки	Основные выходные параметры	Основные влияющие факторы (управляющие воздействия)	Основные контролируемые входные параметры
1	2	3	4
Операции, сопровождающиеся сложными физико-химическими явлениями			
1. Гидротермическая обработка сырья в фанерном производстве	Температура на поверхности чурака ($t_{\text{ч}}$) и условного карандаша ($t_{\text{к}}$). Разность температур ($t_{\text{ч}}$) и ($t_{\text{к}}$). Равномерность распределения влаги по сечению чурака.	Температура воды в бассейне в процессе обработки Продолжительность обработки.	Температура сырья. Порода древесины. Диаметр сырья
2. Сушка древесины	Влажность древесины. Равномерность распределения влажности по сечению. Внутренние напряжения. Усушка.	Температура агента сушки в процессе обработки. Относительная влажность воздуха в сушильном агрегате в процессе обработки. Продолжительность отдельных стадий и процесса в целом. Продолжительность кондиционирования.	Начальная влажность древесины. Начальная температура древесины. Порода древесины.
Склеивание древесины	Прочность при скалывании после вымачивания или кипячения. Прочность при изгибе. Наличие несклеенных мест.	Способ склеивания. Температура склеивания. Продолжительность склеивания. Давление на склеиваемые сортаменты. Расход клея.	Вид и свойства клея. Вид и количество отвердителя. Влажность древесины. Шероховатость поверхности. Точность обработки. Порода древесины.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
4. Склеивание шпона в производстве фанеры и фанерных плит	Прочность при скалывании после вымачивания или кипячения. Прочность при изгибе. Точность толщины фанеры. Упрессовка. Влажность фанеры. Плотность фанеры, фанерных плит. Наличие непроклеенных мест – «пузырей»	Способ склеивания. Температура склеивания. Продолжительность склеивания. Давление на пакет в процессе склеивания. Расход клея.	Вид и свойства клея. Вид и количество отвердителя. Влажность шпона. Шероховатость поверхности шпона. Точность толщины шпона. Порода древесины. Наличие на поверхности шпона инородных веществ.
Операции обработки резанием			
1. Пиление	Точность формы и размеров. Шероховатость поверхности. Неровности обработки.	Вид и размеры инструмента. Величина подачи на зуб. Степень износа и затупления инструмента. Скорость резания. Скорость подачи.	Порода древесины. Размеры обрабатываемых заготовок. Влажность древесины. Точность формы и размеры заготовок.
2. Цилиндрическое фрезерование.	Точность формы и размеров. Шероховатость поверхности. Неровности обработки.	Вид инструмента. Степень износа и затупления инструмента. Скорость резания. Скорость подачи.	Порода древесины. Размеры обрабатываемых заготовок. Влажность древесины. Точность форм и размеры заготовок.
3. Шлифование.	Шероховатость поверхности. Неровности обработки.	Вид и зернистость шлифовальной шкурки. Способ шлифования. Число проходов и зернистость шкурки на каждом проходе.	Порода древесины. Влажность древесины. Точность формы и размеры заготовок. Шероховатость поверхности заготовок.

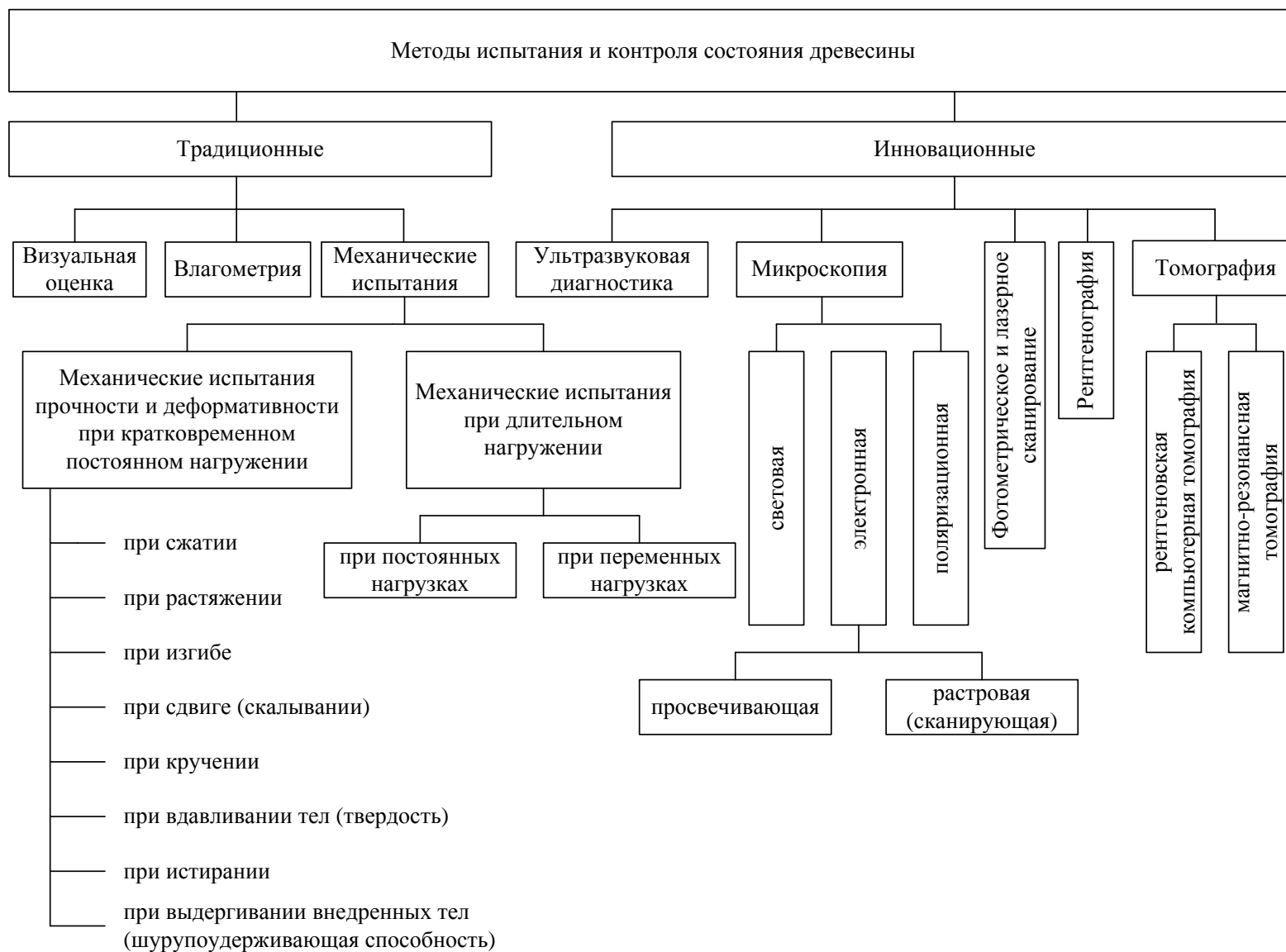


Рис. 3. Классификация методов испытаний и контроля состояния древесины

В отечественном производстве пиломатериалов и фанеры оценка состояния древесного сырья и продукции производится с целью установления ее соответствия определенному сорту в зависимости, преимущественно, от наличия и размерно-качественных характеристик пороков древесины и дефектов обработки, определяемых визуально. Контроль состояния круглых лесоматериалов необходим производству для прогнозирования как объемного, так и качественного выхода пиломатериалов и шпона.

Возрастающие требования к конструкционным лесоматериалам из древесины: пиломатериалам для строительства и для изготовления клееных деревянных конструкций, фанеры и LVL, требуют ухода от традиционной субъективной оценки состояния продукции, применения современных методов и средств неразрушающего контроля.

Студент должен знать свойства древесины, подлежащие контролю, методы испытаний, предусмотренные действующими российскими и зарубежными стандартами, их назначение, принципы действия. Анализ методов испытаний и контроля состояния древесины, используемых как в нашей стране, так и в индустриально развитых странах, показывает все возрастающее применение рентгено- и томографии для исследования внутренней структуры и состояния сырья, ультразвуковой диагностики физических и механических свойств как древесины, так и клееных древесных материалов, лазерного сканирования для определения формы и размеров сортиментов, фотометрической идентификации видимых пороков.

Методы контроля свойств круглых лесоматериалов

Студенту необходимо, в первую очередь, уяснить какие свойства круглых лесоматериалов подвергаются оценке, а также влияние оцениваемых параметров на свойства получаемых древесных материалов. Важными являются, безусловно, те, которые оказывают влияние на эффективность работы предприятия, т.е. те, от которых зависит цена будущей продукции и ее себестоимость. Цена пиломатериалов зависит во многом от качественного, а себестоимость – от их объемного выхода при раскросе пиловочных бревен. В связи с этим на производстве постоянно решается компромиссная задача, в общей постановке следующая: как использовать сырьё для получения пиломатериалов и технологической щепы, обеспечивающих максимальную прибыль при минимальной себестоимости. Для правильного решения этой задачи необходимо иметь полную информацию о размерно-качественных характеристиках сырья, с одной стороны, и о требованиях покупателя к пиломатериалам – с другой. Получение полной точной информации о состоянии сырья (размерах, форме, плотности, влажности, количестве и качестве пороков) невозможно визуальным методом, вот почему ему на смену пришли инновационные методы контроля, включая лазерное сканирование, фотометрию, рентгенографию, компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию и др.

Студенту известно, что в соответствии с действующими нормативными документами приемка и сортировка круглых лесоматериалов, предназначенных для изготовления пиломатериалов и фанеры, основывается на определении диаметра и длины сортиментов, зная которые определяют их объем. Помимо этого устанавливается сортность в зависимости от размерно-качественных характеристик пороков на видимых поверхностях и кривизны сортиментов. Сортируют и учитывают круглые лесоматериалы визуально, а также с использованием неразрушающих методов контроля, таких как фотометрическое и лазерное сканирование, рис. 4, позволяющие повысить точность определения объема сортиментов.

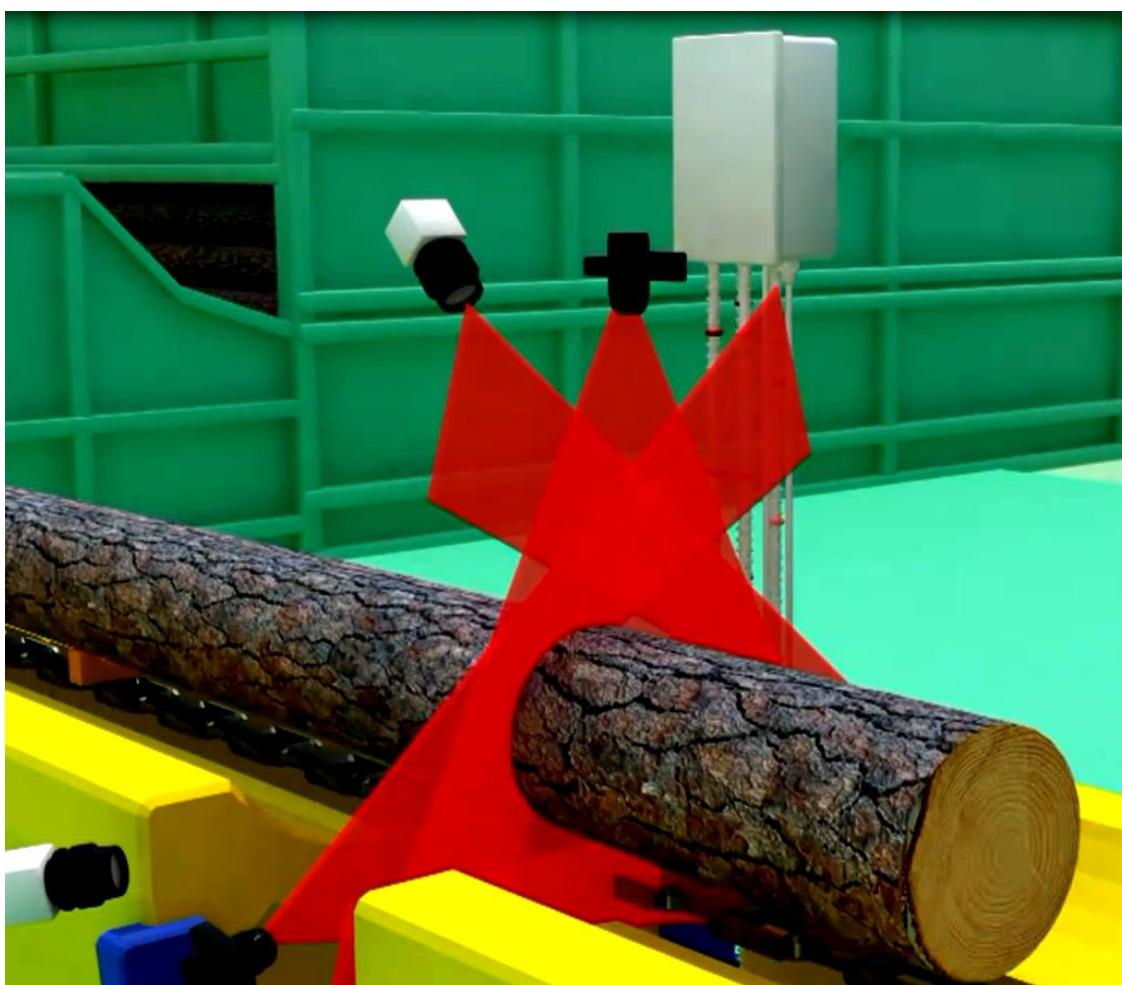


Рис. 4. Измерение круглых лесоматериалов путем лазерного сканирования /12/

При определении размеров и формы пиловочных бревен и кряжей с помощью традиционных измерительных инструментов их объем устанавливается по справочным данным /11/. Точность этого метода крайне низка (рис. 5 /7/), т.к. реальный объем круглых лесоматериалов во многом зависит от гео-климатических условий роста деревьев. При этом различия в оценке объемов сортиментов могут достигать 15%, что негативно влияет на экономические показатели работы предприятия и затрудняет управление производством за счет несовпадения заданного и фактического объемов перерабатываемого сырья.

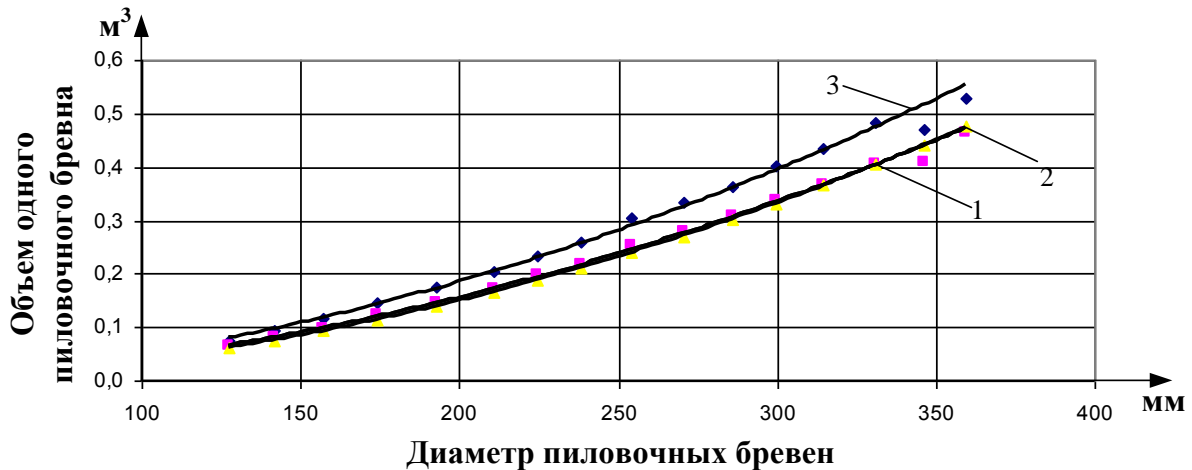


Рис. 5. Объем пиловочных бревен, определенный различными способами /7/
 1 – по справочным данным; 2 – измерением вершинного диаметра пиловочных бревен;
 3 – 3d сканированием поверхности пиловочного сырья

Известно также, что расширение ассортимента продукции из древесины предусматривает увеличение количества контролируемых качественных характеристик пиломатериалов в зависимости от их назначения. В соответствии с условиями эксплуатации несущие, а зачастую и ограждающие столлярно-строительные конструкции необходимо изготавливать из пиломатериалов, у которых плотность и влажность равномерно с минимально возможным отклонением от среднего значения распределены по объему сортамента.

Определение равномерности распределения плотности и влажности круглых лесоматериалов, пиломатериалов и шпона по объему сортамента в технологическом автоматизированном потоке с использованием традиционных методов и средств невозможно.

Для получения продукции с требуемыми эксплуатационными свойствами, в первую очередь несущих конструкций, целесообразно отбор пиломатериалов прогнозировать на этапе составления поставок, исходя из макроструктуры древесины, ее плотности и влажности.

Наличие в одной доске ядровой или спелодревесной и заболонной древесины может негативно отразиться, как на качестве сушки пиломатериалов, так на прочности конструкции.

Студент должен уметь определять - из какой части ствола дерева возможно получение продукции с требуемыми физико-механическими характеристиками. Поскольку плотность древесины по объему сортиментов изменяется в широком диапазоне, рис. 6, а ее влияние на прочность сортиментов имеет прямо пропорциональную зависимость, рис. 7 /10/, то составление поставок на распиловку древесины, а также отбор кряжей для лущения должны осуществляться с учетом требований к прочности готовых конструкций. Оценка плотности, а соответственно и прочности может осуществляться методами компьютерной (КТ), рис. 8, и магнитно-резонансной томографии (МРТ), рис. 9, позволяющими составлять постав по критерию качественного

выхода пиломатериалов, а также прогнозировать прочностных характеристик готовой продукции при эксплуатационной влажности.

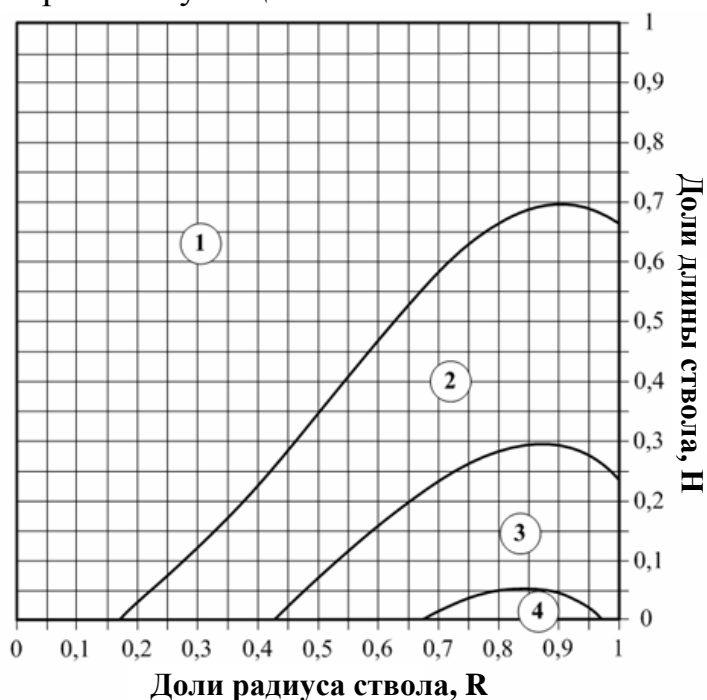
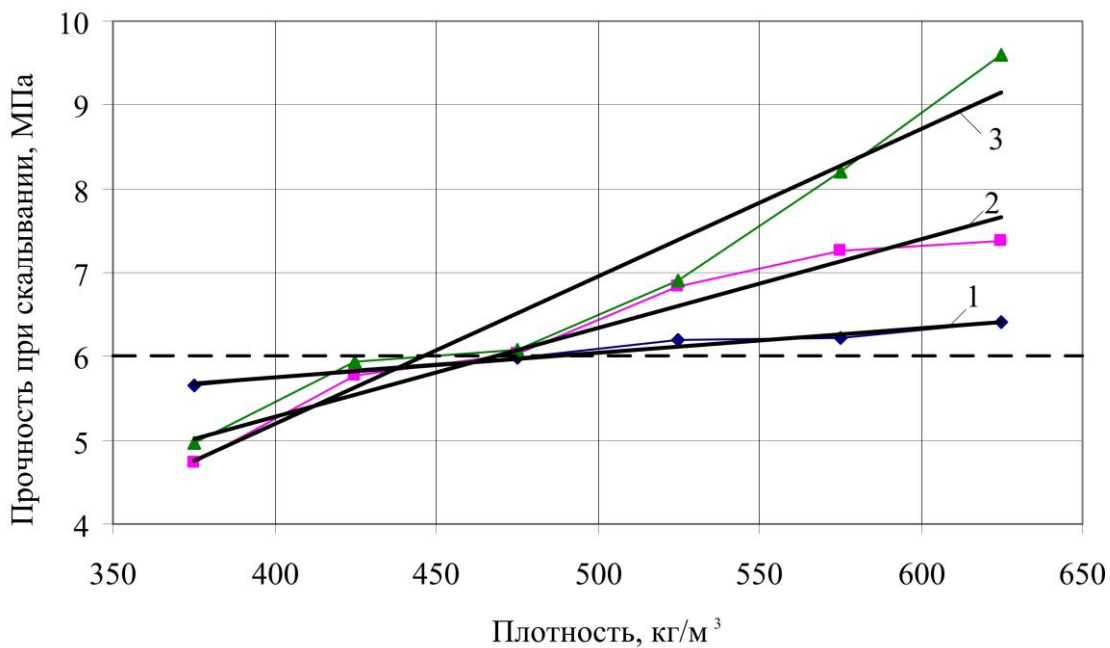


Рис. 6. Распределение плотности древесины в стволе сосны при 12-% влажности, кг/м³: 1 – 400-450; 2 – 450-500; 3 – 500-550; 4 – 550-600.



1 —◆— Древесина 2 —■— ПВА 3 —▲— ЭПИ

Рис.7. Зависимость прочности цельной и клееной древесины при скалывании от плотности при испытании образцов из: 1 – бруса из цельной древесины; 2 – клееного бруса на ПВА кле; 3 – клееного бруса на ЭПИ кле

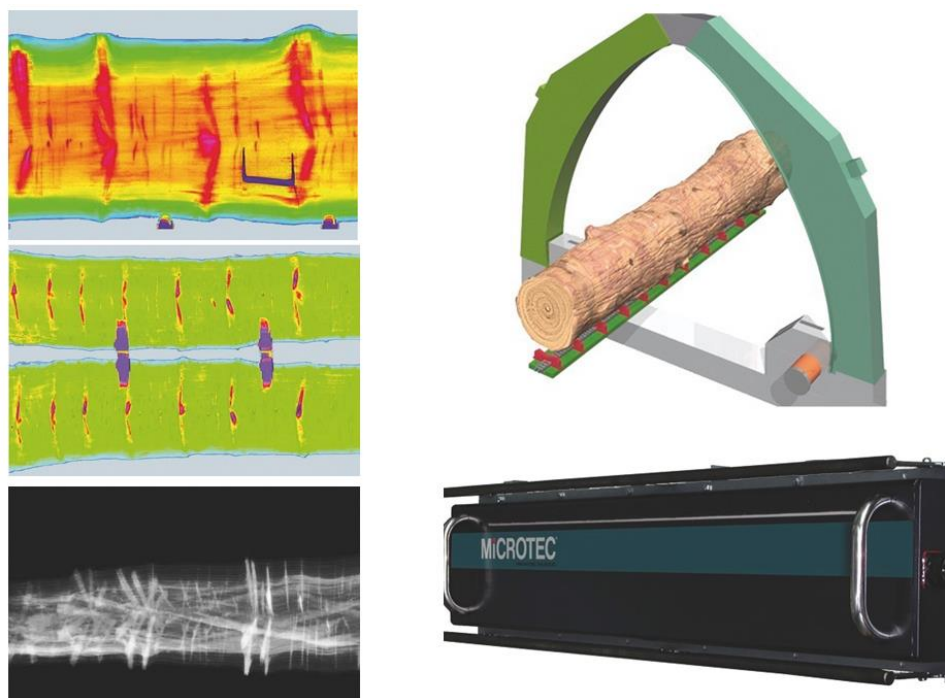


Рис. 8. Оценка круглых лесоматериалов на сканере Microtec методом компьютерной томографии

Распределение влаги в круглых лесоматериалах может быть оценено магнитно-резонансной томографией, рис. 9, показывающей различие во влажности путем оценки интенсивности выходного сигнала, уровень которого прямо пропорционально зависит от влажности.

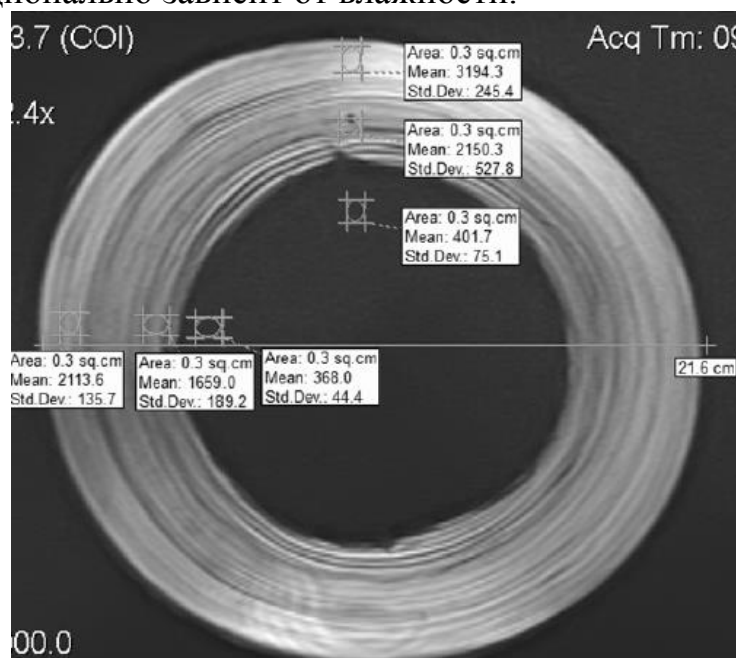


Рис. 9. Оценка распределения влаги в сортиментах методом магнитно-резонансной томографии

Важной задачей, которую можно решить с использованием магнитно-резонансной и компьютерной томографии, является идентификация породы древесины по макроскопическим признакам [3], включая размерно-

качественные характеристики сучков, размеры ранней и поздней зон древесины и др., рис. 10, используя современные методы обработки данных.

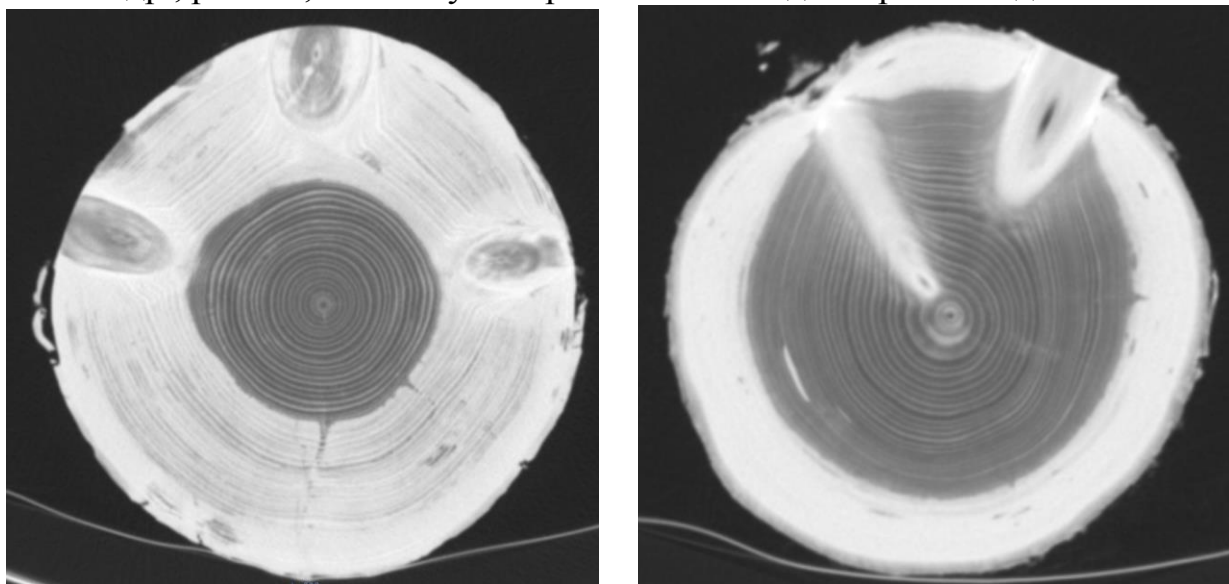


Рис. 10. Внутреннее строение древесины, определенное методом компьютерной томографии: а – сосна, б – ель.

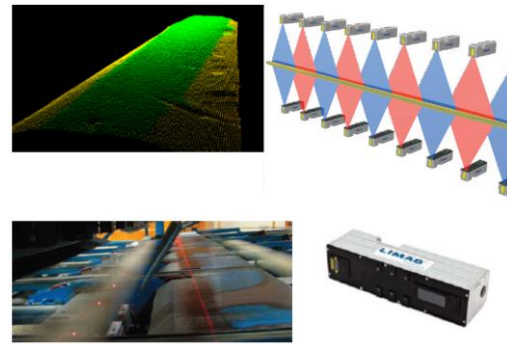
Методы оценки свойств пиломатериалов, шпона и измельченной древесины

В соответствии с существующими отечественными стандартами методы оценки качества пиломатериалов основаны на оценке размеров видимых пороков и дефектов на пластьях и кромках пиломатериалов, а также их соотношения с размерами сортиментов. Эти принципы заложены в ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия», ГОСТ 26002-83 «Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые на экспорт. Технические условия» и в скандинавских правилах сортровки «NORDIC TIMBER».

Выполнение операции сортровки пиломатериалов невозможно без объективной оценки размеров пиломатериалов, наличия на поверхности пороков древесины, их размерно-качественных характеристик, рис. 11. Для получения этих данных может быть использовано фотометрическое и лазерное сканирование, которое позволяет повысить точность оценки размерных характеристик предметов труда с одновременным повышением скорости ее выполнения. Совместное использование фотометрических и лазерных установок, рис. 12, позволяет осуществлять размерно-качественную оценку материалов, основанную на определении структуры поверхности, направления волокон древесины на торцах, определять вид, количество и размеры дефектов на видимых поверхностях, что практически полностью отвечает требованиям существующих стандартов РФ для материалов из цельной древесины.



а



б

Рис. 11. Оценка поверхности пиломатериалов
а – визуальная оценка, б – лазерное и фотометрическое сканирование

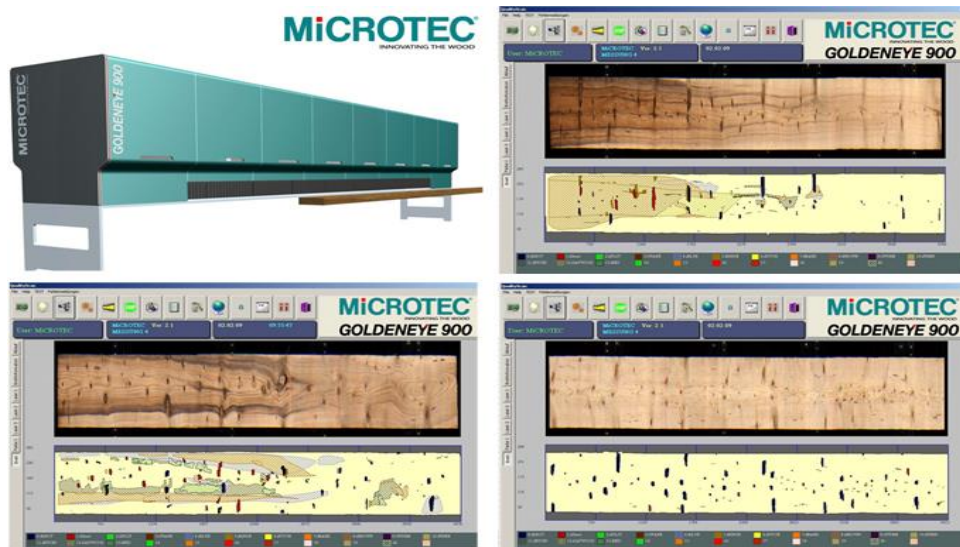


Рис. 12. Совмещение методов рентгенографии и фотометрии

В Российской Федерации и Европейском союзе разные подходы к определению сортности пиломатериалов, а учитывая экспортную ориентацию отечественного лесопиления студенту необходимо знать требования Европейских стандартов (EN) (табл. 2).

Стандарты EN предусматривают два вида сортировки - визуальную и машинную, однако сфера применения визуальной сортировки ограничена выборкой пиломатериалов низших сортов, ценность которых невелика.

Европейские принципы сортировки пиломатериалов предназначенных для изготовления деревянных конструкций основаны на стандарте EN 338-2009, предусматривающим разделение пиломатериалов на 12 классов для хвойных и 6 классов для лиственных пород древесины, (табл. 2). При этом оценивается реальная несущая способность пиломатериалов, без учета их внешнего вида, выполняемая методами силовой или акустической сортировки, а также методами рентгено- и томографии, исключая субъективную оценку и повышающими достоверность за счет исключения влияния человеческого фактора.

Таблица 2

Классы прочности пиломатериалов по EN 338-2009

		Тополь и древесина хвойных пород											Древесина лиственных пород						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Показатели прочности (Н/мм²)																			
Изгиб	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Растяжение параллельно	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Растяжение перпендикулярно	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Сжатие параллельно	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Сжатие перпендикулярно	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Сдвиг	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Показатели жесткости (кН/мм²)																			
Среднее значение модуля упругости параллельно	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5%-ная квантиль модуля упругости параллельно	$E_{0,0,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Среднее значение модуля упругости перпендикулярно	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Среднее значение модуля сдвига	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Плотность (кг/м³)																			
Плотность	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Среднее значение плотности	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
Примечания																			
а Указанные выше значения на прочность на растяжение, сжатие и сдвиг, на 5%-ную квантиль модуля упругости, среднее значение модуля упругости перпендикулярно направлению волокон и среднее значение модуля сдвига рассчитаны с применением формул, указанных в приложении А.																			
б Табличные показатели распространяются на древесину с влажностью при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 65%.																			
в Могут быть случаи, когда строительная древесина класса С45 и С50 не всегда имеется в наличии.																			

Оценка прочности пиломатериалов может быть выполнена различными неразрушающими прямыми (силовая сортировка, рис. 13) и косвенными методами (ультразвуковым, рис. 14, рентгенографией, рис. 16).

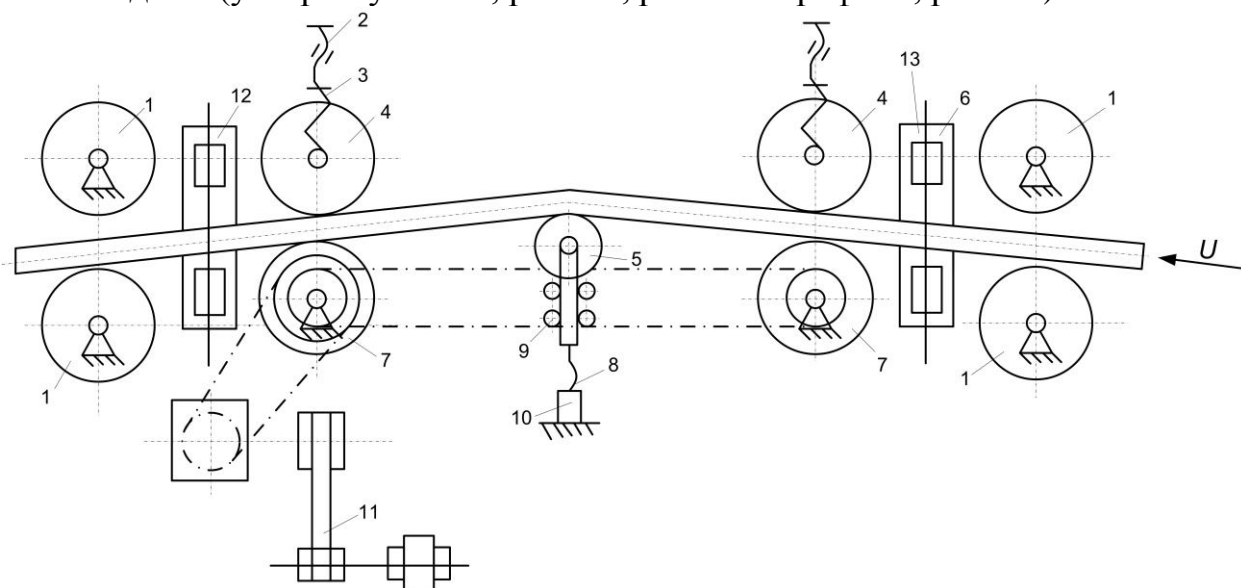


Рис. 13. Кинематическая схема установки для сортировки пиломатериалов по модулю упругости 1 – направляющие вальцы; 2, 4 – подпружиненные вальцы; 3 – пружины; 5, 8 – изгибающий валец; 6 – поддерживающий валец; 7 – приводной валец; 9 – роликовые направляющие; 10 – преобразователь силы; 11 – привод; 12, 13 – фотореле.



Рис. 14. Установка по оценке прочности древесины по скорости прохождения ультразвука

В процессе силовой сортировки определяется модуль упругости древесины, а при ультразвуковой диагностике прочность оценивается на основе зависимости ее прочности от плотности, рис. 15, которая в свою очередь влияет на скорость прохождения ультразвука при прозвучивании дре-

весины. При проведении ультразвуковых исследований древесины важно знать влияние структуры и влажности древесины на скорость распространения и рассеяния ультразвуковых волн. При использовании рентгенографии плотность оценивается по интенсивности сигнала рентгеновского излучения при его прохождении сквозь древесину.

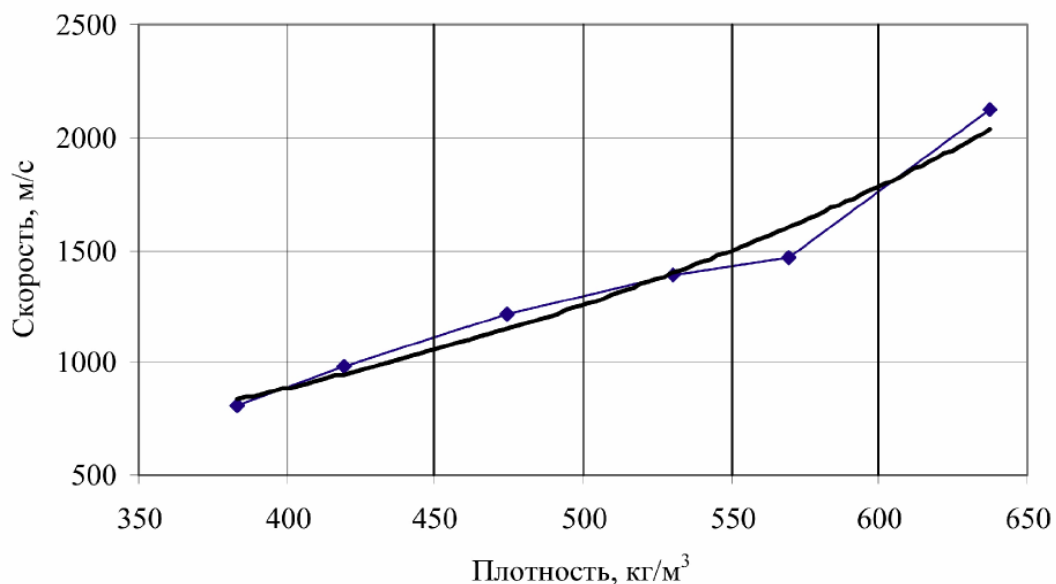


Рис. 15. Влияние плотности древесины на скорость прохождения ультразвука /10/



Рис. 16. Рентгенограмма участка доски с сучком

Студенту известно, что одним из важных физических свойств древесины является ее влажность, оказывающая влияние как на прочность пиломатериалов, так и их биостойкость.

Для оценки влажности в древесине могут быть использованы прямые и косвенные методы. Наиболее перспективными являются установки, работающие по микроволновому принципу, которые могут встраиваться в действующие линии и не требуют остановки технологического процесса для проведения испытаний, рис. 17.



Рис. 17. Бесконтактная оценка влажности пиломатериалов на оборудовании Brookhuis Micro-Electronics

Наряду с ГОСТ нашей страны при использовании пиломатериалов в качестве строительных элементов деревянных зданий и сооружений, а также в качестве конструкционных материалов действуют требования СП 64.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП II-25-80). В соответствии с этим документом пиломатериалы делят на три группы качества, по прочностным характеристикам, кроме того к пиломатериалам предъявляются дополнительные требования по ширине годичных слоев и содержанию поздней древесины, рис. 18.

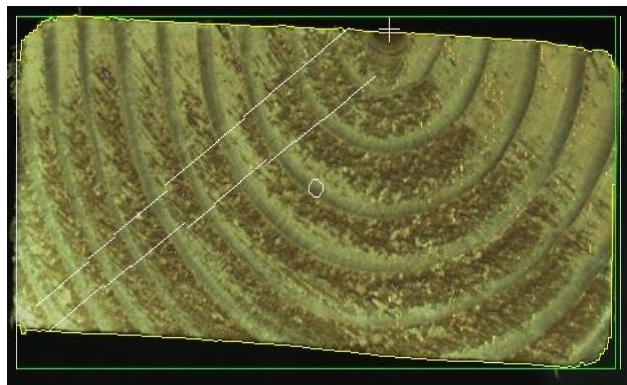
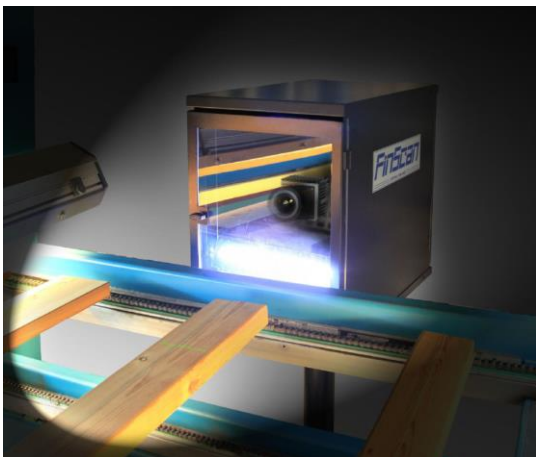


Рис. 18. Оценка размеров годичного слоя древесины

При необходимости оценка микростроения древесины на поверхности пиломатериалов может осуществляться с использованием световых микроскопов, например для определения размеров полостей и стенок трахеид ранней и поздней зон годичного слоя, рис. 19.

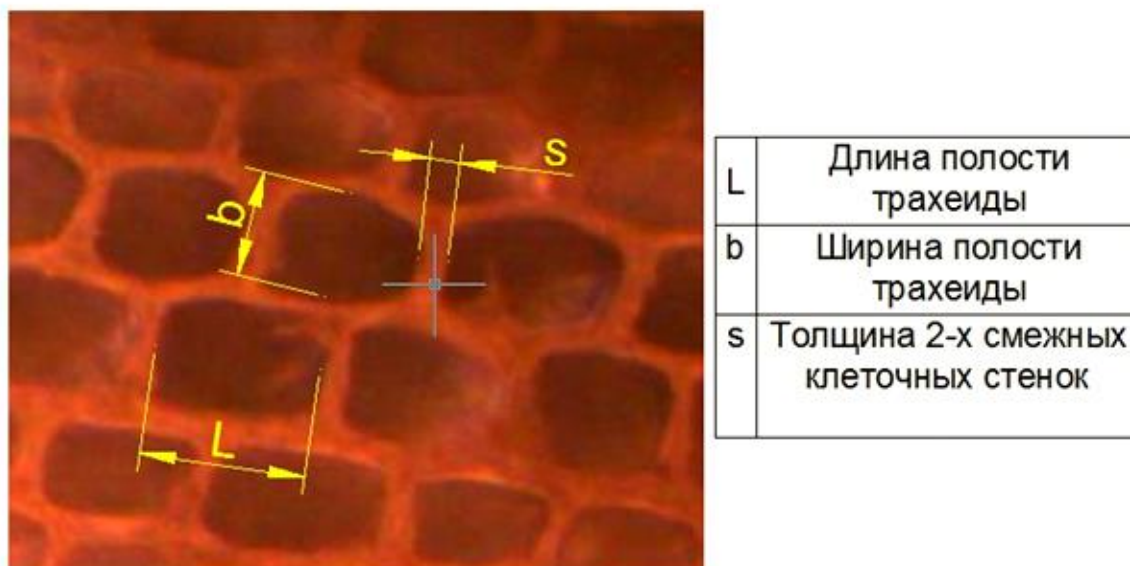


Рис. 19. Схема измерения размерных характеристик трахеид

Оценка ряда свойств шпона (точности формы и размеров, влажности, шероховатости поверхности) и измельченной древесины (размеры частиц и их влажность) принципиально важны для обеспечения качественного формирования клеевых соединений при склеивании фанеры и древесно-стружечных плит. Несмотря на значимость перечисленных выше факторов в мировой практике отсутствуют широко применяемые инновационные методы контроля этих свойств. Это связано, в первую очередь, с возможностью управления качественными характеристиками сухого лущеного шпона при выполнении операций гидротермической обработки древесины и ее лущения, что изучается студентами в технологических дисциплинах.

Методы контроля клееных материалов

В мировой практике широкое применение находят клееные конструкционные материалы на основе древесины: клееный брус (брусочек), клееный щит из цельной древесины, фанера, LVL, древесные плиты из измельченной древесины, к которым предъявляют ряд требований, известных студенту из технологических дисциплин. Контроль за соблюдением этих требований осуществляется на основе соответствующих нормативных документов как с использованием традиционных разрушающих методов кон-

троля на образцах продукции, так и с использованием инновационных методов. Для соблюдения требований к продукции необходимо осуществлять контроль технологических операций (рис. 1, 2, табл. 1), также использовать различные методы оценки параметров технологических процессов.

В мировой практике для оценки клееных материалов находят применение следующие физические неразрушающие методы:

- фотометрическое и лазерное сканирование поверхности, применяемое для оценки размеров плит и их разнотолщинности, рис. 20, а также при определении сорта плитных материалов;

- ультразвуковую диагностику – для определения несклеенных мест, рис. 21;

- рентгенографию, рис. 22.

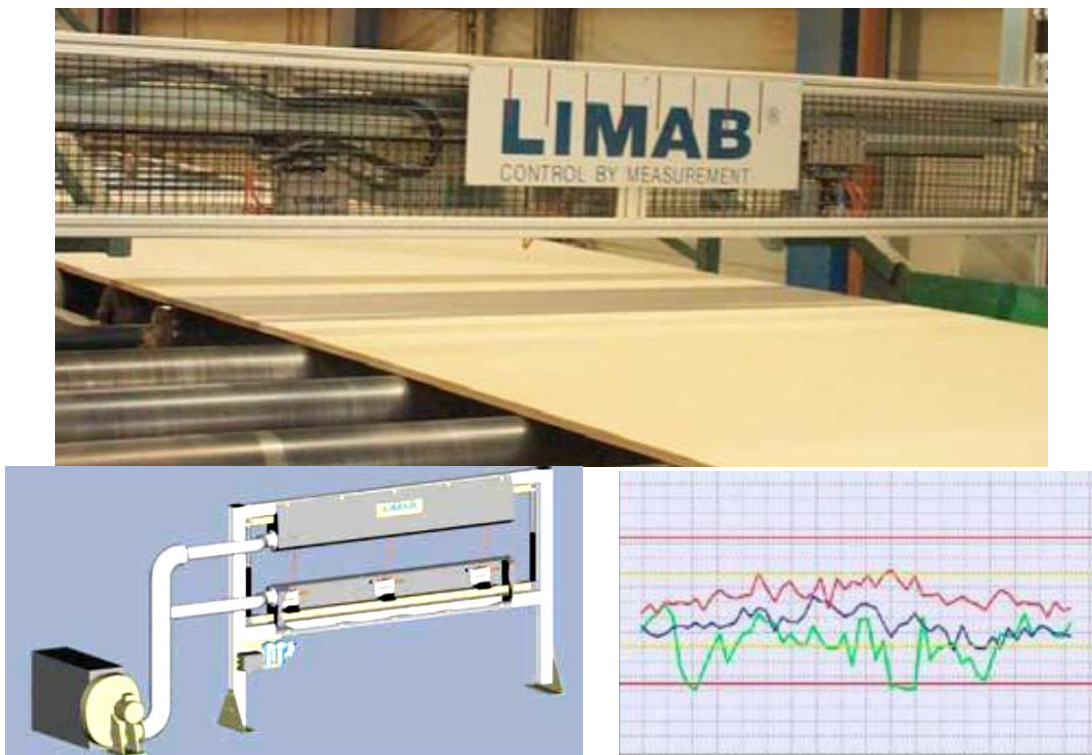


Рис. 20. Система лазерной оценки толщины плитных материалов

Из рис. 2 видно, что влияние на качество формирования клеевых соединений оказывают как свойства клея и древесины, так и внешние воздействия.

Необходимо понимать, что из-за большого количества факторов, влияющих на процесс склеивания, прочность клеевого соединения может изменяться по длине клееных материалов, что может быть выявлено методами ультразвуковой диагностики, рис. 21 и по толщине рентгеновской тени клеевого соединения, рис. 22, 23 /10/.

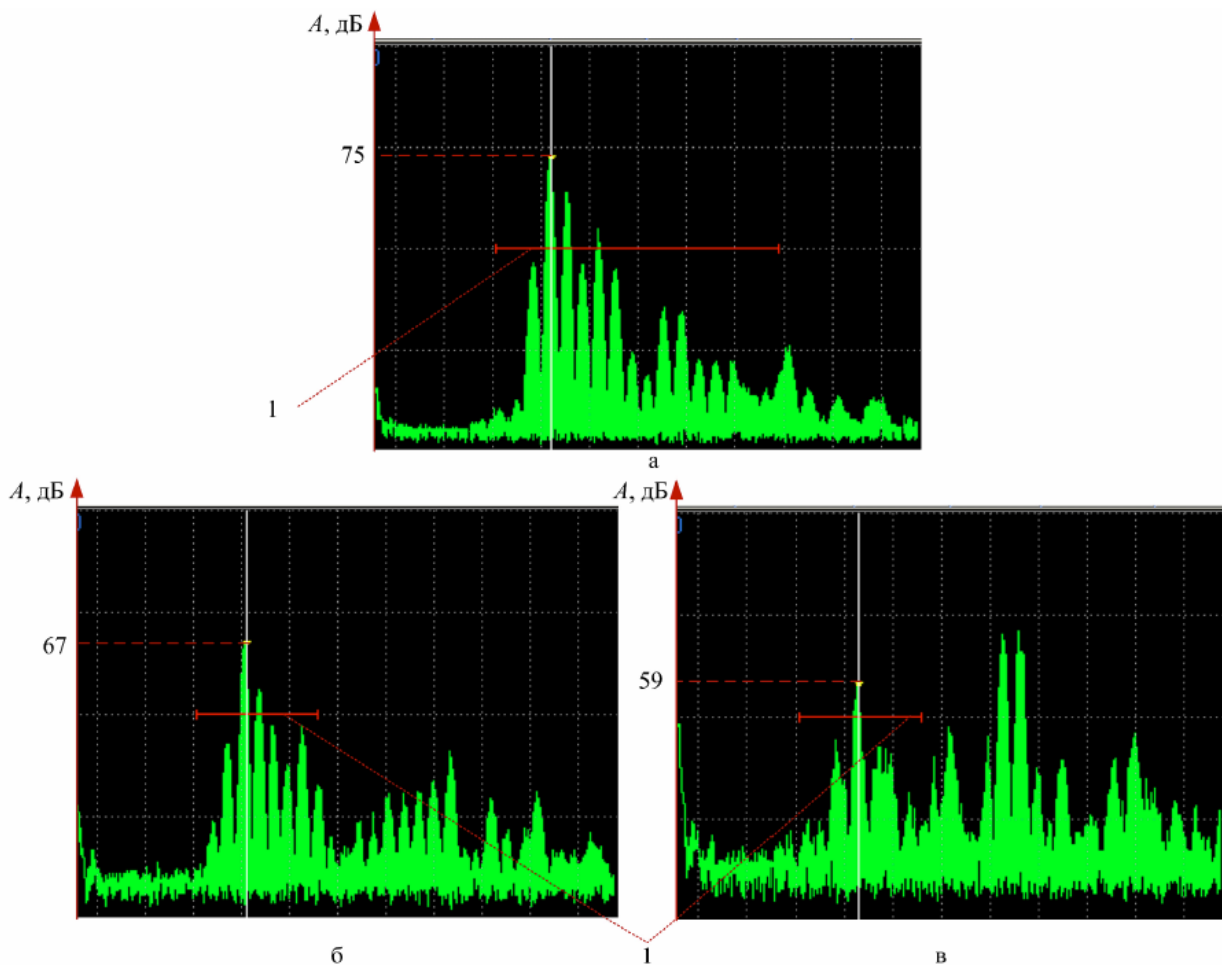
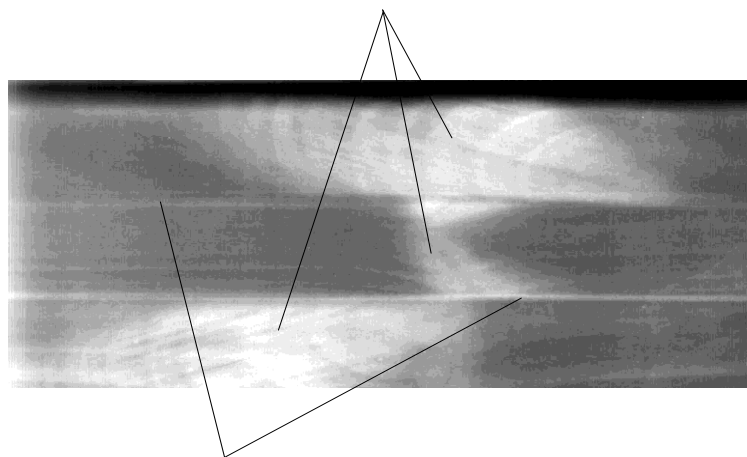


Рис. 21 А-сканы: а – бездефектная область; б – область с наличием несплошного клеевого соединения глубиной 0,5 мм; в – область с наличием несплошного клеевого соединения глубиной 1,0 мм; 1 – строб импульс /10/

Скрытые пороки строения древесины



Клеевые соединения

Рис. 22. Внутреннее строение древесины, определенное методом рентгенографии /9/
а – выявление направления волокон древесины;
б – выявление скрытых пороков древесины.

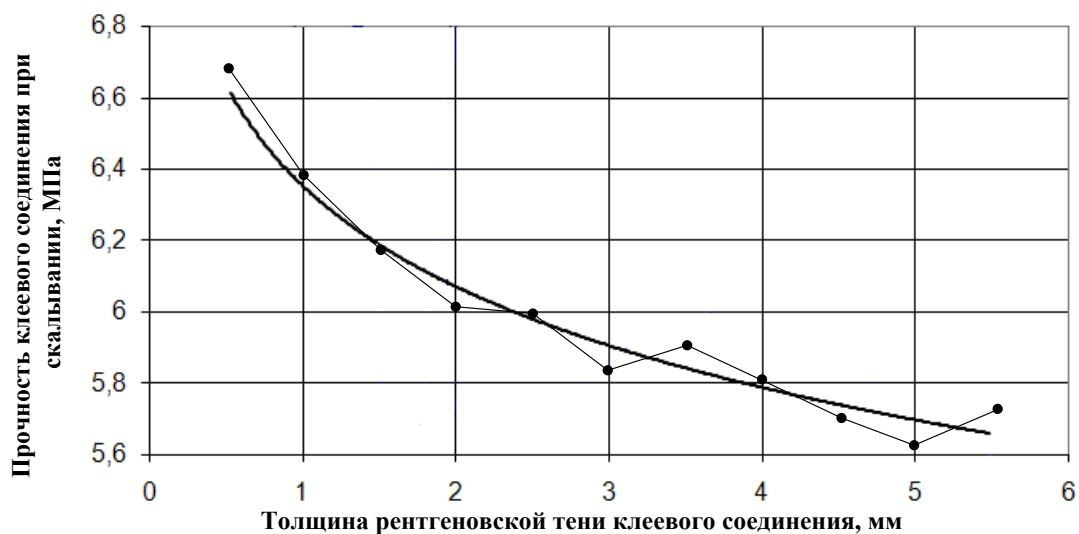


Рис. 23. График изменения прочности клееных балок из цельной древесины в зависимости от толщины клевого слоя, идентифицированного рентгенографией /9/

Так как на процесс формирования клеевых соединений оказывает влияние значительное количество факторов, является целесообразным создание на предприятиях логистических моделей контроля качества готовой продукции, рис. 26, позволяющих определить этап технологического процесса, на котором происходит отклонение от технических условий, что приводит к снижению прочности склеивания.

Принципиально важным для создания клееных материалов является обеспечение требуемого взаимодействия между клеем и древесиной, включая глубину проникновения клея в древесину, которая может быть исследована с помощью сканирующих электронных микроскопов, рис. 25.

Разрешающая способность электронных микроскопов значительно выше, чем у световых и составляет у растровых (сканирующих) микроскопов 2-3 нм, а у просвечивающих – 0,1-0,2 нм.

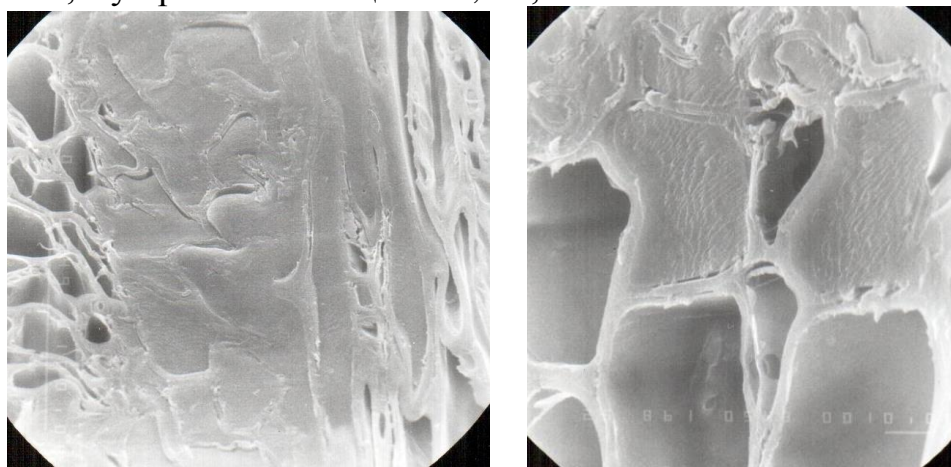


Рис. 25. Микрофотографии зоны древесины лиственницы, пропитанной клеем, полученные методом электронной сканирующей микроскопии

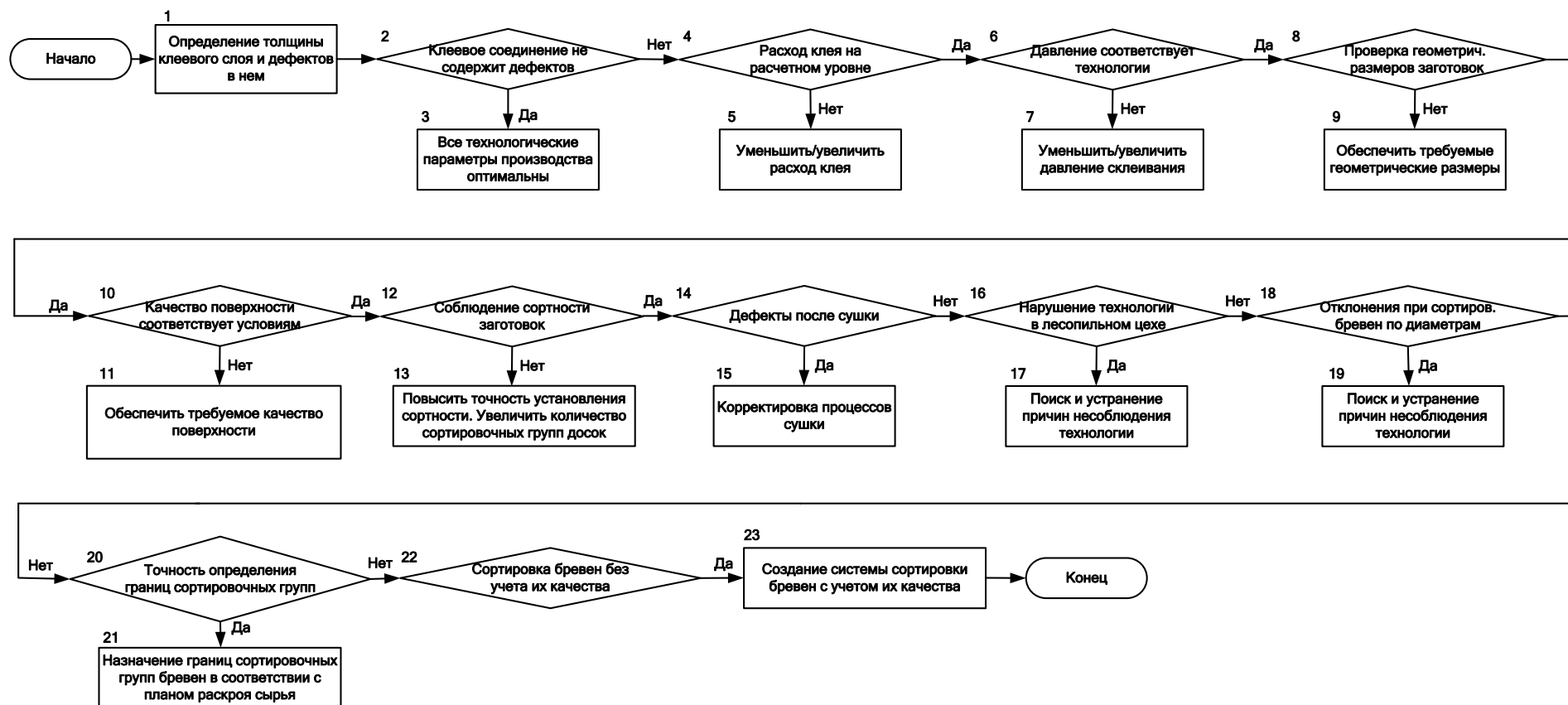


Рис. 26. Логистическая модель контроля процессов производства клееных оконных балок, основанная на методе рентгенографии

Студенту известно, что “слабыми” местами клееных древесных материалов является их относительно низкая влагостойкость, а для древесностружечных – их высокая токсичность в результате выделения формальдегида, который является следствием применения соответствующих клеев.

Создание новых и модификация известных клеев, а также методов оценки их свойств одна из наиболее перспективных задач технологии древесных композиционных материалов.

Заключение

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные требования к сырью и материалам из древесины и уметь обосновать способы оценки их свойств в промышленных условиях.

Студенту необходимы знания особенностей, достоинств и недостатков существующих методов и средств контроля свойств продукции, умение выбрать те, которые обеспечат требуемую точность оценки.

Тенденции развития технологии обработки древесины показывают увеличение доли физических способов неразрушающего контроля (ультразвуковая дефектоскопия, рентгенография, компьютерная и магнитно-резонансная томография), которые встраиваются в технологические процессы, не снижая их производительность.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Факторы, влияющие на качество технологических операций и продукции
2. Классификация методов испытаний и контроля состояния древесины
3. Визуальный способ. Оценка свойств круглых лесоматериалов, пиломатериалов, шпона и фанеры. Достоинства и недостатки
4. Фотометрический способ. Достоинства и недостатки
5. Механические испытания. Достоинства и недостатки
6. Методы контроля влажности древесины. Области применения
7. Рентгенография. Области применения
8. Ультразвуковая диагностика. Области применения
9. КТ и МРТ. Достоинства и недостатки
10. Требования, предъявляемые к круглым лесоматериалам
11. Лазерное сканирование круглых лесоматериалов. Достоинства и недостатки
12. Метод КТ. Достоинства и недостатки

13. Метод МРТ. Достоинства и недостатки
14. Распределение плотности по стволу дерева
15. Распределение влажности по стволу дерева
16. Требования, предъявляемые к пиломатериалам
17. Методы определения плотности и влажности пиломатериалов
18. Требования, предъявляемые к лущеному шпону
19. Требования, предъявляемые к технологической щепе
20. Оценка влажности измельченной древесины
21. Оценка размеров измельченной древесины
22. Метод микроскопии. Достоинства и недостатки
23. Различия между рентгенографией и акустической дефектоскопией
24. Методы оценки качества плитных материалов

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Общие методические указания по изучению дисциплины.....	3
2. Тематическое содержание дисциплины	4
3. Рекомендуемая литература	5
4. Методические указания по изучению дисциплины.....	
5. Контрольные вопросы	28

Анатолий Николаевич Чубинский

Александр Алексеевич Тамби

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
по самостоятельному изучению дисциплины для студентов,
обучающихся по направлению 35.04.02
«Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств»