

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Чубинский А.Н., д.т.н., профессор

Тамби А.А., к.т.н., доцент

Чубинский М.А., к.б.н., доцент

Чаузов К.В., ассистент

ФИЗИКА ДРЕВЕСИНЫ

Учебное пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Физика древесины» для студентов, обучающихся по направлению
35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств»

Санкт-Петербург
2015

Рассмотрено и рекомендовано к изданию научно-методическим советом Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова

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

Рецензенты:

**Кафедра лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств
Костромского государственного технологического университета**
Руководитель отдела ООО «ФАЭТОН»,
кандидат технических наук **А.П. Штембах**

УДК 674.02

Чубинский А.Н., Тамби А.А., Чубинский М.А., Чаузов К.В. Физика древесины. Учебное пособие по выполнению лабораторных работ. СПб.: СПбГЛТУ. – 67 с.

Представлено кафедрой технологии лесопиления и сушки древесины

В учебном пособии приведены необходимые теоретические сведения, справочные данные и методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физика древесины» студентами очного и заочного отделения факультета механической технологии древесины

Библиогр. 18. Табл. 29. Ил. 35.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Физические свойства древесины.....	5
Лабораторная работа № 1. Исследование влажности и плотности древесины и их изменчивости в стволе дерева.....	15
Лабораторная работа № 2. Исследование процесса разбухания плитных материалов....	17
Лабораторная работа № 3. Исследование влияния размеров и структуры годового слоя на плотность древесины.....	20
2. Механические свойства древесины.....	24
Лабораторная работа №4. Исследование влияния влажности на прочность древесины при сжатии вдоль волокон.....	32
Лабораторная работа № 5. Исследование прочности древесины и древесных материа- лов при статическом изгибе.....	34
Лабораторная работа № 6. Исследование прочности цельной и клееной древесины при скалывании вдоль волокон.....	36
Лабораторная работа № 7. Исследование зависимости ударной твердости древесины от ее плотности.....	39
Лабораторная работа № 8. Исследование деформации тонких слоев древесины (шпона).....	45
3. Исследование способности древесины смачиваться.....	49
Лабораторная работа № 9. Исследование процесса смачивания древесины.....	54
4. Биостойкость древесины.....	57
Лабораторная работа № 10. Определение потери массы древесины под воздействием дереворазрушающего гриба <i>Coniophora puteana</i>	61
Библиографический список.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Использование древесины в промышленном производстве требует учета специфики ее строения и свойств, которые зависят от большого числа факторов, к основным из которых относят: породу древесины, геоклиматические условия произрастания, а также местоположение сортимента в стволе дерева. Основными физическими свойствами древесины, определяющими ее прочностные характеристики, являются плотность и влажность, имеющие существенное различие в разных частях ствола дерева. Характерной особенностью древесины является анизотропия ее свойств.

Физические и механические свойства древесины, измеряемые на малых образцах, зависят от места их выборки из ствола и направления усилия по отношению к направлению волокон, а на больших – не только от направления волокон, но и количества и состояния пороков древесины, в первую очередь, сучков. Это является следствием неоднородного строения древесины как на макро-, так и мезо-, микро- и наноуровнях.

Наноструктурные различия характерны для клеточной стенки, состоящей из пучков макромолекул целлюлозы, объединенных в микрофибриллы, которые образуют оболочки клеточной стенки как с ориентированными, так и неориентированными слоями.

На микро- и мезоуровнях различные породы древесины отличаются видом, формой, размерами и свойствами клеток, от которых зависят физико-механические свойства древесины, в том числе ее плотность и влажность.

Различия на макроуровне обусловлены наличием у древесного ствола нескольких зон: сердцевины, ювенильной зоны, ядра (спелой древесины), заболони и коры, выполняющих различные функции и характеризующихся разными свойствами, а также пороков, существенно влияющих на механические свойства древесины.

Назначение данного учебного пособия – помощь студенту в усвоении методов испытаний и контроля состояния древесины.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

К физическим свойствам древесины и древесных материалов относят внешний вид древесины, ее плотность, влажность и свойства, связанные с ее изменением, проницаемость древесины жидкостями и газами, тепловые, электрические и звуковые свойства, свойства древесины, проявляющиеся под воздействием излучений, биостойкость древесины.

Внешний вид характеризуется цветом, блеском, текстурой и макроструктурой и др. визуально оцениваемыми признаками, изучаемыми в дисциплине «Древесиноведение и лесное товароведение».

Влажность древесины и ее распределение в стволе дерева

Количественной характеристикой содержания воды в древесине является влажность. Под абсолютной влажностью понимают выраженное в процентах отношение массы воды к массе сухой древесины

$$W = \frac{(m - m_0)}{m_0} \cdot 100\% . \quad (1.1)$$

где m - начальная масса образца древесины, г;

m_0 - масса образца абсолютно сухой древесины, г.

Измерение уровня влажности может быть выполнено прямыми и косвенными методами. При использовании прямых методов влагу удаляют из древесины, например при помощи высушивания. Такие методы позволяют определить влажность древесины испытуемых образцов с высокой достоверностью, однако для их реализации необходимо осуществлять длительные процедуры. Косвенные методы основаны на оценке иных физических свойств, связанных с влажностью древесины. Наибольшее распространение получили кондуктометрические электровлагомеры, определяющие электропроводность древесины, а также емкостные влагомеры, определяющие зависящую от влажности диэлектрическую проницаемость древесины. Такие влагомеры просты в использовании, однако при их использовании измеряется влажность в диапазоне 7-30% непосредственно в месте проведения измерения.

Следует различать две формы воды, содержащейся в древесине: связанную и свободную. Связанная вода находится в клеточных стенках, а свободная в полостях клеток и межклеточных пространствах.

Связанная влага удерживается преимущественно физическими и химическими связями, изменение ее содержания оказывает существенное влияние на свойства древесины. Свободная влага, удерживаемая только механическими связями, удаляется легче, чем связанная, и оказывает меньшее влияние на свойства древесины.

При оценке свойств древесины осуществляют ее кондиционирование, приводя к нормализованной влажности 12%, выдерживая ее при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха $60 \pm 5\%$, рис. 1.1.

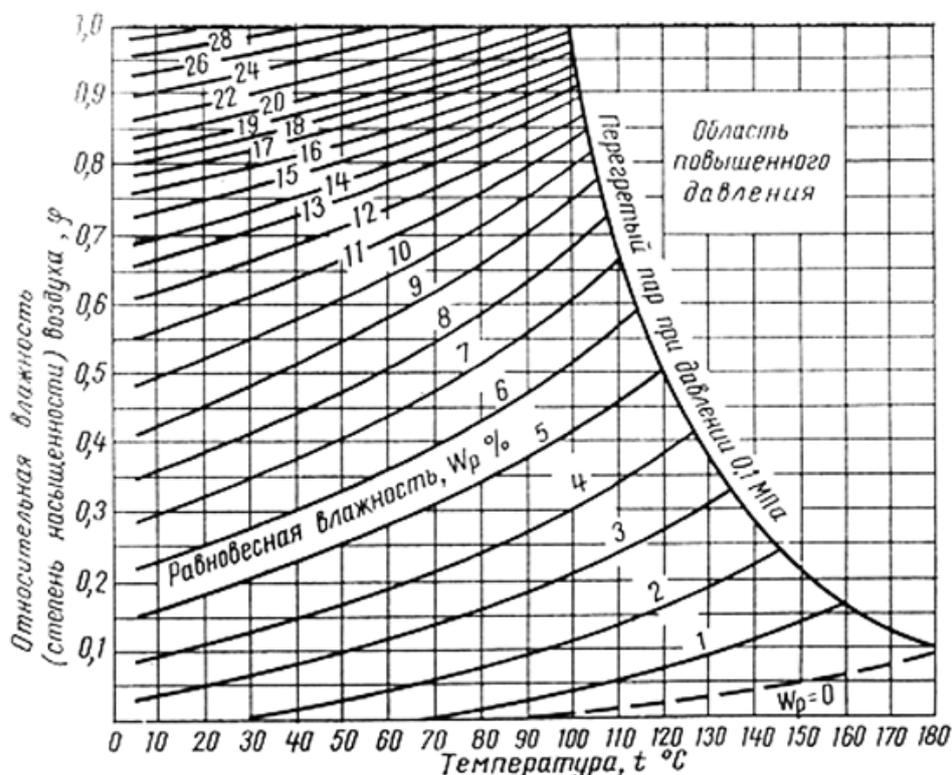


Рис. 1.1. Диаграмма равновесной влажности по П.С. Серговскому

Пограничное состояние, при отсутствии в древесине свободной влаги, называют пределом гигроскопичности (предел способности поглощения влаги из воздуха), при этом клеточная стенка имеет максимальную влажность в воздушной среде. Предел гигроскопичности ($W_{п.г.}$) величина не постоянная (25-35% в среднем при нормальной температуре) и зависит не только от породы древесины, но и от температуры окружающей среды.

По степени влажностного состояния древесину можно разделить на 5 групп /1/:

- мокрая древесина, $W > 100\%$ (длительное нахождение в воде);
- свежая (свежесрубленная) древесина, $W > 40\%$ (W соответствует влажности растущего дерева);
- древесина воздушно-сухая, $W = 15-20\%$ (сушка или выдержка на открытом воздухе);
- древесина комнатно-сухая, $W = 8-12\%$ (сушка или выдержка в отапливаемом помещении);
- абсолютно сухая древесина, $W = 0\%$ (сушка при $t = 103 \pm 2$ °С).

По содержанию связанной влаги древесина может быть в состоянии /6/:

- транспортной влажности $W_{тр}$, характеризующая полное отсутствие свободной влаги

$$W_{тр} = W_{н2\min} - 3S_w, \% \quad (1.2)$$

где W_{n2min} - минимальное значение предела гигроскопичности $\approx 25\%$;

S_w - среднее квадратическое отклонение значения влажности древесины при сушке ее до предела гигроскопичности, равное на основе производственных наблюдений 2%;

- эксплуатационной влажности, т.е. влажности соответствующей условиям эксплуатации (в технологическом процессе ее обработки отсутствуют операции склеивания и защитно-декоративной обработки);

- технологической влажности, при которой достигается требуемое физико-химическое взаимодействие между адгезивом и древесиной;

- влажности, соответствующей содержанию химически связанной (водородными связями) влаги. Удаление химически связанной влаги (5-6%) может привести к нарушению целостности древесины на микроуровне.

Снижение влажности древесины ниже предела гигроскопичности, при удалении из нее связанной влаги приводит к *усушке* древесины. Чем больше клеточных стенок в единице объема древесины, тем больше в ней связанной влаги и выше усушка. Усушку древесины учитывают при нормировании расхода сырья в производстве пиломатериалов, шпона, деталей из цельной древесины. Величина усушки отличается в разных направлениях по отношению к направлению волокон: в тангенциальном направлении в 1,5-2 раз больше, чем в радиальном. В результате усушки в древесине возникают внутренние напряжения без силовых нагрузок в результате деформации ее структурных элементов, которые могут привести к *короблению* из-за различия усушки по разным направлениям по отношению к направлению волокон.

Сухая древесина и древесные материалы, вследствие гигроскопичности способны поглощать влагу (пары воды) из окружающего воздуха. Такое свойство древесины называется *влагопоглощением* и состоит из сорбции паров воды клеточными стенками и ее перемещения в виде связанной влаги вглубь древесины. Вследствие влагопоглощения происходит *разбухание* древесины до достижения предела гигроскопичности.

Коэффициенты усушки и разбухания для некоторых пород древесины приведены в табл. 1.1 /1/.

Таблица 1.1

Коэффициенты усушки K_β и разбухания K_a древесины /1/

Порода	Коэффициент усушки и разбухания %/% влажности					
	по объему		по радиальному направлению		по тангенциальному направлению	
	K_β	K_a	K_β	K_a	K_β	K_a
Лиственница	0,52	0,61	0,19	0,20	0,35	0,39
Сосна	0,44	0,51	0,17	0,18	0,28	0,31
Ель	0,43	0,50	0,16	0,17	0,28	0,31
Береза	0,54	0,64	0,26	0,28	0,31	0,34
Дуб	0,43	0,50	0,18	0,19	0,27	0,29

При непосредственном контакте с водой древесина может поглощать воду, ее влажность увеличивается (*влагопоглощение*). Максимальная влаж-

ность, которую может достигать древесина при погружении в воду, включает предельное количество связанной и свободной влаги. Распределение влажности в объеме свежесрубленной древесины приведена на рис. 1.2.

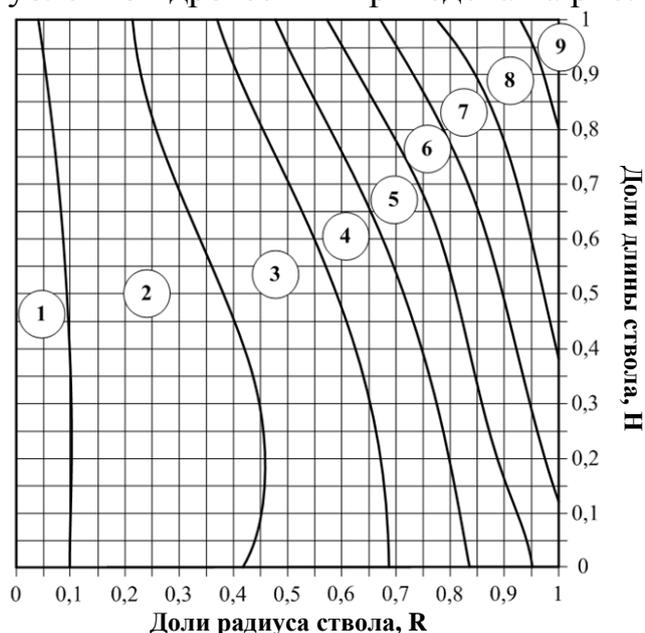


Рис. 1.2. Влажность древесины сосны в свежесрубленном состоянии, %: 1 – 0-20; 2 – 20-40; 3 – 40-60; 4 – 60-80; 5 – 80-100; 6 – 100-120; 7 – 120-140; 8 – 140-160; 9 – 160-180.

Водопоглощение и разбухание древесных материалов из измельченной древесины

Плитные материалы широко используются в строительстве и мебельном производстве. Древесностружечные плиты (ДСтП) используются в производстве мебели, строительстве, производстве тары и т.д. Основной сферой использования древесноволокнистых плит (ДВП) также является мебельное производство, изготовление декоративных элементов (профильные стеновые панели, плинтуса и т.д.) и изготовление дверных элементов. Вследствие того, что плитные материалы изготавливают из измельченной древесины, волокна древесины перерезаются, а прочность готовых материалов обеспечивается за счет склеивания древесных частиц.

При повышении влажности плитные древесные материалы могут разрушаться под воздействием внутренних напряжений, образующихся при увеличении линейных размеров частиц, а также вследствие разрушения влагой клеевых соединений.

Водопоглощение образца, ΔW , %, определяется по формуле (1.3)

$$\Delta W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \% \quad (1.3)$$

где m_1 - масса образца до погружения в воду, г;

m_2 - масса образца после погружения в воду, г.

Разбухание образца по толщине t_w , %, определяется по формуле (1.4)

$$t_w = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100, \% \quad (1.4)$$

где t_1 - толщина образца до погружения в воду, г;

t_2 - толщина образца после погружения в воду, г.

Результаты измерений округляются до 0,1 %.

Справочные данные некоторых физико-механических показателей плитных материалов приведены в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2

Физико-механические показатели ДВП в соответствии с ГОСТ 4598-86

Наименование показателя	Марки плит			
	Мягкие (М1, М2, М3)	Полутвердые (НТ)	Твердые (Т-В, Т, Т-П, Т-С, Т-СП)	Сверхтвердые (СТ)
Плотность, кг/м ³	100-400	Не менее 600	800-1100	950-1100
Предел прочности при изгибе, МПа	0,4-1,8	15	33-40	47
Разбухание по толщине за 24 ч, %	Не нормируется	30	10-23	13
Водопоглощение лицевой поверхности за 24 ч, %	Не нормируется		7-13	7

Таблица 1.3

Физико-механические показатели ДСтП в соответствии с ГОСТ 10632-89

Показатель	Сорт плиты	
	П-А	П-Б
Плотность, кг/м ³	550-820	
Разбухание:	%, не более	
за 24 часа (размер образцов 100x100 мм)	20	30
за 2 часа (у плит повышенной водостойкости, размер образцов 25x25 мм)	12	15
Прочность при изгибе для плит толщиной:	МПа, не менее	
7-13 мм	14	12,5
14-20 мм	13	11,5
21-35 мм	11,5	10
Сопротивление выдергиванию шурупов:	Н/мм ² , не менее	
из пласти	55	50
из кромки	50	45
Покоробленность, мм/м	1,2	1,6
Твердость, МПа	20-40	

Плотность древесины и её распределение в стволе дерева

Определяя плотность древесины, необходимо одновременно устанавливать её влажность. Способность древесины поглощать и отдавать в окружающую среду влагу приводит к изменению ее плотности.

Следует различать основные виды плотности древесины:

1. Плотность древесинного вещества в абсолютно сухом состоянии (1.5)

$$\rho_{д.в.} = \frac{m_{д.в.}}{V_{д.в.}} = 1530 \text{ кг/м}^3, \quad (1.5)$$

где $m_{д.в.}$ – масса древесинного вещества, кг; $V_{д.в.}$ – объем древесинного вещества, м³;

2. Плотность влажной древесины (1.6)

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}, \text{ кг/м}^3, \quad (1.6)$$

где m_w – масса древесины при влажности W , кг; V_w – объем древесины при влажности W , м³.

Распределение плотности древесины по стволу дерева в свежесрубленном состоянии приведено на рис. 1.3.

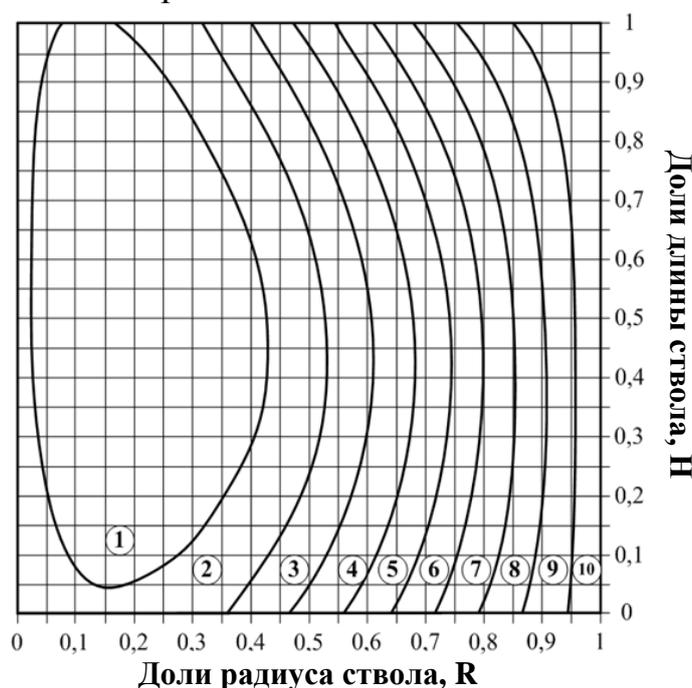


Рис. 1.3. Распределение плотности по стволу сосны в свежесрубленном состоянии, кг/м³: 1 – 450-500; 2 – 500-550; 3 – 550-600; 4 – 600-650; 5 – 650-700; 6 – 700-750; 7 – 750-800; 8 – 800-850; 9 – 850-900; 10 – 900-950 /3/

3. Плотность абсолютной сухой древесины определяется по формуле (1.7)

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.7)$$

где m_0 – масса древесины при нулевой влажности, кг; V_0 – объем абсолютно сухой древесины, м³.

Распределение плотности древесины по стволу сосны в абсолютно сухом состоянии приведено на рис. 1.4 /3/

Увлажнение сухой древесины до предела гигроскопичности приводит к повышению массы и объема образца. При влажности выше предела гигроскопичности увеличивается только масса древесины.

Связь между плотностью при $W = 0$ и плотностью влажной древесины может быть определена по формулам (1.8-1.9):

$$\rho_w = \rho_0 \frac{100 + W}{K_a W + 100} \quad \text{при } W < 30\% , \quad (1.8)$$

$$\rho_w = \rho_0 \frac{100 + W}{K_a 30 + 100} \quad \text{при } W \geq 30\% , \quad (1.9)$$

где K_a - коэффициент объемного разбухания, % на 1 % влажности древесины, определяемый по табл. 1.4 /1/.

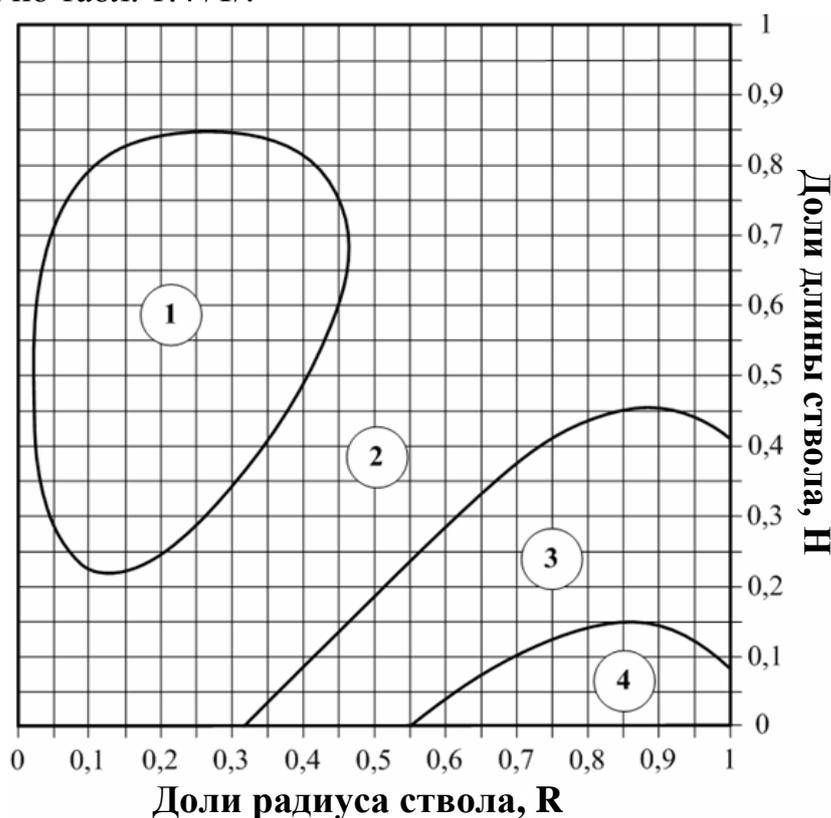


Рис. 1.4. Распределение плотности по стволу сосны в абсолютно сухом состоянии, кг/м³: 1 – 350-400; 2 – 400-450; 3 – 450-500; 4 – 500-550.

Таблица 1.4

Определение плотности древесины при влажности 12%

Показатели	Формулы для пересчёта плотности для пород с коэффициентом разбухания древесины K_a , % на 1% влажности	
	$K_a = 0,6$ (белая акация, береза, бук, граб, лиственница)	$K_a = 0,5$ (остальные породы)
Плотность абсолютно сухой древесины	$\rho_0 = 0,957 \rho_{12}$	$\rho_0 = 0,946 \rho_{12}$
Базисная плотность древесины	$\rho_{\delta} = 0,811 \rho_{12}$	$\rho_{\delta} = 0,823 \rho_{12}$

4. Парциальная плотность древесины, характеризующая содержание сухой древесины в единице объема влажной древесины определяется по формуле (1.10)

$$\rho'_w = \frac{m_0}{V_w}, \text{ кг/м}^3. \quad (1.10)$$

5. Базисная плотность древесины, характеризующая содержание сухой древесины в единице объема древесного образца при $W \geq 30\%$ определяется по формуле (1.11)

$$\rho_{\bar{o}} = \frac{m_0}{V_{\max}}, \text{ кг/м}^3. \quad (1.11)$$

При пересчете влажности к справочным данным используются зависимости, приведенные табл. 1.4. Справочные значения плотности некоторых пород древесины приведены в табл. 1.5. Распределение плотности по стволу сосны при 12% влажности приведено на рис. 1.5 /3/.

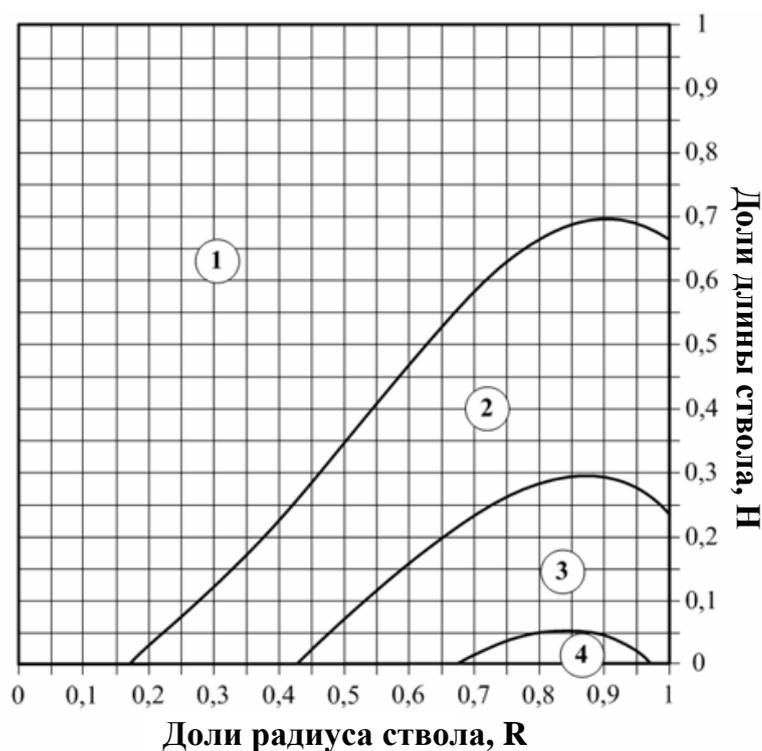


Рис. 1.5. Распределение плотности по стволу дерева при 12-% влажности, кг/м³: 1 – 400-450; 2 – 450-500; 3 – 500-550; 4 – 550-600.

Зная плотность древесины при любой влажности, базисную плотность, кг/м³, можно определить по формулам (1.12-1.13):

$$\rho_{\bar{o}} = \rho_w \frac{100(100 + K_a W)}{(100 + W)(100 + K_a 30)} \quad \text{при } W < 30\%, \quad (1.12)$$

$$\rho_{\bar{o}} = \rho_w \frac{100}{(100 + W)} \quad \text{при } W \geq 30\% \quad (1.13)$$

Таблица 1.5

Плотность пород древесины в зависимости от ее влажности

Порода	Плотность при влажности $W=12\%$, ρ , кг/м ³	Плотность абсолютно сухой древесины, ρ_0 , кг/м ³
Осина	495	465
Береза	640	620
Бук	680	650
Дуб	690	655
Сосна	505	480
Ель	445	420
Лиственница	665	635
Пихта	375	350
Кедр	435	405

Проницаемость жидкостями и газами

Способность древесины пропускать жидкости и газы имеет важное значение при разработке режимов пропитки и сушки древесины, выборе материалов для изготовления бочарной тары, деревянных судов, трубопроводов и других целей. При испытаниях в качестве жидкости обычно используют воду, а в качестве газа - воздух.

Водопроницаемость зависит от породы древесины, положения в стволе и направления волокон. В связи с различной длиной водопроводящих элементов древесины хвойных (трахеиды) и лиственных (сосуды) пород их водопроницаемость различна - у лиственных выше, чем у хвойных. В пределах одной и той же породы водопроницаемость заболони выше, чем ядра и спелой древесины.

Процесс проникновения газов в древесину может происходить при атмосферном давлении (газопоглощение) и под давлением отличным от атмосферного (газопроницаемость). Первый случай имеет существенное практическое значение при пропитке древесины и при ее газовом крашении, а второй используют в производстве некоторых видов тары (чанов, пивных бочек и др.)

Тепловые свойства древесины: теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и тепловое расширение

Показателем теплоемкости древесины является ее удельное значение (c) - количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг массы древесины на 1 °С. Она измеряется в кДж/(кг·°С). Удельная теплоемкость практически не зависит от древесной породы и плотности и для абсолютно сухой древесины при 0°С ее значение равно 1,55 кДж/(кг·°С). С ростом температуры это значение возрастает линейно и при 100°С увеличивается примерно на 25%.

Процесс переноса тепла в древесине характеризуется двумя показателями – коэффициентом теплопроводности и коэффициентом температуропро-

водности. Коэффициент теплопроводности численно равен количеству теплоты, которое проходит в единицу времени через стенку из древесины площадью 1 м^2 и толщиной 1 м при разности температур на противоположных сторонах стенки в $1 \text{ }^\circ\text{С}$. Он измеряется в $\text{Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$. Коэффициент температуропроводности характеризует скорость изменения температуры древесины при ее нагревании или охлаждении. Он определяет тепловую инерционность древесины, т. е. ее способность выравнять температуру.

Температуропроводность и теплопроводность зависят от ее плотности, потому что в отличие от теплоемкости на эти тепловые свойства влияет наличие распределенных по всему объему древесины полостей клеток, заполненных воздухом. Коэффициент теплопроводности абсолютно сухой древесины растет с увеличением плотности, а коэффициент температуропроводности падает. Если полости клеток заполняются водой теплопроводность древесины растет, а температуропроводность понижается. Теплопроводность древесины вдоль волокон больше, чем поперек.

Коэффициент теплового расширения абсолютно сухой древесины положителен для всех структурных направлений, т.е. древесина расширяется при нагревании и сжимается при охлаждении. Коэффициент линейного теплового расширения, т.е. условное изменение размеров образца при нагревании на 1°С , вдоль волокон не превышает $5,7 \cdot 10^{-6}$ на 1°С . Коэффициенты линейного расширения поперек волокон в 5... 15 раз больше, чем вдоль волокон.

Требования к точности оценки физических и физико-механических характеристик

Требования к точности результатов при проведении испытаний физических и физико-механических характеристик, в соответствии с государственной службой стандартных справочных данных ГСССД 69-84 «Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов», приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Средние коэффициенты вариации V показателей свойств древесины

Показатель свойства	V , %
Содержание поздней древесины	28
Плотность	10
Разбухание:	
- в радиальном и тангентальном направлениях	28
- объемное	16
Предел прочности:	
- при сжатии вдоль волокон	13
- при растяжении вдоль волокон	20
- при статическом изгибе	15
- при скалывании вдоль волокон	20
Модуль упругости	20
Ударная вязкость при изгибе	32
Статическая твердость	17

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТИ В СТВОЛЕ ДЕРЕВА

Цель работы: Определение влажности и плотности древесины в различных частях ствола дерева

Задачи:

1. Определение влажности древесины контрольным сушильно-весовым методом
2. Определение плотности ядровой древесины
3. Определение плотности заболонной древесины
4. Расчет плотности древесины при заданной влажности

Приборы, оборудование

1. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
2. Весы электронные с погрешностью не более 0,01 г.
3. Влагомер с погрешностью не более 0,1%.
4. Сушильный шкаф, обеспечивающий температуру $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Методика выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы используют образцы древесины, в форме прямоугольного параллелепипеда сечением 20x20 мм и длиной вдоль волокон 30 мм двух пород, полученные из ядровой (спелодревесной) и заболонной части в различных по высоте частях ствола дерева.

На основе знаний, приобретенных при изучении курса «Древесиноведение с основами лесного товароведения» по внешним признакам определяют породу древесины.

У образцов штангенциркулем измеряют линейные размеры и вычисляют объем. На весах определяют массу с точностью до 0,01 г. Данные измерений заносят в табл. 1.7. Влажность образцов в момент испытания определяют влагомером и контрольным сушильно-весовым методом. По второму методу, образцы размещают в боксах с притертыми крышками и помещают в сушильный шкаф. Там высушивают до абсолютно сухого состояния при температуре $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в соответствии с методикой /1-2/.

Плотность при текущей влажности, в абсолютно сухом состоянии, базисную плотность, а также плотность при 12% влажности определяют по формулам (1.6-1.13).

Обработка результатов измерений выполняют по формулам (1.14-1.16).

Таблица 1.7

Форма представления экспериментальных данных
Порода древесины

№ п/п	Влажность, W, %	Масса, г		Объем, м ³		ρ_w , кг/м ³	ρ_0 , кг/м ³	ρ_b , кг/м ³	ρ_{12} , кг/м ³	Справочные данные, ρ_{12} , кг/м ³
		m	m ₀	V	V ₀					
1										
2										
3										
...										
n										
\bar{X}										
S										
V										

Определению подлежат:

1) Среднее арифметическое значение результатов наблюдения

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n, \quad (1.14)$$

где i - порядковый номер наблюдения, $i = 1, 2, 3, \dots, n$; n - число наблюдений;

X_i - результат отдельного наблюдения.

2) Среднее квадратичное отклонение

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}, \quad (1.15)$$

Среднее квадратическое отклонение позволяет установить величину рассеяние наблюдений вокруг среднего значения. Таким образом устанавливается, насколько устойчив изучаемый выходной параметр.

3) Коэффициент вариации, %

$$V = \frac{100S}{\bar{X}}. \quad (1.16)$$

Коэффициент вариации характеризует относительное рассеяние результата.

Определив плотность двух пород древесины, строят гистограмму плотности, рис. 1.6, и проводят сравнительный анализ результатов исследований, который отражают в выводах по работе.

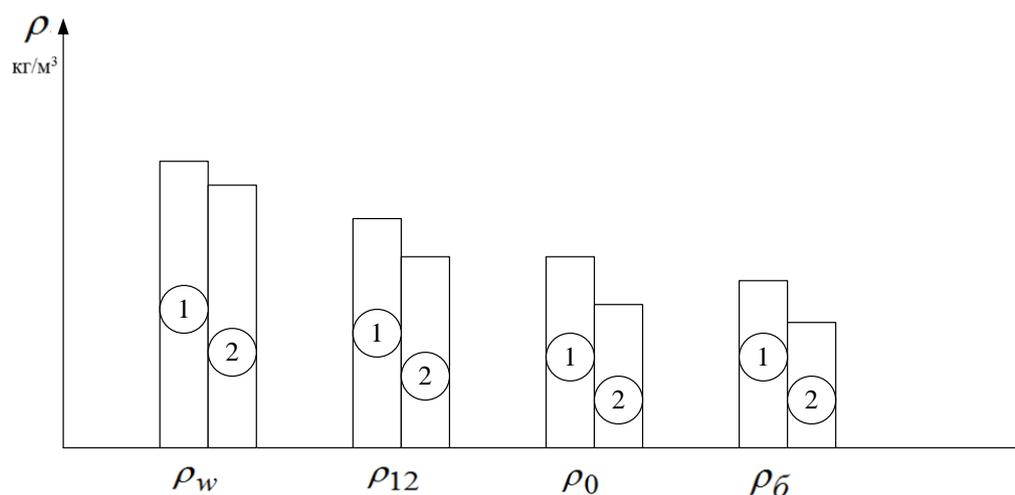


Рис. 1.6. Гистограмма плотности: 1 и 2 – породы древесины

Контрольные вопросы:

1. Виды плотности древесины и их назначение?
2. Влияние влажности на плотность древесины?
3. Влияние влажности на объем и массу древесины?
4. При каких условиях плотность древесины максимальна?
5. Понятие древесинного вещества. Практическая значимость?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБУХАНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: Исследование процесса разбухания древесностружечных и древесноволокнистых плит

Задачи:

1. Определение плотности плитных материалов
2. Определение водопоглощения плитных материалов
3. Определение разбухания плитных материалов при вымачивании

Приборы, оборудование и инструменты

1. Микрометр с погрешностью измерения не более 0,01 мм.
2. Эксикатор
3. Линейка измерительная с погрешностью измерения не более 0,5 мм.
4. Весы электронные с погрешностью измерения не более 0,01 г.

Методика выполнения работы

Для проведения испытаний используют образцы ДСтП и ДВП размерами 100x100 мм. Для исследования свойств ДСтП допускается использовать образцы 25x25 мм.

У образцов измеряются линейные размеры и плотность, которые заносят в табл. 1.8. Погрешность при линейных измерениях не должна превышать 0,01 мм.

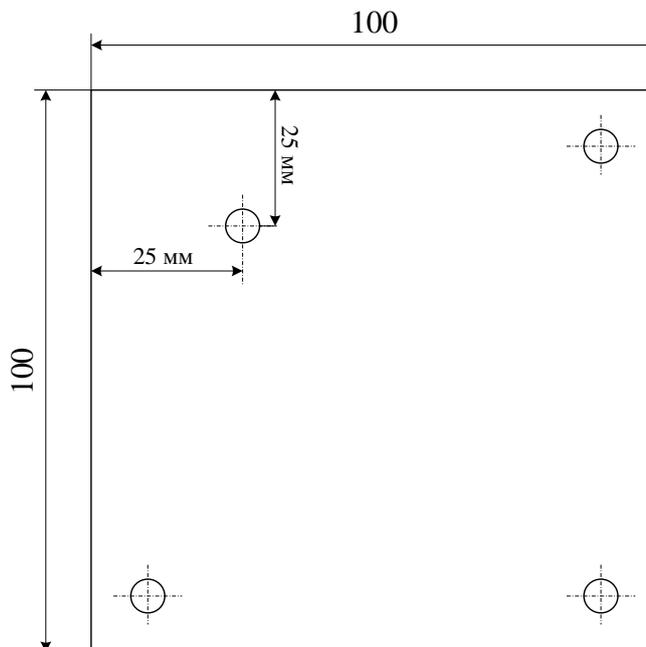


Рис. 1.7. Схема измерения образцов древесно-стружечных и древесноволокнистых плит

После измерений образцы плит помещают в наполненный водой эксикатор. При этом образцы не должны соприкасаться с его стенками, а глубина погружения должны составлять 20 ± 2 мм. Образцы размерами 100x100 мм располагают в вертикальном направлении. После выдержки под водой в течение 24 ч образцы древесностружечной плиты вынимают и осушают их поверхность от капель воды фильтровальной бумагой. Древесноволокнистые полутвердые, твердые и сверхтвердые плиты после выдержки извлекают из воды и укладывают каждый отдельно в горизонтальном положении между листами фильтровальной бумаги; при этом образцы складывают в пачки по 5 шт. для удаления воды с поверхности образцов. На каждую пачку укладывают груз (квадратную плиту). Образцы выдерживают в таком положении 30 с, затем груз снимают и удаляют фильтровальную бумагу. Образцы мягких плит после выдержки извлекают из воды и устанавливают на ребро для свободного стекания воды и осторожно промокают листами фильтровальной бумаги.

Измерение образцов после вымачивания должно осуществляться не позднее чем через 10 мин после их извлечения из воды.

Таблица 1.8

Форма представления экспериментальных данных

№	Вид материала	Размеры, мм			Масса, г	Плотность, кг/м ³	Масса после вымачивания, г	Толщина после вымачивания, мм	Разбухание, t_w %	Водопоглощение, ΔW , %
		толщина	ширина	высота						
1	ДСтП									
...										
n										
2	ДВП									
...										
n										
\bar{X}										
S										
V										

Математико-статистическая обработка результатов опытов выполняется по известной методике. Определению подлежат \bar{X} - среднее значение, S – среднее квадратическое отклонение, V – коэффициент вариации (1.14-1.16).

Результаты исследований представляют в виде гистограмм (рис. 1.8), указав на ней средние фактические и нормативные значения водопоглощения и разбухания для всех исследованных видов материалов.

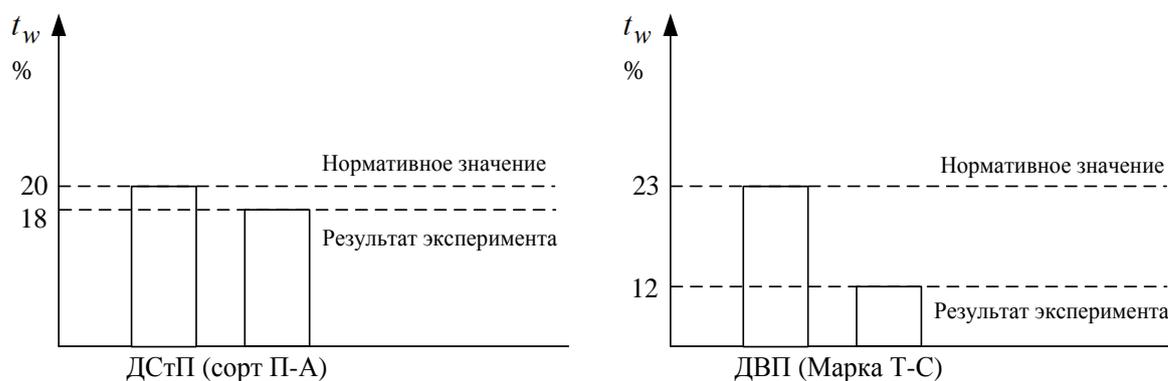


Рис. 1.8 Разбухание ДСтП и ДВП

Определив показатели водопоглощения и разбухания необходимо сформулировать выводы по работе и определить соответствие плит сортам по исследованным характеристикам.

Контрольные вопросы:

1. Отличия в структуре древесностружечных и древесноволокнистых плит?
2. Отличия структуры плитных материалов от фанеры и пиломатериалов?
3. Методы измерения размеров плитных материалов?
4. Влияние разбухания плитных материалов по толщине на их эксплуатационные свойства?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ И СТРУКТУРЫ ГОДИЧНОГО СЛОЯ НА ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы: обоснование возможности оценки плотности древесины по визуальным характеристикам

Задачи:

1. Определение ширины годичного слоя древесины
2. Определение процентного содержания поздней древесины
3. Установление зависимости плотности древесины от содержания поздней древесины
4. Определение вида пиломатериалов по углу наклона годичных слоев

Из курса «Древесиноведение с основами лесного товароведения» известно, что под годичным слоем понимается прирост древесины стволов, ветвей и корней, образовавшихся за один год. Прирост осуществляется за счет деятельности камбиального слоя, находящегося на границе между корой и древесиной. Интенсивность прироста различна у разных пород и зависит от геоклиматических условий роста дерева. Ширина годичного слоя является одним из классификационных признаков хвойных пиломатериалов.

Ширина годичного слоя - нормируемый показатель по российским и зарубежным стандартам, учитывается при выборе древесины, используемой в строительных несущих элементах.

В соответствии с действующими СНиП и Сводом Правил (СП), для изготовления несущих конструкций может быть использована древесина, ширина годичных слоев у которой не превышает 5 мм, а содержание поздней древесины -- не менее 20 %.

Справочные значения ширины годичного слоя и содержания поздней древесины для некоторых пород приведены в табл. 1.9 и 1.10.

Зная соотношение ранней и поздней зон, можно установить плотность древесины на основе визуальной оценки (рис. 1.9 - 1.10).

Таблица 1.9

Ширина годичного слоя и содержание поздней древесины у некоторых пород /1/

Порода	Район произрастания	Число годичных слоев в 1 см	Процент поздней древесины
Лиственница сибирская	Западная Сибирь	5,5	34
	Восточная Сибирь	13,5	29
Сосна обыкновенная	Север европейской части	11,8	26
	Западная Сибирь	6,9	29
	Восточная Сибирь	11,2	27
Ель обыкновенная	Север европейской части	12,1	21
Ель сибирская	Западная Сибирь	6,5	25
	Восточная Сибирь	9	25
Дуб черешчатый	Центральные районы европейской части	5,5	65
Береза повислая и пушистая	Центральные районы европейской части	5,5	-
Осина	Центральные районы европейской части	5,4	-

Таблица 1.10

Различия в плотности ранней и поздней древесины /1/

Порода	Зона годичного слоя	Плотность в абсолютно сухом состоянии, кг/м ³
Лиственница	Ранняя	383
	Поздняя	863
Дуб	Ранняя	500
	Поздняя	725

По визуальным характеристикам может быть определен вид пиломатериалов путем измерения угла наклона касательной, проведенной вдоль годичного слоя, рис. 1.11. Вид пиломатериалов определяет способность древесины сопротивляться нагрузкам в различных направлениях и ее формоустойчивость в процессе сушки древесины и ее эксплуатации.

На торце пиломатериала проводится прямая линия, перпендикулярная годичным слоям древесины длиной, включающей целое число годичных слоев. Не рекомендуется использовать образцы, полученные на расстоянии менее 25 мм от сердцевины, поскольку в такой зоне расположена ювенильная древесина, которая формируется в первые года роста дерева и обладает физико-механическими свойствами, отличающимися от свойств древесины, сформировавшейся позднее

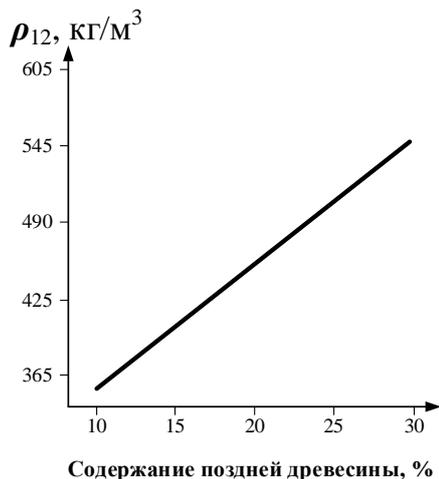


Рис. 1.9. Влияние содержания поздней древесины сосны на ее плотность по данным О.И. Полубояринова для Ленинградской области



Рис. 1.10. Влияние содержания поздней древесины ели на ее плотность по данным О.И. Полубояринова для Ленинградской области

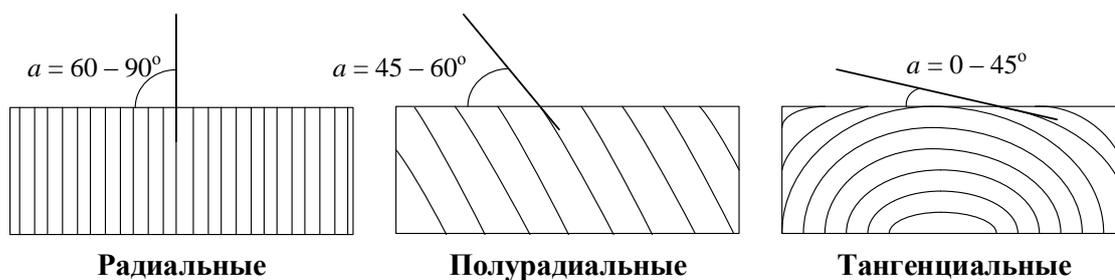


Рис. 1.10. Виды пиломатериалов

Для определения среднего значения прироста измеряют длину отрезка b , рис. 1.12, с округлением результата до 1 мм, после чего подсчитывается число годовых слоев на данном участке. Операцию повторяют на втором торце.

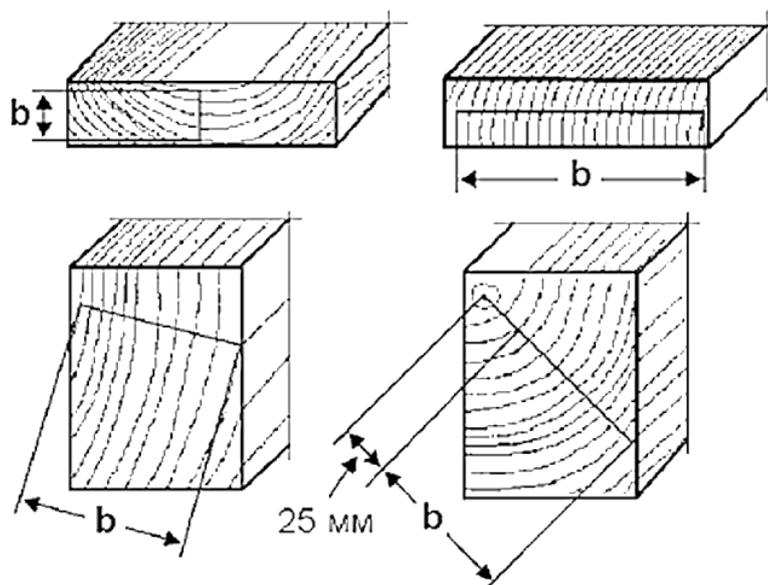


Рис. 1.11. Измерение прироста на торце пиломатериалов

Значение прироста определяют делением суммы длин отрезков на двух торцах на общее число годовичных слоев (1.17), n_c , шт. Результат округляется до 0,1 мм.

$$П = \frac{\sum b}{\sum n_c}, \text{ мм} \quad (1.17)$$

У этих же образцов древесины определяется содержание поздней зоны древесины m , как частное от деления суммарной длины поздней зоны древесины на длину измеряемого отрезка b (1.18).

$$m = \frac{\sum l_i}{\sum b} \cdot 100\% , \quad (1.18)$$

где l_i – длина поздней зоны древесины в каждом годовичном слое, мм, измеряемая с погрешностью не более 0,1 мм.

Приборы и инструменты

1. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
2. Металлическая линейка с погрешностью измерения не более 0,5 мм.
3. Транспортир с погрешностью измерения не более 1 град.
4. Увеличительная лупа с точностью измерения до 0,1 мм.
5. Влагомер с погрешностью не более 0,1%.
6. Весы электронные с погрешностью измерения не более 0,01 г.

Методика выполнения работы

Для проведения лабораторной работы используют кондиционированные при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха $(65 \pm 5)\%$ образцы древесины двух пород. Образцы изготавливают в форме прямоугольных параллелепипедов с основанием 20х20 мм и длиной вдоль волокон от 10 до 20 мм. Допускается проводить исследование на образцах, предназначенных для других видов испытаний, при наличии плоскости поперечного разреза размером не менее 20 мм в радиальном направлении.

Кроме показателей прироста у образцов определяется плотность (весовым методом) и влажность (влагомером) древесины, по методике, приведенной в лаб. работе №1. Данные измерений заносятся в табл. 1.11.

Результаты исследований по содержанию поздней древесины обрабатывают методами математической статистики. По полученным данным строят зависимости вида 1.9-1.10. Далее на основе сравнения полученных результатов со средними данными о плотности древесины Ленинградской области формулируют выводы по работе.

Таблица 1.11

Форма представления экспериментальных данных
Порода древесины

№ п/п	Вид пиломатериала	Плотность при 12% влажности, кг/м ³	Влажность, %	Суммарная длина отрезков, мм	Суммарное количество годичных слоев, шт.	Количество годичных слоев в 1 см, шт.	Прирост древесины, мм	Содержание поздней древесины, %
1	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2								
...								
<i>n</i>								
\bar{X}								
<i>S</i>								
<i>V</i>								

Контрольные вопросы по разделу:

1. Различия в свойствах ранней и поздней древесины?
2. Прирост древесины. Основные факторы, оказывающие влияние на ширину годичных слоев древесины?
3. Методы оценки содержания поздней зоны древесины?
4. Вариативность ширины годичного слоя в зависимости от региона произрастания?
5. Взаимосвязь между шириной поздней древесины и ее плотностью?
6. Равнослойность древесины?
7. Влияние плотности древесины на ее прочность?

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

2.1. Общие положения

В процессах переработки и эксплуатации древесина и древесные материалы испытывают физические, химические и биологические воздействия.

Свойства древесины способные оказывать сопротивление воздействиям этих нагрузок можно классифицировать следующим образом:

- прочность - способность материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений;
- деформативность - способность сопротивляться изменению формы и размеров (способность сохранять в процессе обработки форму и размеры);
- долговечность - характеризует максимальную продолжительность эксплуатации продукции с сохранением требуемых свойств.

Прочность, деформативность и долговечность зависят от многих факторов: породы древесины, ее плотности, влажности и многих других, в том

числе и от способности древесины сопротивляться воздействию дереворазрушающих грибов (биостойкости). Механические свойства древесины проявляются, как правило, под действием механических нагрузок различного характера: статических, динамических, ударных, вибрационных и др.

2.2. Прочность древесины и древесных материалов

Под действием этих нагрузок в древесине возникают напряжения (нормальные и касательные) и деформации. При приложении нагрузки перпендикулярно к пласти деревянных элементов нормальные напряжения достигают максимума в крайних волокнах, наиболее удаленных от нейтральной плоскости, а касательные в нейтральной зоне, проходящей вдоль оси испытуемого сортамента, рис. 2.1 /15/.

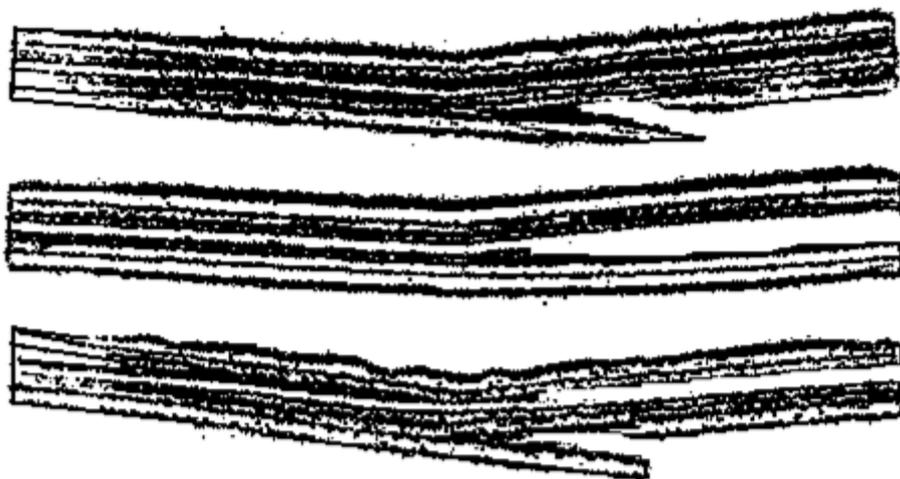


Рис. 2.1 Характер разрушения образцов фанеры при статическом изгибе.

- 1 – разрушение наружного листа шпона от нормальных напряжений;
- 2 – разрушение материала на границе двух листов шпона от касательных напряжений;
- 3 – смешанный вид разрушения.

Прочность древесины зависит от большого числа факторов: породы древесины, плотности, влажности, биостойкости, направления действия усилия по отношению к направлению волокон, рис. 2.2, и др. Под пределом прочности понимаются максимальные напряжения предшествующие разрушению.

Определение способности древесины сопротивляться разрушениям является основой при обосновании породы, вида и размеров элементов конструкций и готовых изделий. Прочность древесины оценивается как при кратковременном нагружении (при сжатии, при растяжении, при изгибе, при сдвиге, при кручении, при вдавливании тел, при истирании, при выдергивании внедренных тел), так и при длительном нагружении (при постоянных и при переменных нагрузках).

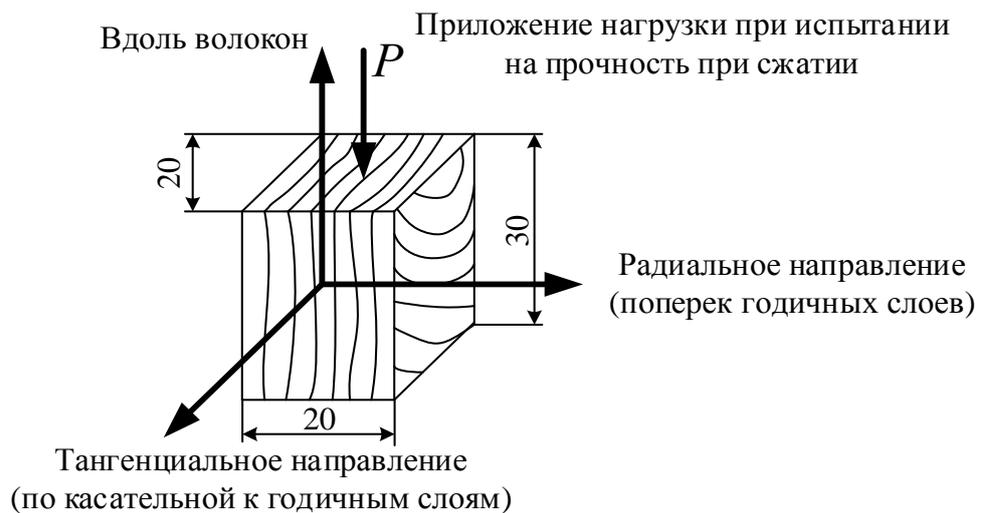


Рис. 2.2. Общий вид образца для испытания на прочность при сжатии с главными осями анизотропии древесины как ортотропного типа

Напряжения и деформации могут быть следствием не только механических усилий, но и иных воздействий, в первую очередь изменения температуры и влажности, имеющих место не только в процессе эксплуатации древесных элементов, но и при обработке древесины: сушке, склеивании, отделке.

Максимальные напряжения при соответствующем нагружении, предшествующие разрушению, называют пределом прочности (при сжатии, изгибе, растяжении и др.).

На прочность древесины, при прочих равных условиях, оказывает большее влияние влажность. При увлажнении древесины до предела гигроскопичности ее предел прочности снижается.

Дальнейшее увлажнение практически не приводит к снижению ее прочностных характеристик.

Расчет показателей прочности древесины с учетом ее влажности может быть выполнен по формуле

$$B_{12} = B_w [1 + \alpha(W - 12)], \quad (2.1)$$

где B_{12} – показатель свойства при влажности 12%;

B_w – показатель свойства при влажности W ;

α – поправочный коэффициент на влажность, показывающий насколько изменяется показатель определяемого свойства при изменении влажности на 1%.

Конструкционные материалы из цельной древесины наиболее часто подвергаются изгибающим нагрузкам, величина которых может быть как постоянной (элементы перекрытия потолка верхнего этажа), так и изменяющейся в процессе эксплуатации (лаги перекрытий, стропильная система под действием снеговых нагрузок и т.д.). Помимо действия сил нагружения в процессе эксплуатации может изменяться влажность конструкций из-за изменения влажности окружающей среды, что влечет за собой появление внутренних напряжений и изменение прочности древесины.

Способность древесины выдерживать нагрузки обусловлена в большей мере строением древесины. В зависимости от направления действия усилия, в радиальной или тангенциальной плоскости, механические свойства древесины значительно отличаются. Прочностные свойства древесных материалов из измельченной древесины, таких как древесно-стружечные и древесно-волокнистые плиты ниже, чем у материалов из цельной древесины, за счет меньшей длины древесных волокон и создания связи между частицами путем их склеивания.

Прочность древесины при сжатии вдоль волокон определяют на образцах вида рис. 2.2 по выражения (2.2)

$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{a \cdot b}, \text{ МПа} \quad (2.2)$$

где P_{\max} - разрушающая нагрузка, Н;

a – толщина образца, мм;

b – ширина образца, мм.

Предел прочности вычисляют с точностью до 0,5 МПа.

Прочность древесных материалов при статическом изгибе определяют по формуле (2.3)

$$\sigma_w = \frac{3P_{\max}L}{2bh^2}, \text{ МПа} \quad (2.3)$$

где P_{\max} - разрушающая нагрузка, Н;

L – расстояние между опорами, мм;

h – толщина образца, мм;

b – ширина образца, мм.

Предел прочности древесины при статическом изгибе определяют с точностью до 1 МПа.

Схема нагружения образца для определения прочности древесины при статическом изгибе приведена на рис. 2.3.

Расстояние между центрами нижних опор составляет 240 мм. Нагрузку прикладывают в середине образца.

Радиус закругления опор установки – 30 мм. Расположение образца в установке должно обеспечивать приложение усилия на пласть по касательной к годичным слоям (в тангенциальном направлении). При приложении нагрузки на пласть поперек годичных слоев (в радиальном направлении) прочность древесины хвойных пород на 10-12% ниже. Для лиственных пород прочность при изгибе в радиальном и тангенциальном направлении принимается одинаковой. Образцы из древесностружечных плит и фанеры устанавливают на пласть, в соответствии с осью приложения изгибающих напряжений в процессе их эксплуатации.

Распределение прочности при статическом изгибе древесины ели Ленинградской области по стволу дерева, установленное на основе исследований авторов, представлено на рис. 2.4.

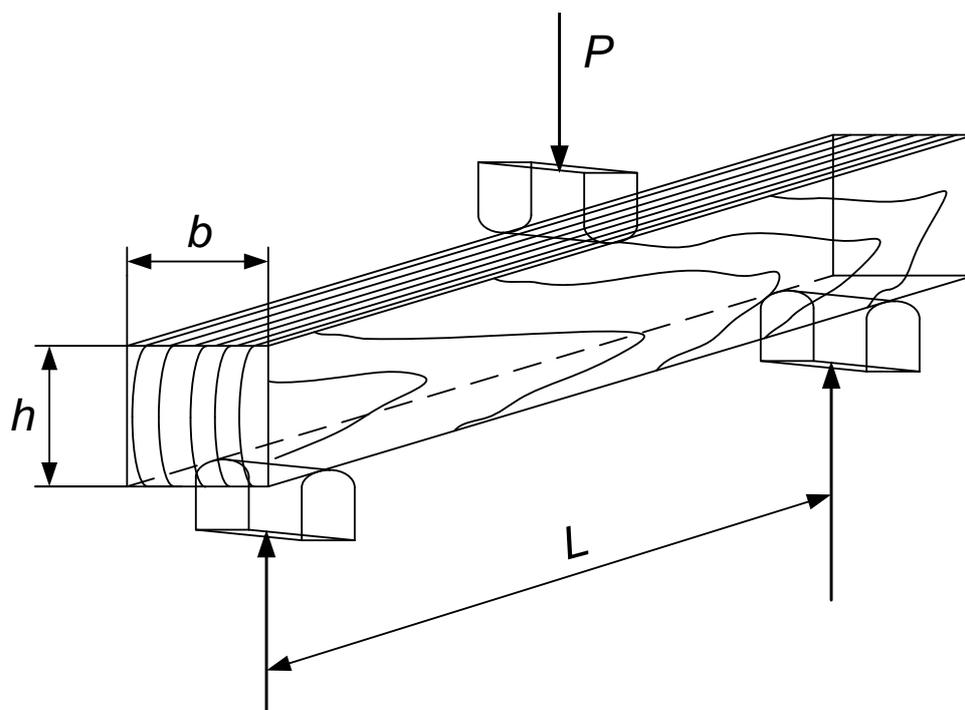


Рис. 2.3. Схема нагружения при определении прочности древесины при статическом изгибе

Показатели механических свойств древесины некоторых пород приведены в табл. 2.1.

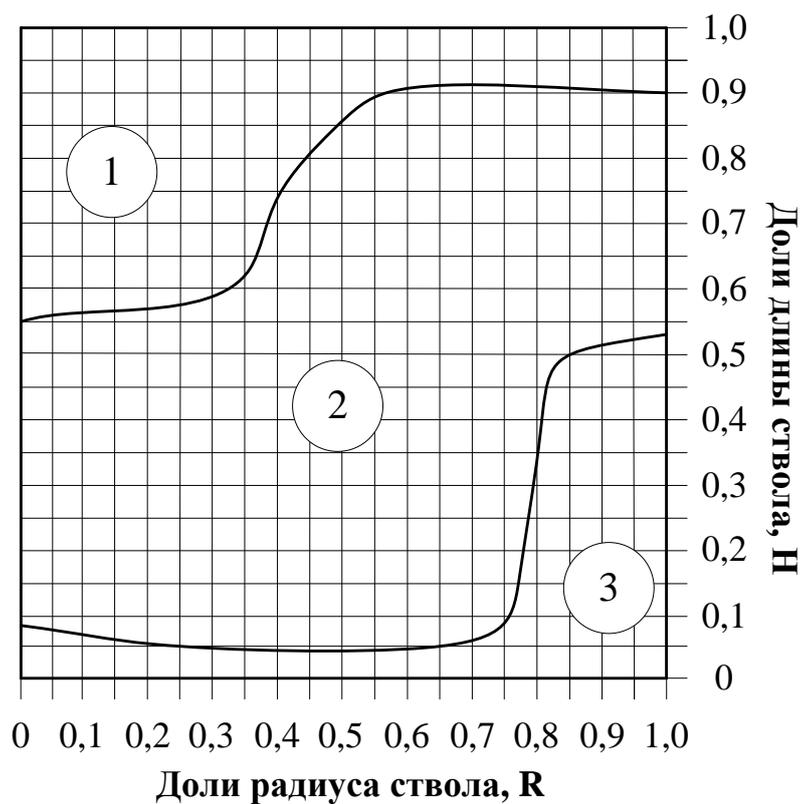


Рис. 2.4. Прочность древесины при статическом изгибе пиломатериалов, полученных в разных частях ствола ели, МПа: 1 – 60-80, 2 – 80-100, 3 – 100 – 120

Таблица 2.1

Механические свойства древесины некоторых пород /1/

Порода	Предел прочности, МПа					
	при сжатии вдоль волокон при влажности, %		при растяжении вдоль волокон при влажности, %		при статическом изгибе при влажности, %	
	12	30 и более	12	30 и более	12	30 и более
Береза	54	26	137	102	110	65
Граб	61	36	129	96	128	74
Ель	45	19	101	77	79	43
Клен	59	28	-	-	115	66
Липа	46	24	117	89	86	53
Лиственница	62	25	124	95	109	61
Осина	43	19	121	93	77	45
Дуб	57	31	-	-	103	66
Вяз	47	25	140	107	92	58
Пихта	40	17	66	51	68	40
Бук	53	27	124	93	104	63
Кедр	40	16	89	68	69	36
Сосна	46	21	109	78	85	49
Тополь	40	17	88	67	68	40
Ясень	56	32	140	107	118	73

Прочность древесины при сдвиге

Различают три вида испытаний на прочность древесины при сдвиге: скалывание вдоль волокон, скалывание поперек волокон и перерезание древесины поперек волокон.

Наиболее распространенной является оценка прочности древесины при скалывании вдоль волокон, поскольку при проведении данного вида испытаний моделируется наиболее распространенный тип нагружения балок в процессе их эксплуатации. Обеспечение сдвиговой прочности необходимо при изготовлении балок и ферм большой длины, особенно имеющих криволинейную форму и изготовленных путем склеивания цельной древесины.

Метод оценки сдвиговой прочности древесины при скалывании вдоль волокон также применяется для оценки качества формирования клеевых соединений древесины, прочность которых должна обеспечиваться не ниже цельной древесины, и может быть качественно определена по характеру разрушения образцов при испытании на скалывание, рис. 2.5. При оценке качества формирования клеевых соединений определяется также их водостойкость, определяющая требования к температурно-влажностному режиму их эксплуатации.

Справочные значения предела прочности древесины при скалывании вдоль волокон приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон

Порода	Предел прочности древесины при скалывании в радиальной плоскости, МПа, при влажности, %	
	12	30 и более
Лиственница	9,8	6,2
Сосна	7,4	4,2
Ель	6,8	4,0
Пихта сибирская	5,9	3,7
Береза	9,0	5,8
Бук	12,1	7,3
Дуб	9,9	7,4
Осина	6,2	3,5

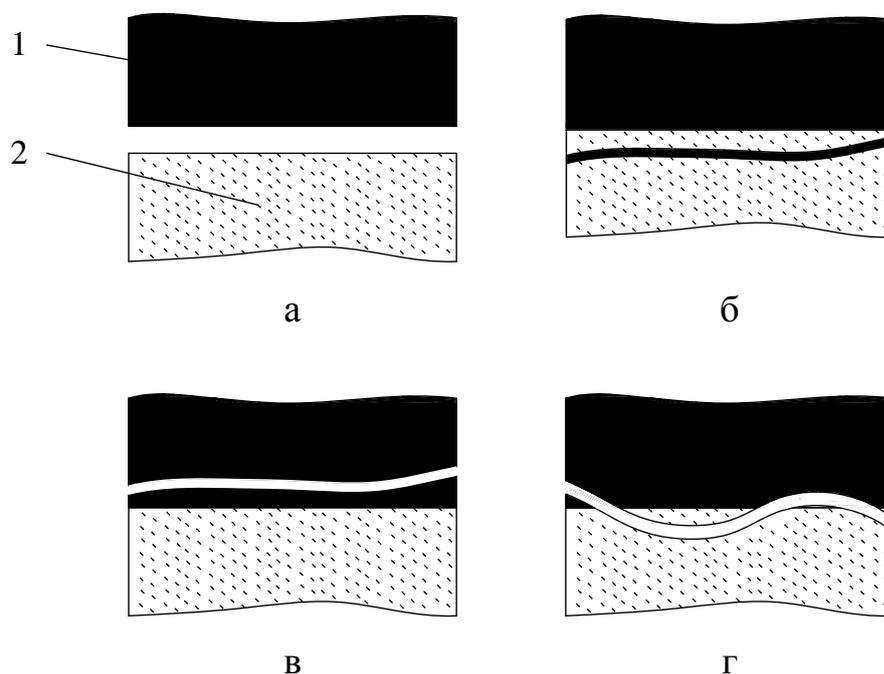


Рис. 2.5 Идеальный характер разрушения клеевых соединений: а – адгезионное (между клеем и древесиной); б – когезионное по древесине; в – когезионное по клею; г - смешанное. 1 – адгезив, 2 - субстрат

Нормативные требования к пределу прочности клеевых соединений древесины и их водостойкости приведены в табл. 2.3-2.4.

Таблица 2.3

Предел прочности при послойном скалывании клеевых соединений в конструкциях при влажности древесины 12 % в соответствии с ГОСТ 20850-84

Показатель прочности	Значение
Среднее значение прочности, МПа	8 МПа
Минимальное значение прочности, МПа	6 МПа

Таблица 2.4

Группы водостойкости клеевых соединений в соответствии с
ГОСТ 17005-82

Группа водостойкости клеевых соединений	Средняя прочность клеевых соединений при скалывании вдоль волокон древесины, МПа, после выдержки образцов в воде температурой	
	20±2°С	100°С
Низкая	До 3,2	-
Средняя А	3,2 и более	До 2,0
Средняя Б	3,2 и более	От 2,0 до 3,2
Повышенная	3,2 и более	3,2 и более

Твердость древесины

Твердость древесины, характеризующая ее способность к внедрению более твердых тел, оказывает влияние на процессы механической обработки древесины. Оценка твердости позволяет косвенно определить основные механические характеристики древесины, поскольку между ними имеется тесная корреляционная связь. Оценка твердости поверхностного (контактного) слоя древесины необходима при обосновании выбора древесины для напольных покрытий, лицевых (фасадных) элементов мебели и т.д.

Оценка твердости древесины в лабораторных условиях может быть выполнена двумя способами.

В соответствии с первым (статическая твердость) в поверхность древесины вдавливают металлический шарик или закругленный стержень диаметром 11,28 мм на глубину, равную радиусу шарика. В таких условиях площадь отпечатка вдавливаемого элемента будет составлять 1 см².

Средние значения статической твердости древесины некоторых пород приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Данные по статической твердости древесины некоторых пород /1/

Порода	Твердость, Н/мм ² , древесины на поверхности					
	торцовой		радиальной		тангенциальной	
	Влажность, %					
	12	30 и более	12	30 и более	12	30 и более
Лиственница	42,0	20,1	31,5	14,8	33,4	15,7
Сосна	28,4	13,2	22,5	10,6	23,2	10,9
Ель	25,3	12,0	17,5	8,2	17,8	8,5
Дуб	66,5	39,2	54,5	32,6	47,5	28,4
Береза	46,3	27,5	35,9	21,5	32,1	19,2
Осина	25,8	15,4	18,7	11,2	19,6	11,7

Оценку ударной прочности древесины выполняют по методу А.Х. Певцова. Мерой твердости древесины в данном случае является размер отпечатка на поверхности древесины от сбрасывания на нее с высоты 500 мм металлического шарика диаметром 25 мм.

Средние значения ударной твердости радиальной поверхности древесины некоторых пород приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Ударная твердость древесины некоторых пород на радиальной поверхности /1/

Порода древесины	Ударная твердость, Дж/см ² при влажности, %	
	12	30 и более
Ель	0,73	0,56
Лиственница	0,90	0,68
Сосна	0,72	0,55
Бук	0,96	0,79
Береза	0,80	0,67
Осина	0,73	0,57

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СЖАТИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

Цель работы: исследование влияния влажности древесины на ее прочность при сжатии вдоль волокон

Задачи:

1. Определение плотности древесины
2. Определение влажности древесины
3. Определение прочности древесины при сжатии вдоль волокон

Приборы, оборудование и инструменты

1. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
2. Весы электронные с погрешностью измерения не более 0,01 г.
3. Влагомер с погрешностью не более 0,1%.
4. Эксикатор
5. Разрывная машина Р-5 с наибольшей предельной нагрузкой 50 кН.

Методика выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы изготавливают образцы из древесины двух пород, полученных из одного сортимента, половина которых имеет влажность 12%, а вторая половина увлажняется выше предела гигроскопичности. Для исследования влияния плотности и влажности древесины на прочность при сжатии вдоль волокон используют образцы размерами 20x20x30 мм, рис. 2.2, к которым в торцевой плоскости на разрывной машине Р-5 с постоянной скоростью прикладывается нагрузка и фиксируется величина усилия при разрушении образцов.

При оценке прочности древесины при сжатии вдоль волокон при влажности отличной от $W = 12\%$, пересчет к справочным значениям может быть

выполнен по формуле (2.1), где α - поправочный коэффициент на влажность цельной древесины, $\alpha = 0,04$.

Эксперимент повторяется не менее чем для 10 образцов древесины. Данные измерений заносят в табл. 2.7.

Статистическая обработка данных выполняется по известной методике (1.14-1.16).

На основании экспериментальных данных табл. 2.7 строят гистограмму прочности для древесины влажностью: 12%, 30% и влажности в момент проведения испытания, рис. 2.6.

Определив прочность древесины при сжатии вдоль волокон, в выводах оценивают влияние влажности древесины на ее прочность.

Таблица 2.7

Форма представления экспериментальных данных.
Порода древесины

№ п/п	Толщина образца a , мм	Ширина образца b , мм	Длина образца l , мм	Масса, г	Плотность древесины, ρ_w , кг/м ³	Влажность, W , %	Разрушающее усилие, кг	Прочность древесины при сжатии вдоль волокон, σ_w , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
3								
...								
n								
\bar{X}								
S								
V								

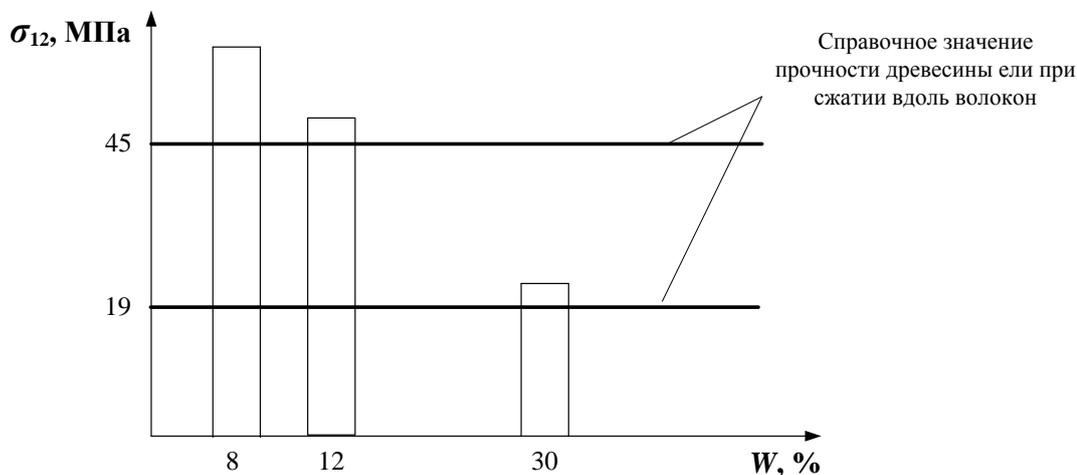


Рис. 2.6. Влияние влажности древесины ели на прочность при сжатии вдоль волокон

Контрольные вопросы:

1. Влияние влажности древесины на ее прочность при сжатии вдоль волокон?
2. Влияние скорости нагружения на оценку прочности древесины?
3. При проектировании каких элементов конструкций необходимо определять прочность древесины при сжатии вдоль волокон?
4. Влияние плотности древесины на ее прочность?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ

Цель работы: определение влияния структуры древесины и древесных материалов на прочность при статическом изгибе

Задачи:

1. Определение влажности древесины
2. Испытание древесины на прочность при статическом изгибе
3. Испытание ДСтП на прочность при статическом изгибе
4. Испытание фанеры на прочность при статическом изгибе

Приборы, оборудование и инструменты

1. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
2. Весы электронные с погрешностью измерения не более 0,01 г.
3. Влагомер с погрешностью не более 0,1%.
4. Разрывная машина Р-5 с наибольшей предельной нагрузкой 50 кН.

Методика выполнения работы

Для проведения испытаний используют образцы цельной древесины двух пород влажностью 12 и 30%, ДСтП и фанеры прямоугольной формы, размерами 20x20x300 мм. У подготовленных образцов определяют плотность и влажность, после чего испытываемые материалы помещают в разрывную машину и нагружают до полного разрушения в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.3.

При оценке прочности цельной древесины при статическом изгибе при влажности отличной от $W = 12\%$, пересчет к справочным значениям может быть выполнен по формуле (2.1), где α - поправочный коэффициент на влажность цельной древесины, $\alpha = 0,04$.

Данные измерений заносятся в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Форма представления экспериментальных данных
Порода (материал)

№ п/п	Толщина образца h , мм	Ширина образца b , мм	Длина образца l , мм	Масса образца, г	Плотность образца, ρ_w , кг/м ³	Плотность образца, ρ_{12} , кг/м ³	Влажность, W , %	Разрушающее усилие, кг	Прочность образца при статическом изгибе, σ_w , МПа	Прочность образца при статическом изгибе, при $W = 12\%$ σ_{12} , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
...										
n										
\bar{X}										
S										
V										

Результаты исследований представляют в виде гистограммы, рис. 2.7, указав на ней среднее значение прочности древесины при статическом изгибе при $W = 12\%$, справочное значение прочности, прочность ДСтП, прочность фанеры, а также прочность древесины, влажностью выше предела гигроскопичности.

На основании показателей прочности древесных материалов формулируют выводы о влиянии структуры и влажности на прочность древесных материалов.

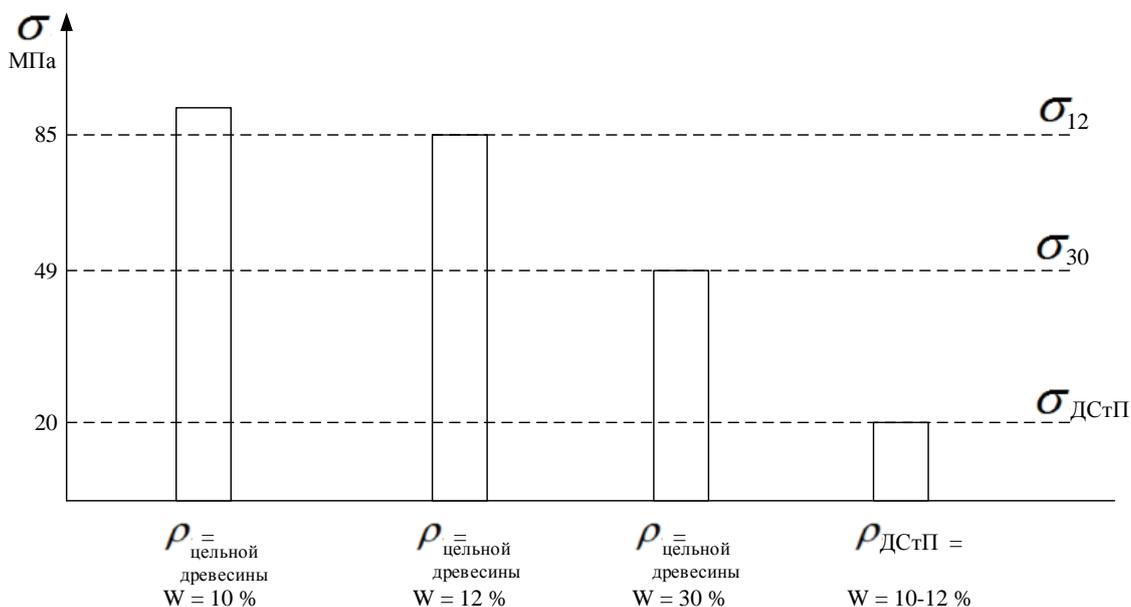


Рис. 2.7 Прочность древесных материалов при статическом изгибе

Контрольные вопросы:

1. Значимость показателя прочности древесных материалов при статическом изгибе?
2. Влияние влажности древесины на ее прочностные показатели?
3. Влияние плотности древесины на ее прочностные показатели?
4. Вариативность прочности древесных материалов. Причины различия прочности?
5. Влияние направления волокон древесины на прочностные характеристики?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕЛЬНОЙ И КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СКАЛЫВАНИИ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

Цель работы: Сравнительный анализ прочности цельной и клееной древесины при скалывании вдоль волокон

Задачи:

1. Определение плотности древесины
2. Определение влажности древесины
3. Определение прочности древесины и клеевого соединения при скалывании

Приборы, оборудование и инструмент

1. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
2. Весы электронные с погрешностью не более 0,01 г.
3. Влагомер с погрешностью не более 0,1%.
4. Разрывная машина Р-5 с наибольшей предельной нагрузкой 50 кН.
5. Приспособления к испытательной машине ГОСТ 15613.1-84.
6. Эксикатор
7. Электрическая плитка, обеспечивающая температуру нагрева 100°С.

Методика выполнения работы

Для проведения лабораторной работы используют образцы вида рис. 2.8, из цельной и клееной древесины сосны и ели, в количестве не менее 10 образцов для проведения каждого испытания.

У полученных образцов, по известной методике (лаб. работа №1) определяют размеры, влажность и плотность, после чего проводят испытания.

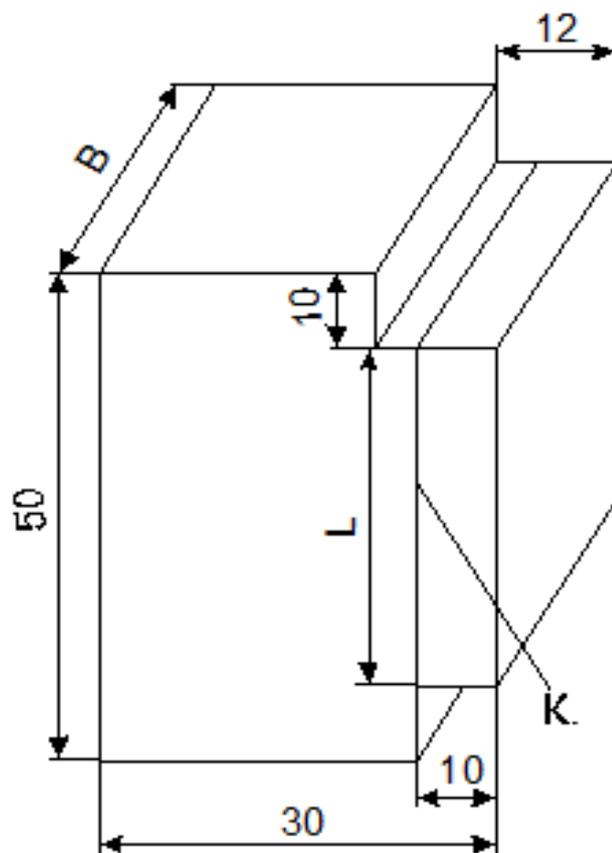


Рис. 2.8. Схема испытания образцов при скалывании по клеевому слою вдоль волокон древесины

Полученные образцы разрушают на разрывной машине Р-5, со скоростью нагружения $0,60 \pm 0,15$ мм/мин, цена деления шкалы – 50 Н.

Прочность цельной древесины и клевого соединения, τ , МПа при скалывании определяется по формуле (2.4)

$$\tau = \frac{P}{S}, \quad (2.4)$$

где P – разрушающее усилие, Н;

S – площадь клевого соединения, мм².

Точность изготовления образцов регламентируется ГОСТ 16483.0-78. Испытуемые образцы не должны содержать пороков. До проведения испытаний образцы выдерживаются при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$, при относительной влажности воздуха $65 \pm 5\%$ не менее трех суток.

При испытании клееных материалов из цельной древесины дополнительно фиксируется вид разрушения: по древесине, по клеевому слою, смешанное.

При определении прочности клевого соединения в зависимости от влажности древесины, влажность ламелей определяется при помощи влагомера в соответствии с ГОСТ 16588-91 «Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности».

При определении группы водостойкости клеевого соединения образцы древесины, в количестве не менее 10 шт. помещают в сосуд с водопроводной водой и нагружают таким образом, чтобы они были покрыты водой на 2-3 см. В сосуде образцы выдерживаются в течение 48 ч, после чего подвергаются обмеру и испытанию. Вторую партию образцов подвергают кипячению в течение 3-х часов, после чего охлаждают в воде $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 30 мин и также обмеряют и испытывают.

Полученные значения прочности древесины при скалывании сравнивают с прочностью древесины, а также соотносят с нормативными значениями прочности клеевых соединений в соответствии с ГОСТ 20850-84 «Конструкции деревянные клееные. Общие технические условия», а также определяют группу водостойкости в соответствии с ГОСТ 17005-82 «Конструкции деревянные клееные. Метод определения водостойкости клеевых соединений» табл. 2.3-2.4.

Полученные результаты сводят в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Форма представления экспериментальных данных
Порода древесины

№	Вид материала, тип клея	Размеры площади скалывания, мм		Плотность древесины, ρ , кг/м ³	Разрушающее усилие, P , Н	Прочность клеевого соединения, τ , МПа	Влажность древесины, %	Прочность клеевого соединения, τ , МПа, при $W = 12\%$	Вид разрушения
		Ширина	Длина						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
...									
n									
\bar{X}									
S									
V									

При необходимости осуществляется пересчет к справочному значению прочности древесины при скалывании вдоль волокон, при влажности 12%. Пересчет к справочным значениям выполняется по формуле (2.1), где α - поправочный коэффициент на влажность, $\alpha = 0,03$.

Результаты исследований необходимо представить в виде гистограммы (рис. 2.9), указав на ней среднее значение прочности цельной древесины при скалывании вдоль волокон, среднее значение прочности клеевого соединения, средние значения прочности клеевых соединений при скалывании вдоль волокон после выдержки образцов в воде температурой $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и 100°C .

Для показателя прочности клеевого соединения определяется среднее значение, дисперсия и коэффициент вариации.

Анализ гистограммы должен найти отражение в выводах по работе.

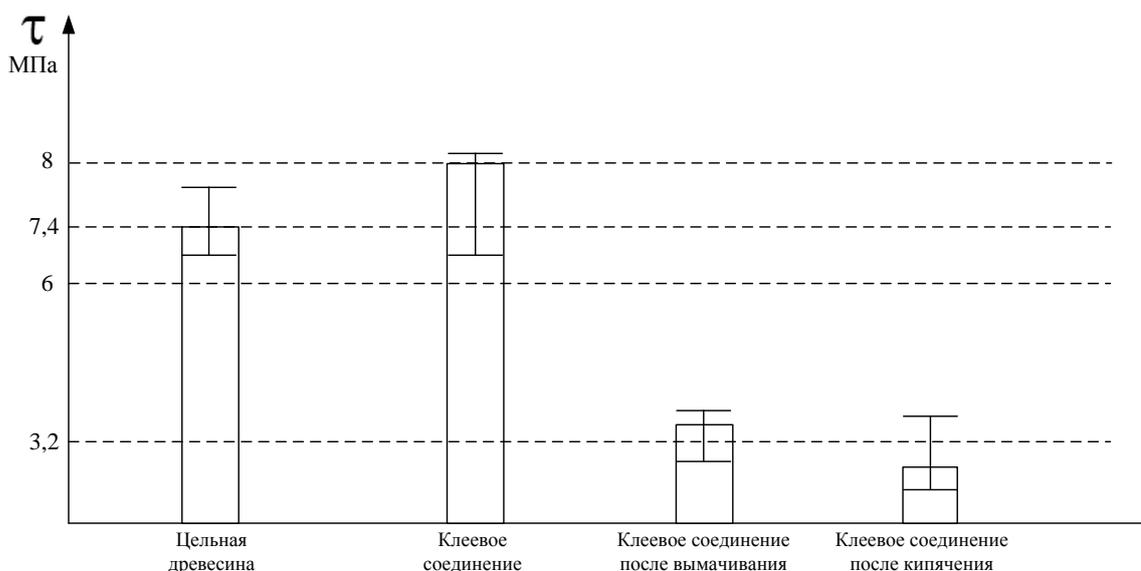


Рис. 2.9. Гистограмма прочности цельной и клееной древесины при скалывании вдоль волокон

Контрольные вопросы по разделу:

1. Метод определения прочности древесины при скалывании вдоль волокон?
2. Водостойкость клеевых соединений. Метод испытания?
3. Водостойкость клеевых соединений?
4. Назначение параметра – «вид разрушения»?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДАРНОЙ ТВЕРДОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ОТ ЕЕ ПЛОТНОСТИ

Цель работы: определение влияния плотности древесины на её твердость

Задачи:

1. Определение плотности древесины
2. Определение ударной твердости древесины
3. Построение зависимости влияния плотности древесины на её твердость

Приборы, оборудование и инструменты

1. Штангенциркуль с погрешностью измерения не более 0,1 мм.
2. Весы электронные с погрешностью измерения не более 0,01 г.
3. Влагомер с погрешностью не более 0,1%.
4. Разрывная машина Р-5 с наибольшей предельной нагрузкой 50 кН.

5. Затворная стойка для опускания шарика с высоты (500 ± 1) мм.
6. Увеличительная лупа с точностью измерения до 0,1 мм.

Методика выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы используют древесину двух пород. Размеры образцов: толщина и ширина - 20 мм, длина вдоль волокон - 150 мм. По известной методике у образцов определяют плотность и влажность, данные измерений заносят в табл. 2.10. На следующем шаге определяют направление волокон древесины и ударную твердость. Ударная твердость древесины определяется по формуле (2.5). Эксперимент повторяют не менее чем для 10 образцов древесины.

Оценке подвергают пиломатериалы с радиальным направлением волокон, поскольку их поверхность более однородна. Образцы для испытаний подготавливают сечением 20x20 мм и длиной вдоль волокон 150 мм. Для фиксации образца и сбрасывания шарика применяется затворная стойка, рис. 2.10.

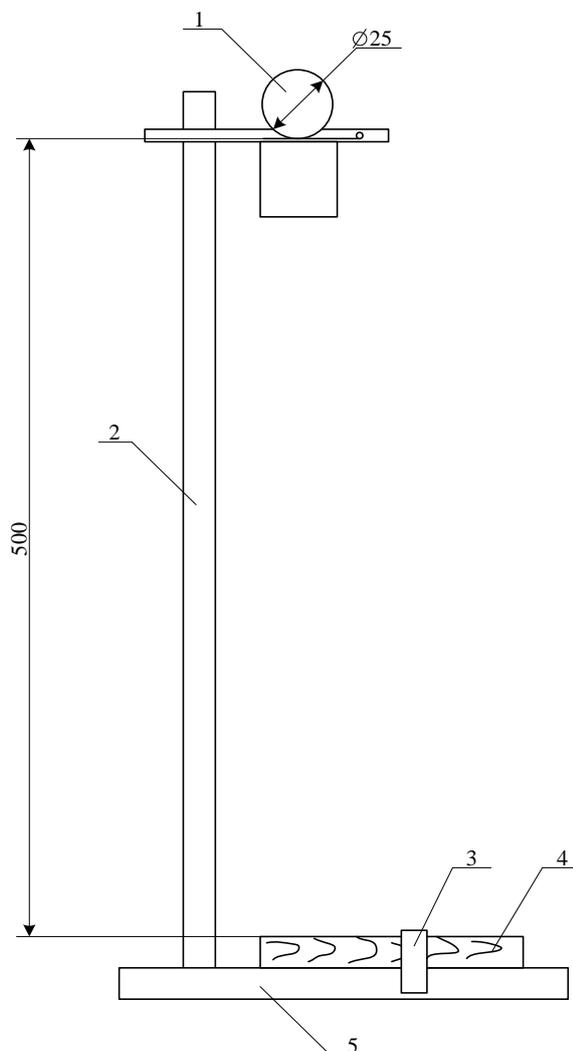


Рис. 2.10. Схема установки для оценки ударной твердости древесины
1 – металлический шарик; 2 – станина; 3 – зажим; 4 – испытуемый образец древесины; 5 - подставка

Для проведения испытаний на ударную твердость древесины шарик сбрасывают на поверхность не менее трех раз. Расстояние между отпечатками должно быть не менее 40 мм. Отпечатки измеряют по двум взаимно-перпендикулярным направлениям с помощью увеличительной лупы с погрешностью не более 0,1 мм. Твердость древесины, H_w , Дж/см², определяют по формуле (2.5):

$$H_w = \frac{4mgh}{\pi d_1 d_2}, \quad (2.5)$$

где m - масса шарика, кг;

h - высота падения, м;

d_1 - минимальный диаметр отпечатка, см;

d_2 - максимальный диаметр отпечатка, см.

Статистическая обработка данных выполняется по известной методике (1.14-1.16).

Для приведения ударной твердости древесины к влажности $W = 12\%$, следует выполнить пересчет по формуле (2.1), где $\alpha = 0,035$.

Таблица 2.10

Форма представления экспериментальных данных
Порода древесины

№ п/п	Плотность древесины, ρ_w , кг/м ³	Влажность, W , %	Направление волокон древесины	Ударная твердость древесины, H_w , Дж/см ²	Плотность древесины, ρ_{12} , кг/м ³	Ударная твердость древесины, H_{12} , Дж/см ²
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
...						
n						
\bar{X}						
S						
V						

На основании экспериментальных данных табл. 2.10 строят график вида рис. 2.11.

Определив показатели ударной твердости при влажности 12%, в выводах дают оценку полученных результатов, сравнивая полученные значения со справочными.

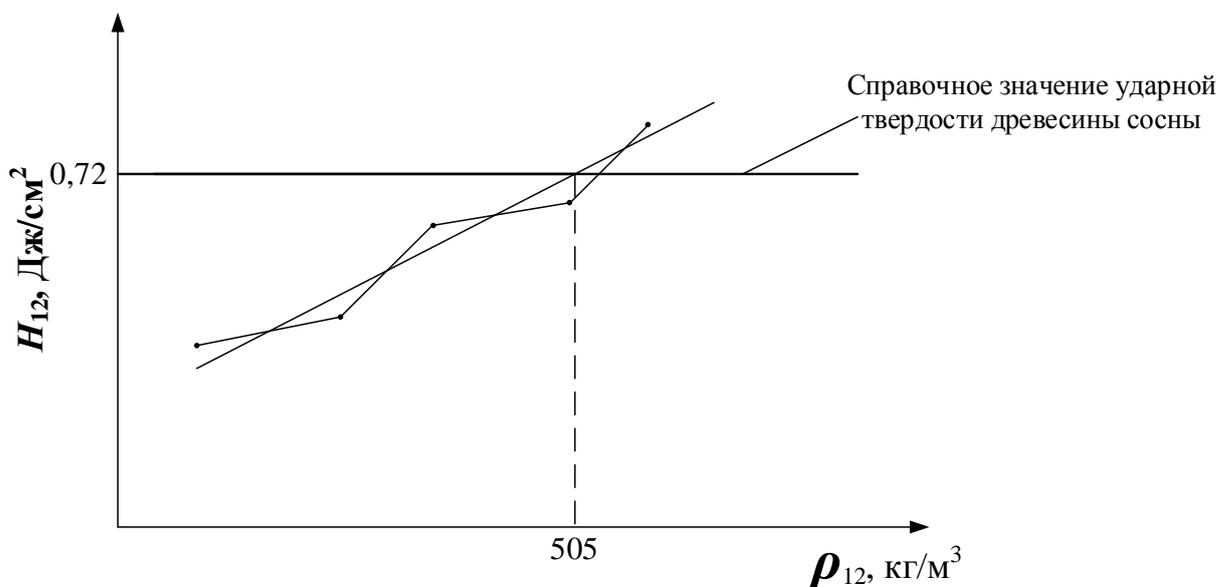


Рис. 2.11. Исследование влияния плотности древесины сосны на показатель ударной твердости

Контрольные вопросы:

1. Методы оценки твердости древесины и их различия?
2. Влияние плотности на твердость древесины?
3. Методы приведения результатов эксперимента к стандартизованной влажности?
4. Влияние уровня влажности на твердость контактного слоя древесины?

2.3. Деформации древесины и древесных материалов

Процессы уплотнения и склеивания цельной и измельченной древесины являются наиболее распространенными в производстве материалов и изделий из древесины. Под действием давления и температуры древесина деформируется, что приводит к ее уплотнению и образованию внутренних напряжений.

Известно, что полимеры, а древесина является растительным полимером, могут находиться в трех реологических состояниях:

1. Стеклообразное (твердое) состояние существует при нормальных температурах и влажности, когда энергия теплового движения молекул ниже энергии межмолекулярного взаимодействия. Скорость перемещения молекул мала. Молекулярные цепи не могут менять ни своей конфигурации, ни взаимного расположения.

2. Переход древесного лигниноцеллюлозного комплекса из стеклообразного в высокоэластическое состояние происходит при температуре $210 \pm 5^\circ\text{C}$ и не зависит от породы древесины [12]. При таком состоянии вещества воз-

можно изменение взаимного расположения отдельных частей молекул, но не макромолекул в целом. Вещество проявляет эластичные свойства.

3. Вязкотекучее состояние древесины существует при высоких температурах, давлении и повышенной влажности. Молекулы могут перемещаться друг относительно друга. Вещество обладает текучестью, однако его вязкость в 10^{10} раз больше вязкости низкомолекулярных жидких соединений.

Переход из одного реологического состояния в другое происходит в интервале температур, различном для разных полимеров. Средняя температура перехода из высокоэластичного состояния в стеклообразное называется температурой стеклования, а из высокоэластичного в вязкотекучее – температурой текучести.

При приложении усилий к полимеру могут возникать следующие деформации:

- упругие, как следствие обратимого изменения средних расстояний между частицами;
- высокоэластические, связанные с обратимой перегруппировкой частиц (звеньев цепных молекул);
- вязко-текучие деформации, обусловленные необратимым смещением молекулярных цепей.

Повышение прочности древесины при её уплотнении в процессе склеивания широко используется в технологии изготовления клееных слоистых материалов, таких как бакелизированная фанера и древеснослоистые пластики. Преимуществом уплотнения древесины является повышение ее прочности, поскольку известно, что прочность вещества возрастает с увеличением его плотности. Характер связи между плотностью древесины и ее прочностью установлен проф. П.Н.Хухрянским /7/ (2.6)

$$\sigma = A + B\rho, \quad (2.6)$$

где: σ - прочность древесины, МПа; A , B - постоянные, ρ - плотность древесины, кг/м³.

При незначительных усилиях прессования, когда плотность изменяется в небольшом диапазоне, например, в производстве фанеры и фанерных плит, деформация пакета шпона безусловно вредна, т.к. ухудшает условия формирования клевого соединения вследствие уменьшения парогазопроводности древесины и приводит к перерасходу сырья.

Реологические модели и закономерности их деформирования подробно описаны для многих материалов. Поведение древесины под нагрузкой может быть представлено телом Бюргерса, рис. 2.12 /9/.

Переход древесины из одного состояния в другое возможен под действием одного из факторов:

- напряжения, превышающего предел вынужденной эластичности;
- температуры;
- влажности.

Знание характера и закономерностей развития деформации древесины необходимо при обосновании технологии горячего склеивания фанеры, т.к. в

этом процессе к древесине, содержащей влагу, прилагают и усилие, и температуру.

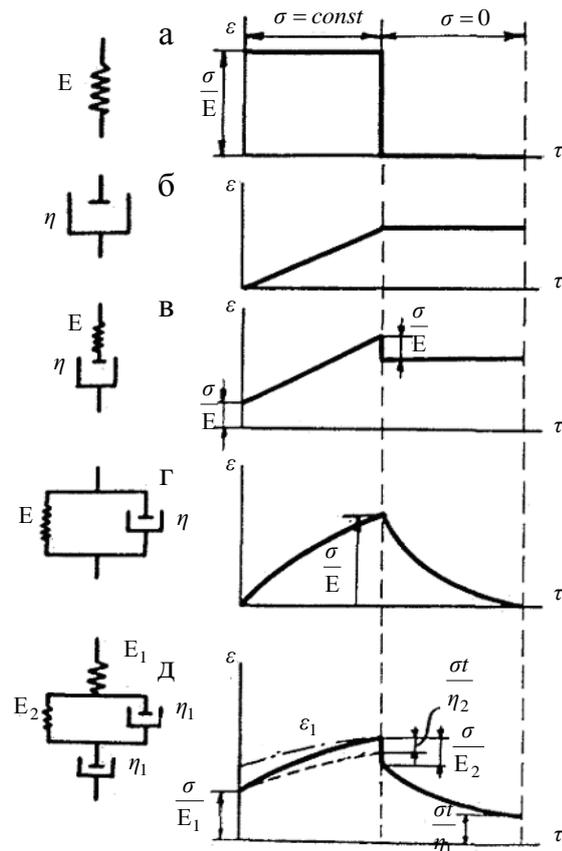


Рис. 2.12. Реологические модели и закономерности их деформирования /9/
 а – Гуково тело; б – Ньютонова жидкость; в – Тело Максвелла;
 г – Тело Фойгта; д – Тело Бюргерса.

Процесс уплотнения древесины под действием давления и температуры может быть разделен на несколько этапов:

1. Подъем давления (увеличение нагрузки)

В начале процесса нагружения происходит быстрый рост полной деформации, величина которой зависит от давления прессования и влажности древесины. В этот период времени древесина не нагрета, вся ее деформация является упругой.

2. Нагревание пакета шпона при постоянном давлении

Продолжается рост деформации. Основными факторами, влияющими на развитие деформации, являются – температура и влажность. Наличие в древесине влаги, а также нагревание пакета шпона снижают модуль упругости древесины, что приводит к существенному уплотнению древесины.

3. Снятие давления (снижение нагрузки)

После снятия нагрузки происходит снижение полной деформации, за счет вязко-упругой компоненты, характерной для древесины. Вязкопластическая деформация являясь необратимой, не исчезает после снятия нагрузки и получила название остаточная деформация.

Основная часть вязко-упругой деформации исчезает сразу же после снятия нагрузки, ее меньшая часть (термовлагообратимая деформация) восстанавливается по мере повышения модуля упругости при охлаждении пакета. При горячем склеивании слоев древесины (шпона) часть деформации задерживается за счет отверждения связующего, что является одной из причин возникновения напряжений в клееной слоистой древесине.

Графическое отображение развития деформаций приведено на рис. 2.13 /9/.

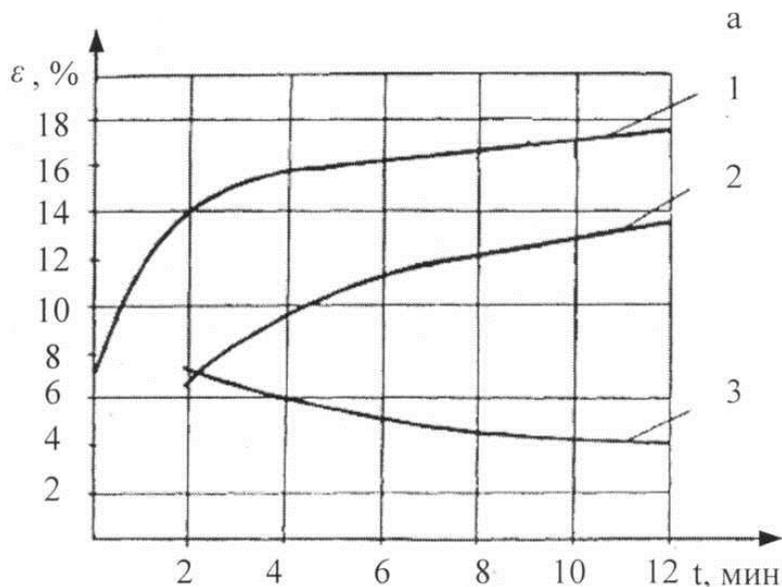


Рис. 2.13. Деформация склеиваемых тонких слоев древесины (шпона): 1 - полная деформация, 2 - остаточная деформация, 3 - восстановившаяся деформация

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ТОНКИХ СЛОЕВ ДРЕВЕСИНЫ (ШПОНА)

Цель работы: определение влияния температуры и начальной влажности древесины на деформации шпона

Задачи:

1. Определение влажности древесины
2. Определение деформации шпона в зависимости от температуры и продолжительности прессования

Приборы, оборудование и инструмент

1. Влагомер с погрешностью измерения не более 0,1 %.
2. Термопара с погрешностью измерения не более 0,1 °С.
3. Микрометр с погрешностью измерения не более 0,01 мм.

4. Секундомер с точностью 1 с.
5. Индикатор часового типа с погрешностью измерения не более 0,001 мм.
6. Горячий пресс обеспечивающий температуру плит пресса не менее 120 °С.

Методика выполнения работы

Методическая сетка проведения лабораторной работы приведена в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Методическая сетка выполнения эксперимента

Задача исследования	Постоянные факторы		Переменные факторы		Выходной параметр	Количество результатов наблюдения			
	Наименование	Значение	Наименование	Значение		Количество опытов	Количество повторений опытов	Количество результатов одного опыта	Общее количество результатов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Установить влияния температуры и начальной влажности древесины на деформации шпона	1. Вид шпона	Лущеный	1. Порода древесины	Сосна Береза	Деформация древесины	4	4	4	64
	2. Толщина хвойного шпона, мм	4,0	2. Влажность шпона, %	8 30					
	3. Толщина лиственного шпона, мм	1,15	3. Температура плит пресса, °С	0 20 70 120					
	4. Ширина шпона, мм	300	4. Время выдержки под давлением, мин	0 5 10 15 20 25					
	5. Длина шпона, мм	300	5. Давление прессования, МПа	1,6 2,0					

Для проведения испытаний используют образцы хвойного и лиственного шпона, половина которого имеет влажность 8%, а оставшиеся листы имеют влажность выше предела гигроскопичности, размерами 300x300 мм, разной толщины. У образцов определяется влажность, а также фактическая толщина по схеме, рис. 2.14, с погрешностью не более 0,01 мм.

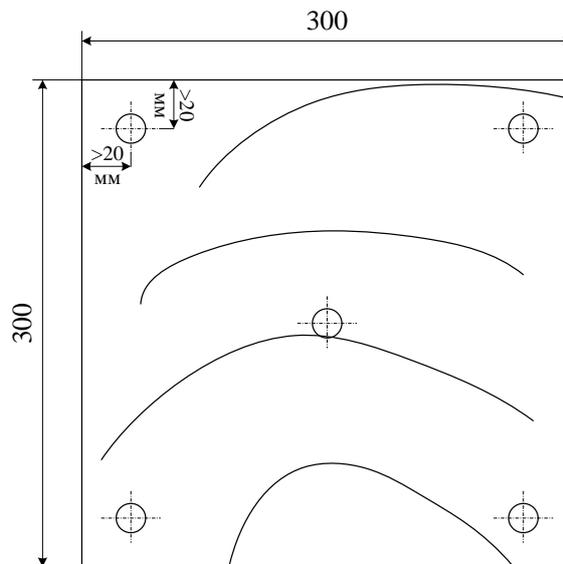


Рис. 2.14. Схема измерения листа шпона

Измеренные образцы шпона по одному помещают между плитами прессы и прикладывают давление, величина которого соответствует породе древесины и виду фанеры, которую планируется изготовить.

Каждые 5 мин индикатором часового типа фиксируется изменение толщины шпона. На следующем этапе испытания повторяют для другой партии шпона, при нагревании плит прессы до температуры 20, 70 и 120 градусов, что контролируется с помощью термодпары. Данные измерений заносятся в табл. 2.12.

Значение деформации ε , %, определяется по формуле (2.7)

$$\varepsilon = \frac{(a_{нач} - a_{тек})}{a_{нач}} \cdot 100\%, \quad (2.7)$$

где $a_{нач}$ - толщина шпона до приложения давления, мм; $a_{тек}$ - толщина шпона в момент измерения, мм.

На основании экспериментальных данных строят график вида рис. 2.15, после чего в выводах приводят анализ результатов лабораторной работы.

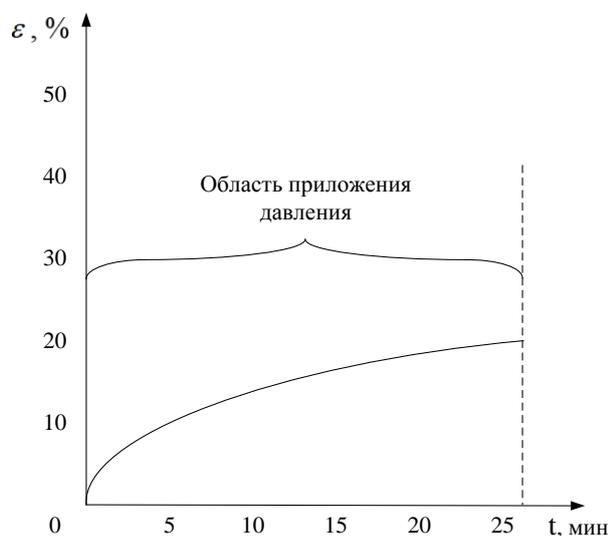


Рис. 2.15. Деформации шпона в зависимости от продолжительности приложения давления

Таблица 2.12

Определение деформации шпона в зависимости от температуры и продолжительности прессования

Порода древесины	Толщина образца			Влажность древесины	Температура плит пресса, °С	Время выдержки, мин	Относительная деформация, %
	$a_{нач}$	$a_{тек}$	$a_{пол}$				
					0	0	
						5	
						10	
						15	
						20	
						25	
					20	0	
						5	
						10	
						15	
						20	
						25	
					70	0	
						5	
						10	
						15	
						20	
						25	
					120	0	
						5	
						10	
						15	
						20	
						25	

Контрольные вопросы по разделу:

1. Реологические состояния аморфных полимеров?
2. Виды деформаций, характерные для древесины?
3. Реологические модели древесины?
4. Влияние температуры на деформативность?
5. Влияние влажности на деформативность?
6. Восстановившиеся деформации?

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СМАЧИВАТЬСЯ

Большинство технологических процессов изготовления современных древесных материалов и изделий на их основе включают операции склеивания и создания защитно-декоративных покрытий (ЗДП). На процесс формирования клеевых соединений и ЗДП оказывает влияние большое количество факторов, рис. 3.1.

Для образования адгезионной связи между связующим или защитным материалом и древесиной необходимо обеспечить возможность поглощения поверхностью древесины наносимых жидких веществ.

Смачивание характеризуется искривлением формы капли жидкости, нанесенной на поверхность твердого тела на границе взаимодействия трёх фаз - твёрдого тела, жидкости и газа. Молекулы жидкости на поверхности капли стремятся уменьшить ее поверхность, т.е. привести каплю к шарообразному виду. Для образования прочных адгезионных связей необходимо чтобы клей смачивал древесину.

Смачивание поверхности древесины жидким связующим, как одна из характеристик адсорбции, – важное условие формирования качественного клеевого соединения и лакокрасочного покрытия, так как характеризует возможность поглощения древесиной раствора клея и лакокрасочного материала, взаимодействие между микрочастицами контактирующих веществ в результате адсорбции, а также способность адгезива распределяться по подложке. Удовлетворительное протекание адсорбционных явлений способствует сближению молекул разнородных веществ, что, в свою очередь, при достижении определенных расстояний (0,5 нм) между микрочастицами вызывает действие сил Ван-дер-Ваальса, а также создает возможность химического взаимодействия.

Проблема взаимодействия тел при склеивании и отделке достаточно сложна. До сего времени не существует единого мнения о механизме соединения разнородных веществ. Предлагаемые теории, делающие попытки объяснить природу сил взаимодействия тел при склеивании, не дают точного представления о явлении адгезии, теоретические ее оценки не согласуются с экспериментальными данными, полученными при разрушении клеевых соединений.

Адгезию можно разделить на специфическую и механическую. Первая -- характеризует взаимодействие элементарных частиц (молекул, ионов, функциональных групп) разнородных тел, возникает в момент контакта адгезива и субстрата в результате физико-химической адсорбции и зависит от характера и плотности адгезионных связей, различных по своей природе: химических (ионных, ковалентных), водородных, межмолекулярных (ориентационных, индукционных, дисперсионных). Специфическое взаимодействие усиливается при отверждении связующего вследствие уменьшения подвижности его молекул.

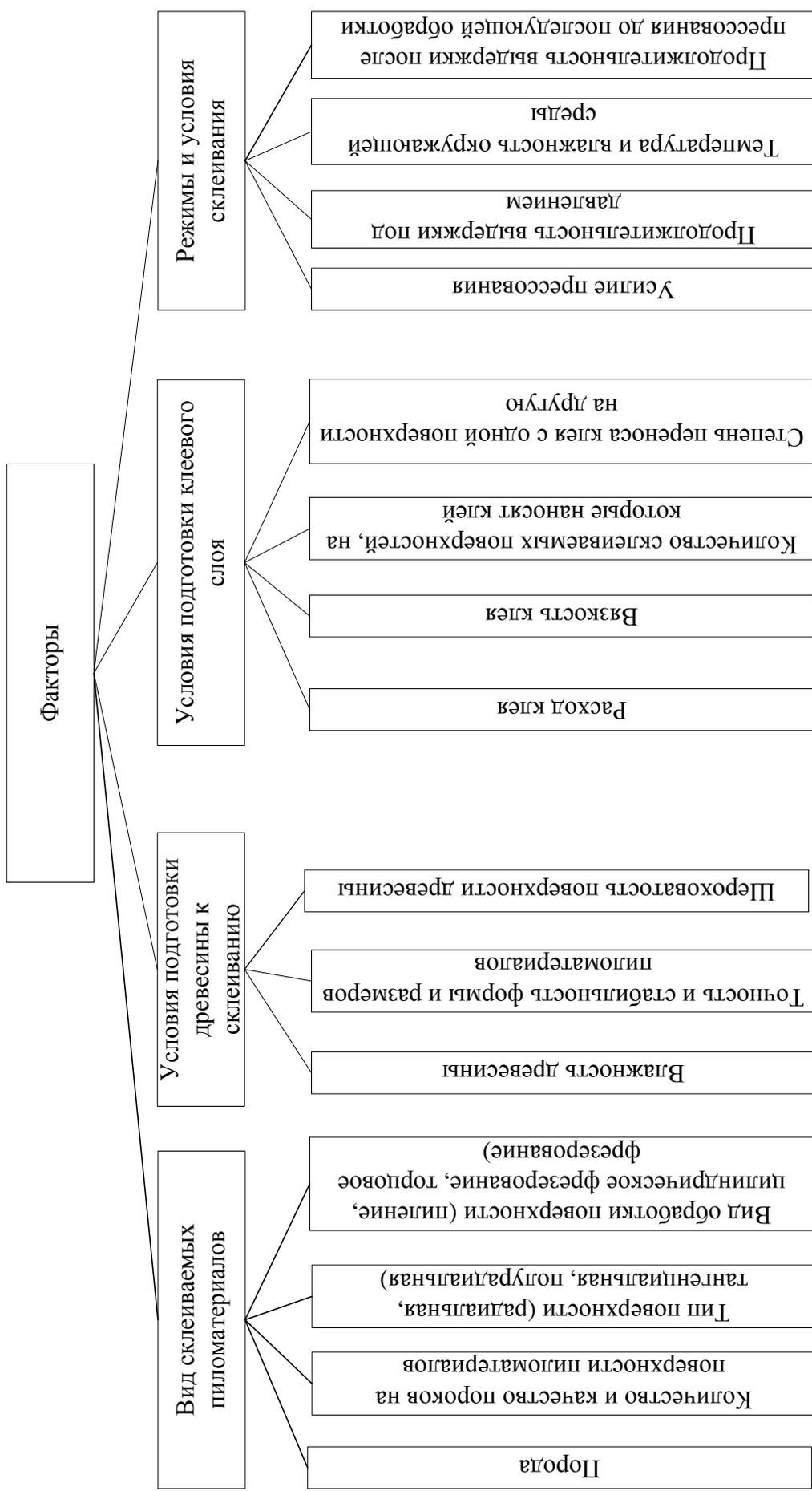


Рис. 3.1. Классификация факторов, влияющих на формирование клеевых соединений при склеивании цельной древесины

Пористые тела (например, древесина) способны устанавливать не только специфические, но и механические связи между связующим и веществом, на которое оно наносится. Механическое взаимодействие - результат проникновения жидкого клея в полости древесины и перехода его в твердое состояние, т.е. имеет место так называемый эффект «гвоздевания».

Энергетический уровень специфической адгезии различен и зависит от природы взаимодействующих тел, их поверхностных свойств, характера массо- и теплообменных процессов, сопровождающих контактирование веществ при склеивании, площади контакта и глубины проникновения клея, возможности установления химических связей. Механическая адгезия определяется когезионной прочностью связующего и древесины в зоне контакта и зависит от количества «гвоздевых» связей и их глубины. Когезионная прочность клея при прочих равных условиях – функция степени его отверждения.

Количественно оценку работы адгезии W_a , мДж/м², (характеризующую силу сцепления разнородных веществ) можно определить исходя из следующей зависимости (3.1)

$$W_a = \sigma_{жг} (1 + \cos\theta), \quad (3.1)$$

где $\sigma_{жг}$ - поверхностное натяжение жидкости на границе раздела жидкого и газообразного тела;

θ - краевой угол смачивания, определяемый по параметрам капли, нанесенной на поверхность твердого тела, град, рис. 3.2.

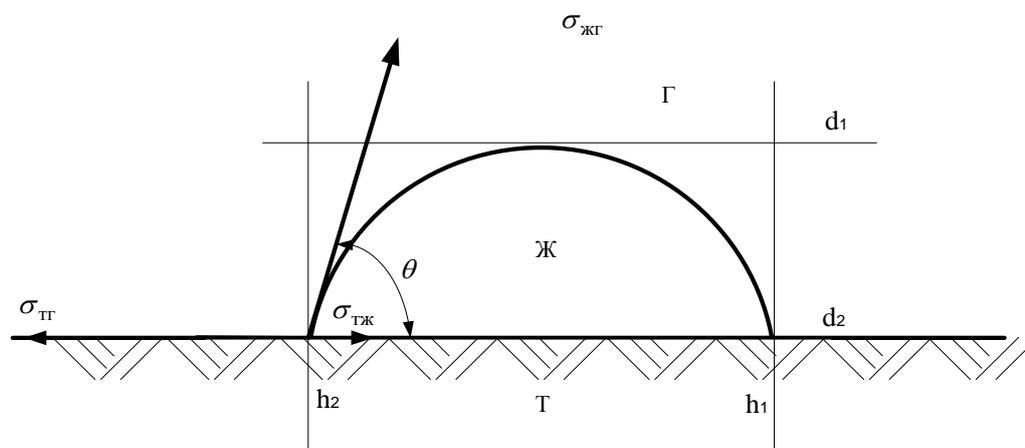


Рис. 3.2. Схема измерения краевого угла смачивания

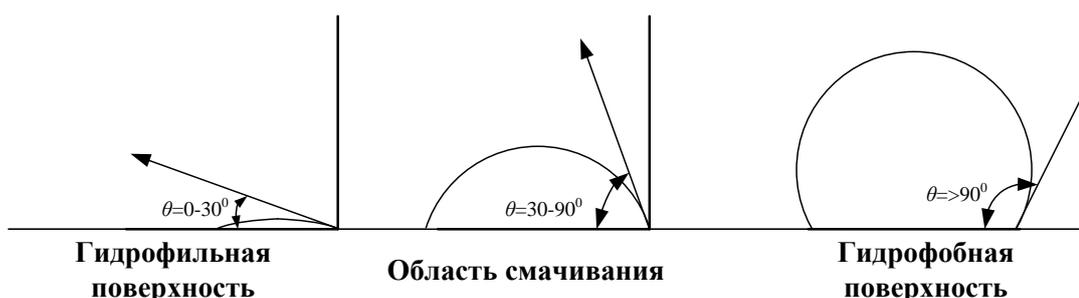


Рис. 3.3. Краевые углы смачивания

Справочные характеристики тестовых жидкостей приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Поверхностное натяжение тестовых жидкостей $\sigma_{жс}$ /6/

Тестовая жидкость	Поверхностное натяжение, мН/м ²
1. Диэтиленгликоль	44,6
2. Диэтиленгликоль : Этиленгликоль (50 : 50)	46,1
3. Этиленгликоль	47,2
4. Этиленгликоль : Глицерин (80 : 20)	50,0
5. Этиленгликоль : Глицерин (60 : 40)	52,8
6. Этиленгликоль : Глицерин (40 : 60)	55,6
7. Этиленгликоль : Глицерин (20 : 80)	58,3
8. Глицерин	61,1
Карбамидоформальдегидная смола	36
Меламиноформальдегидный клей	56-59

Поверхностное натяжение имеет двойной физический смысл - энергетический (термодинамический) и силовой (механический). Энергетическое (термодинамическое) определение: поверхностное натяжение - это удельная работа увеличения поверхности при её растяжении при постоянной температуре. Силовое (механическое) определение: поверхностное натяжение - это сила, действующая на единицу длины линии, которая ограничивает поверхность жидкости /11/.

Возможность растекания жидкости по подложке зависит не только от характеристик жидкости, но и от вида подложки и ее поверхностной энергии.

При использовании сканирующей электронной микроскопии определено рис. 3.4 – 3.5, что поверхностные слои древесины, на которые непосредственно наносится связующее, после механической обработки имеют следы разрушения, что может изменять характер проникновения клея внутрь ее полостей и способствовать появлению ошибок при измерении угла смачивания древесины (производится измерение кажущегося угла смачивания). Наряду с шероховатостью древесины при формировании поверхности ламелей, подлежащих склеиванию, необходимо учитывать микроструктуру ее поверхности, которая зависит от строения и направления волокон древесины.

Поверхностную энергию твердого тела определить прямым путем невозможно. Косвенная оценка критической поверхностной энергии подложки может быть определена по методу Зисмана /8/. Свободная энергия твердой поверхности пропорциональна поверхностному натяжению жидкости, полностью смачивающей эту поверхность, т.е. при $\theta = 0$. Зная поверхностное натяжение тестовых жидкостей, можно определить критическую поверхностную энергию графическим способом, рис. 3.6.

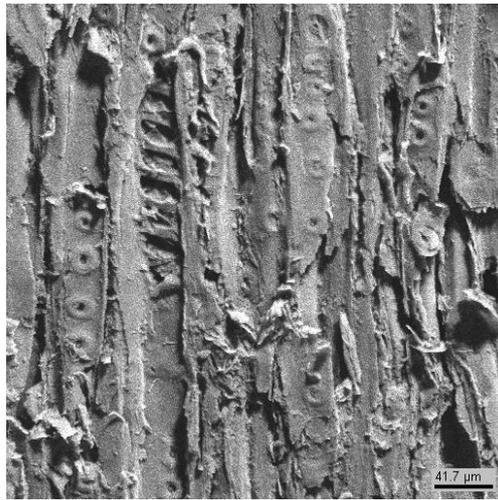


Рис. 3.4. Поверхность древесины сосны, обработанной цилиндрическим фрезерованием при 200-кратном увеличении

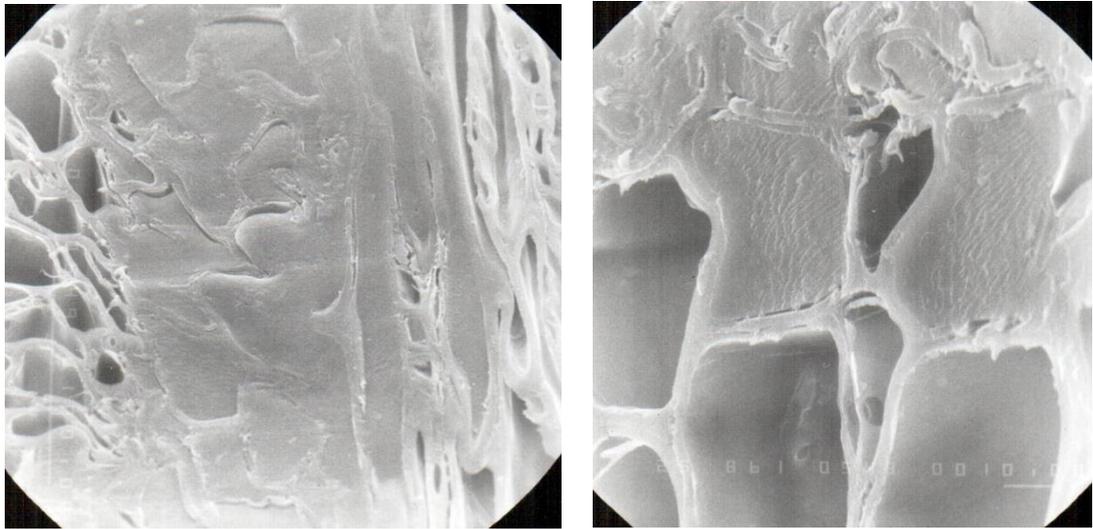


Рис. 3.5. Микрофотографии зоны древесины лиственницы, пропитанной клеем, полученные на сканирующем электронном микроскопе /13/

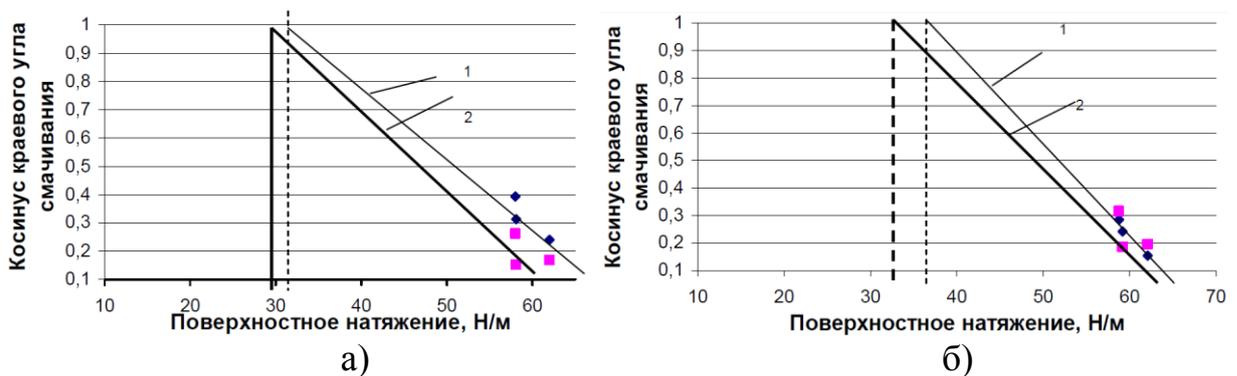


Рис. 3.6. Определение критического поверхностного натяжения клея Клебит 303 на подложке из неуплотненной (а) и уплотненной (б) древесины осины: 1 – радиальное направление волокон, 2 – тангенциальное направление волокон /14/

Тангенс краевого угла определяется по формуле (3.2)

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{4dh}{d^2 - 4h^2}, \quad (3.2)$$

где d – диаметр капли; h – высота капли.

При реализации процессов склеивания и нанесения защитно-декоративных покрытий предъявляются особые требования к качеству подготовки поверхности.

Условия подготовки поверхности древесины влияют на ее способность смачиваться клеями. Одной из важнейших характеристик поверхности древесины, является шероховатость поверхности (степень разрыхленности поверхностного слоя), которая не должна превышать 60 мкм.

Традиционным способом подготовки поверхностей древесины к склеиванию является цилиндрическое фрезерование. Шероховатость образуемой поверхности при использовании этого метода, составляет порядка 20 - 60 мкм. При затуплении режущего инструмента может происходить смятие поверхности древесины, с последующим частичным восстановлением под воздействием влаги из окружающего воздуха, а также выплавление смол на поверхность, что препятствует проникновению клея в полости древесины и ухудшает способность смачиваться.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМАЧИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы: Исследование влияние плотности древесины на ее способность смачиваться

Задачи:

1. Определение плотности древесины
2. Определение шероховатости поверхности древесины
3. Определение способности древесины смачиваться различными связующими
4. Определение работы адгезии

Приборы и оборудование

1. Лабораторный микроскоп МИС-11 с увеличением от 5 до 35 раз, позволяющий проводить линейные измерения в поле зрения с точностью $\pm 0,01$ мм.
2. Окулярный измерительный микроскоп с увеличением не менее 10х, оснащенный видеозаписывающей аппаратурой

Методика выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы используют строганные радиальные пиломатериалы и шпон из древесины сосны, ели, березы и дуба.

В качестве связующих используют:

- эмульсионные полимер-изоционатные (ЭПИ) и поливинилацетатные (ПВА) клеи для цельной древесины;
- клеевые композиции на основе карбамидоформальдегидных и фенолоформальдегидных связующих для склеивания шпона.

Размеры образцов должны позволять нанести на их поверхность не менее 10 капель жидкости на расстоянии не менее 5 мм друг от друга. При выполнении лабораторной работы измерения выполняют на радиальной поверхности образцов.

Плотность, влажность и направление волокон древесины образцов определяются по известным методикам (лаб. работа №1, 2). Шероховатость поверхности определяют с использованием микроскопа МИС-11, по формуле (3.3)

$$H_{\max} = E(n_2 - n_1), \quad (3.3)$$

где H_{\max} – величина высоты неровностей, мкм; E – коэффициент, учитывающий увеличение микроскопа, наклон его оси к вертикали и наклон перекрестия к направлению перемещения, определяемый по характеристикам микроскопа.

Определение способности древесины смачиваться выполняют по следующей методике. На поверхность древесины наносят каплю связующего и после достижения капель состояния равновесия (около 3 с) определяют ее высоту и диаметр с помощью окулярного измерительного микроскопа с использованием видеоаппаратуры. Диаметр капли должен находиться в диапазоне от 2 до 5 мм. В случае измерения капель меньшего диаметра возможно получение сферических капель, за счет влияния поверхностного натяжения самой жидкости, при увеличении диаметра увеличивается погрешность эксперимента, за счет влияния сил гравитации.

Опыт повторяют не менее 10 раз для каждого типа связующего. Для определенного угла смачивания поверхности θ определяется среднее значение, дисперсия и коэффициент вариации.

Работа адгезии определяется для каждого вида испытуемого материала по формуле (3.1).

Результаты экспериментальных исследований заносятся в табл. 3.2 и представляют в виде гистограммы (рис. 3.7), откладывая на ней средние значения краевого угла смачивания для исследованных материалов.

По результатам лабораторной работы необходимо определить вид материала и связующего, при взаимодействии которых наблюдаются наилучшие условия смачивания.

Таблица 3.2

Форма представления экспериментальных данных

№	Порода древесины	Вид материала	Плотность древесины, кг/м ³	Влажность, %	Шероховатость поверхности R_m , мкм	Направление волокон древесины	$tg\theta$	θ^0	$cos\theta$	Работа адгезии, W_a мДж/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
...										
n										
\bar{X}										
S										
V										

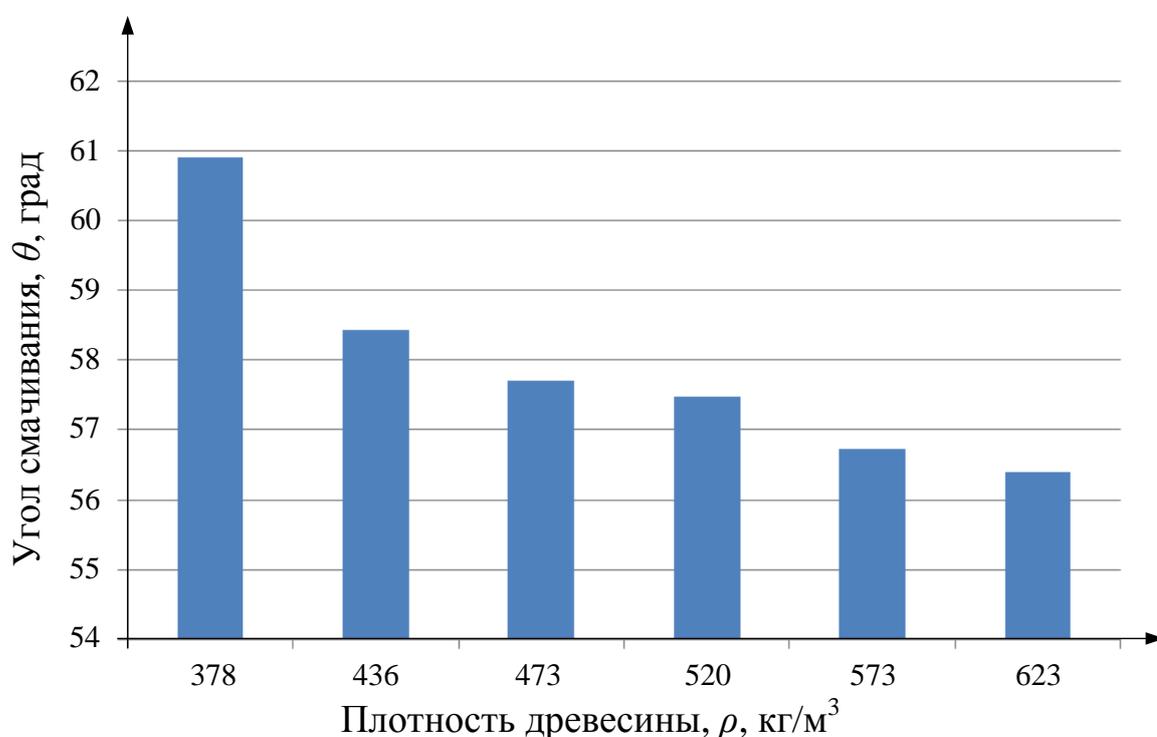


Рис. 3.7. Изменение способности древесины смачиваться поливинилацетатными связующими в зависимости от плотности

Контрольные вопросы по разделу:

1. Классификация факторов, влияющих на формирование клеевых соединений при склеивании цельной древесины?
2. Шероховатость поверхности древесины. Способ оценки?
3. Критическое натяжение поверхности твердого тела?
4. Работа адгезии. Способ оценки?

4. БИОСТОЙКОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Под биостойкостью понимают способность древесины противостоять биологическим повреждениям, в первую очередь грибным. Биостойкость древесины зависит от многих факторов: породы (рис. 4.1), плотности, возраста, геоклиматических условий роста и др.

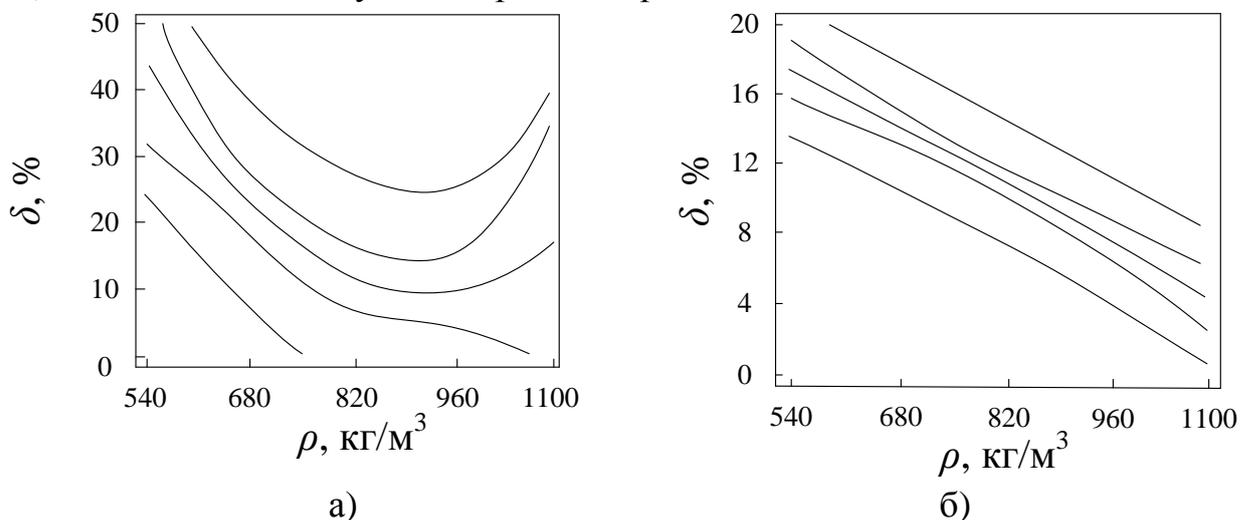


Рис. 4.1. Зависимость потери массы древесины *Larix sibirica* под воздействием дереворазрушающих грибов от её базисной плотности: а – *Coniophora puteana*, б – *Gloeophyllum sepiarium* /17/

Древесина (природный растительный полимер) содержит питательные вещества для различных биологических организмов, в том числе дереворазрушающих, плесневых и дереворазрушающих. Основными продуктами питания грибов являются углеводы, высшие спирты и многоосновные кислоты.

Углеводная часть древесины состоит из целлюлозы и нецеллюлозных полисахаридов, включающих гемицеллюлозы и водорастворимые полисахариды и полиуроны.

Лигнин представляет собой смесь ароматических полимеров.

Ферменты, выделяемые грибами, способны превращать углеводные и не углеводные вещества древесины в простые соединения (растворимые в воде), которые представляют собой питательную среду для грибов.

Важным условием развития грибов в древесине является наличие свободной влаги для получения водных растворов питательных веществ, которые поглощаются грибами.

Микроорганизм считается деструктором материала, если он способен использовать в качестве источника питания какой-либо (или несколько) компонентов материала. Такой подход базируется на физиолого-биохимических особенностях деструкторов, т.е. их деструктивная деятельность по отношению к тому или иному материалу определяется возможностью образовывать необходимый комплекс метаболитов, позволяющих осуществлять утилизацию материала.

Заготовленная (свежесрубленная) древесина, круглые лесоматериалы, пиломатериалы с влажностью выше предела гигроскопичности являются

объектами заселения деревоокрашивающих и/или плесневых грибов с момента их заготовки и раскроя. Они поражают древесину в широком диапазоне температур (от 5 до 25°C) и влажности от 22 до 76 % при наличии в ней свободной влаги

Классификация биологических повреждений древесины приведена на рис. 3.8.

Наиболее распространенными пороками древесины, вызываемыми деревоокрашивающими и плесневыми грибами являются:

- синева (вызывают грибы рода *Ceratocystis*);
- кофейная темнина (вызывает гриб *Discula brunneotinges*);
- краснина (вызывает гриб *Corticium laeve Fr.* и др.);
- желтизна (вызывает гриб *Verticillium glaucum Bon* и др.);
- зеленая окраска (вызывают грибы рода: *Chlorosplenium*, *Penicillium*, *Trichoderma* и др.);
- плесневые грибы родов: *Penicillium*, *Fusarium* и др.



Рис. 3.8. Классификация биологических повреждений древесины /16/

Степень биостойкости зависит от химического состава, влажности и

условий эксплуатации. Так, изделия из древесины и других органических материалов в воздушно-сухом состоянии при эксплуатации в холодном или умеренном климате насекомыми и микроорганизмами не разрушаются.

Недостаточная биостойкость органических материалов вызывается тем, что их составные части служат источниками питания микроорганизмов, обладающих способностью образовывать гидролитические ферменты (целлюлозу, ксиланазу), расщепляющие основные компоненты строительных материалов растительного происхождения (целлюлозу, лигнин, гемицеллюлозы).

Наиболее опасными разрушителями древесины в зданиях и сооружениях, находящихся в умеренном климатическом поясе, являются домовые грибы *Serpula lacrymans* (syn. *Merulius lacrymans*), *Coniophora puteana*, *Coriolus vaporarius* (syn. *Poria vaporaria*), *Paxillus acheruntius*, *Lentinus squamosus* (*Lentinus lepideus*), *Cloeophyllum sepiarium* (syn. *Lenzites sepiaria*); домовые точильщики *Anobium pertinax* L., *Xestobium rufovillosum* Der. и др., черный и рыжий домовые усачи (*Hylotrupes bajulus*, *Stromatium unicolor*) и некоторые виды термитов (*Calotermes flavicollis* Farb, *Roiculitermes lucifugus* Rossi и др.). На строительных деталях из органических материалов могут развиваться также грибы синевы (*Discula brunneotingers*, *Ceretostamella pilifera*, *cladosporium herbarum*), плесени (*Penicillium brevicaule*, *Verticillium glaucum*) и биржевые грибы (*Peniophora gigantea* P. *cerialis*). Их появление сигнализирует о наличии дефектов в устройстве или в эксплуатации здания и о возможности поражения его в дальнейшем домовыми грибами.

Основными нормативными документами, на основании которых осуществляется нормирование в области защиты материалов и изделий от биоповреждений являются: ГОСТ 28184-89 «Средства защитные для древесины. Метод определения предела воздействия на дереворазрушающие грибы класса базидиомицетов»; Fed. test method STD 141C/6271.2-86 (США); BS 1133 (Великобритания); DIN 53739- 84 (Германия); NF X 41-514-81(61) (Франция); JIS Z 2911-87(76) (Япония). Наибольшая часть этих стандартов посвящена испытанию устойчивости промышленных материалов к действию микроорганизмов (плесневых грибов и бактерий). В этих стандартах поражение того или иного материала грибами определяется методом визуальной оценки, заключающейся в выявлении степени обрастания материалов; кроме того, рядом стандартов предусмотрена проверка некоторых физико-технических параметров исследуемых изделий (убыль веса, прочность на разрыв и сжатие, удельное объемное и поверхностное сопротивление, tg угла диэлектрических потерь, диэлектрическая проницаемость и т.д.), которые могут изменяться при биологических повреждениях.

К основным методам структурного анализа строительных и промышленных материалов относятся инфракрасная и электронная микроскопия, рентгенография, двойное лучепреломление. Микроскопические методы основаны на измерении спектров поглощения материалом излучения в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях. Используя экспериментальные результаты, с помощью справочных таблиц ИК-спектров можно

сделать вывод о структурных превращениях, происходящих в результате воздействия агрессивных сред, т.е. микроорганизмов

Немаловажным аспектом проблемы объективной оценки биостойкости материалов является выбор тест-культур деструкторов. Правильный выбор тест-культур для исследований материалов является одним из основных условий получения достоверных результатов испытаний, а также их высокой воспроизводимости.

Известно, что в мировой практике в качестве тест-культур используют штаммы грибов, которые наиболее часто и значительно разрушают материалы в условиях их эксплуатации и хранения в различных климатических зонах. С учетом постоянных изменений ассортимента производимых промышленных материалов, а также в связи с наличием у грибов высоких адаптационных возможностей, набор тест-культур для лабораторных методов испытаний на грибостойкость должен постоянно претерпевать изменения.

Дереворазрушающие грибы приходят на смену древоокрашивающим и плесневым. Если древесина эксплуатируется или хранится в открытых сооружениях в атмосферных условиях и её влажность не ниже 30-35%, то в ней могут развиваться складские (штабельные) грибы, основные из которых следующие:

- пениофора гигантская (*Peniophora gigantea* (Fr.) Mass.);
- щелевик обыкновенный (*Schizophyllum commune* Fr.)
- шпальный гриб (*Lentinus lepideus* Fr.);
- валежный еловый трутовик (*Hirschioporus abietinus* (Fr.) Donk);
- столбовой (заборный) гриб (*Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.);
- душистый трутовик (*Osmoporus odoratus* (Fr.) Sing)

В закрытых отапливаемых помещениях могут развиваться домовые грибы, заражающие древесину мицелием и базидиоспорами. Домовые грибы развиваются в широком диапазоне температуры окружающей среды (от 5 до 37 °С), наибольшую активность проявляют при температуре 20-27°С. Относительная влажность воздуха, создающая благоприятные условия для развития грибов должна быть не ниже 80 %, а влажность древесины - не менее 19-22 % для настоящего домового гриба (*Serpula lacrimans* (Wulf.) Gray), для белого (*Coriolus vaporarius* (Fr.) Bond. et Sing) и пластинчатого (*Paxillus panuoides* Fr.) домовых грибов – 50-70 %, для пленчатого (*Coniophora cerebella* (Pers) Schrot) домового гриба – 34-46 %.

Оценивают биостойкость древесины по потере массы под воздействием дереворазрушающих грибов.

Сравнительная биостойкость материалов из древесины приведена в табл. 4.1-4.2.

Испытания (табл. 4.1) проводились по стандартной методике по ГОСТ 28184-89, модифицированным Европейским стандартом EN 350-1. Биостойкость оценивалась по потере массы образца под воздействием гриба *Coniophora puteana* (*cerebella*) в течение 56 суток на вермикулитовой среде с добавлением воды и сушла в соотношении 1:1.

Таблица 4.1**Сравнительная биостойкость материалов из древесины**

Наименование материала	Потеря массы, %	Среднее квадратическое отклонение потери массы S , %	Коэффициент вариации v , %
Пиломатериалы из лиственницы сибирской	21,63	2,98	13,8
Пиломатериалы из сосны	38,02	4,85	12,77
Фанера сосновая марки ФСФ, толщиной 9 мм (4 клеевых слоя)	34,86	1,7	4,87
Фанера березовая марки ФСФ, толщиной 9 мм (6 клеевых слоев)	43,36	3,46	7,97
Фанера березовая марки ФСФ, толщиной 4 мм (2 клеевых слоя)	62,82	4,04	6,43
ДСтП толщиной 13 мм облагороженная	37,55	3,37	8,97

Таблица 4.2**Биостойкость древесины лиственницы и сосны**

Порода древесины	Вид гриба	Потеря массы образца, %
Лиственница, заболонь	<i>Coniophora cerebella</i>	32,15
	<i>Macrilius lacrimans</i>	14,20
Лиственница, ядро	<i>Coniophora cerebella</i>	23,30
	<i>Macrilius lacrimans</i>	6,0
Сосна, заболонь	<i>Coniophora cerebella</i>	63,80
	<i>Macrilius lacrimans</i>	18,50

Преимущественное влияние на биостойкость древесных материалов оказывает порода древесины и плотность древесного материала (в рамках одной породы). Наличие клея так же уменьшает потерю массы, но не за счет собственной массы связующего.

В процессе изготовления клееных древесных материалов происходит некоторое уплотнение древесины (остаточная деформация фанеры из древесины лиственницы сибирской достигает 16%), кроме этого в процессе склеивания в клееном материале образуется зона древесины, пропитанная клеем, которая не может быть продуктом питания дереворазрушающих грибов.

В табл. 4.3 приведено сравнение ряда древесных материалов, которое показывает высокую биостойкость клееных материалов из измельченной древесины: OSB (oriented strand board) и древесно-стружечной плиты, что может быть связано с большим по сравнению с клееным брусом расходом клея, который к тому же у OSB и ДСтП равномерно покрывает древесные частицы.

Таблица 4.3

Сравнительная (по сравнению с ядровой частью древесины сосны) биостойкость древесных материалов (ускоренные испытания)

Наименование материала	Сравнительная биостойкость
Пиломатериалы из ядровой части сосны	1,0
OSB	1,36
Маслотермомодифицированная древесина	1,22
Фанера	1,09
Древесно-стружечная плита	1,12

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРИ МАССЫ ДРЕВЕСИНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩЕГО ГРИБА *CONIOPHORA PUTEANA*

Цель работы: Определение потери массы древесины.

Задачи:

1. Определение влажности древесины
2. Определение плотности ядровой древесины
3. Определение плотности заболонной древесины
4. Определение потери массы ядровой и заболонной древеси-

ны

Приборы и оборудование

1. Весы электронные с погрешностью не более 0,01 г.
2. Сушильный шкаф
3. Эксикатор
4. Штангенциркуль

Методика выполнения работы

В качестве тест-организмов используют базидиальный гриб *Coniophora puteana* (штамм 7-76), получаемый из микотеки кафедры общей экологии, физиологии растений и древесиноведения Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета.

Биостойкость оценивают по потере массы образца под воздействием гриба *Coniophora puteana* (*Coniophora cerebella*) в течении 56 суток на вермикулитовой среде с добавлением воды и сусла в соотношении 1:1. Испытания образцов древесных материалов на биостойкость проводят по стандартной методике (ГОСТ 28184-89 «Средства защитные для древесины. Метод определения предела воздействия на дереворазрушающие грибы класса бази-

диомицетов») с учетом требований Европейского стандарта EN 350-1 «Durability of wood and wood based products. Natural durability of solid wood».

Для проведения лабораторной работы используют образцы древесины двух пород. У образцов штангенциркулем измеряют размеры и вычисляют объем. На электронных весах определяют массу с точностью до 0,01 грамма.

Для каждой породы закладывают 20 образцов размерами 20 (в тангенциальном направлении) x 20 (вдоль волокон) x 5 (по толщине) мм, еще 5 образцов используют для определения абсолютно сухой массы.

Подготовка среды.

В качестве среды используют вермикулит (фракция 2-5 мм), смоченный разведенным водой и суслон в соотношении 1:1. В банки объемом 200 мл насыпают вермикулит на $\frac{1}{4}$ объема и добавляют разведенным суслон в таком количестве, чтобы полностью покрыть вермикулит. Среду стерилизуют сначала текучим паром (20 мин), а затем под давлением 1 атм. (15 мин).

Подготовка инокулюма.

Инокулюмом из растущей культуры базидиального гриба *Coniophora puteana* (штамм 7-76) засевают среду в 250 мл конических колбах. Примерно через неделю на разросшуюся грибницу насыпают стерильные осиновые кубики размером 5 x 5 x 5 мм. После обрастания кубиков их используют для инокуляции среды в опытных колбах. На разросшуюся в течение приблизительно 15 дней грибницу в опытных банках помещают по 1 образцу в каждую банку. Все опытные образцы перед помещением на инокулят стерилизуют методом фломбирования.

Подготовка образцов.

В соответствии с ГОСТ 28184-89 поверхность образцов зачищают, взвешивают, стерилизуют и помещают на предварительно выращенный мицелиальный мат гриба в чашки Петри. Чашки Петри закрывают и помещают в комнату с постоянной температурой на 56 суток. В течение этого времени в комнате поддерживают температуру 27-28 °С. Через каждые 7 дней проводят поверхностный осмотр образцов.

Через 56 дней образцы вынимают, очищают от мицелия, высушивают до абсолютно сухой массы и взвешивают.

Определение потери массы древесины выполняют по формулам (4.1-4.3).

$$W_1 = (m_1 - m_0) / m_0 \cdot 100 \%, \quad (4.1)$$

$$W_2 = (m_3 - m_4) / m_4 \cdot 100 \%, \quad (4.2)$$

$$\rho = (m_2 - m_4) / m_2 \cdot 100 \%. \quad (4.3)$$

где m_1 – первоначальная масса образца, г; m_2 – абсолютно сухая масса образца до испытания, г; m_3 – масса образца после испытания; m_4 – абсолютно сухая масса древесины после испытания, г; W_1 – влажность образца до испытания, %; W_2 – влажность образца после испытания, %; m_0 – абсолютно сухая

масса образца до испытания (среднее из 10 значений), г; ρ - потеря массы древесины, %

Обработку результатов выполняют методами математической статистики. Результаты заносят в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Результаты испытаний

№	m_1	m_2	W_1	W_2	m_3	m_4	ρ
1							
2							
...							
n							
\bar{X}							
S							
V							

В выводах по работе приводят сравнительную биостойкость исследованных материалов.

Контрольные вопросы:

1. Классификация биологических повреждений древесины?
2. Сравнительная биостойкость материалов из древесины?
3. Влияние базисной плотности на биостойкость?
4. Сравнительная биостойкость древесных материалов?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М.: МГУЛ, 2007-351 с.
2. Расев А.И. Тепловая обработка и сушка древесины: учебник для вузов. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 360 с.
3. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Хитров Е.Г., Шимкевич Ю.А., Семишкур С.О. Обоснование объемного выхода пиломатериалов для клееных деревянных конструкций на основе физических свойств древесины //Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии-СПб.:СПбГЛТУ, 2014. № 206, с. 146-154.
4. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М., «Лесная промышленность», 1976 –160 с.
5. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Чубинский М.А., Федяев А.А. Физика древесины. Методические указания. СПб. 2012 г. - 24 с.
6. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Чубинский М.А. Физика древесины: Лабораторный практикум. СПб.: СПбГЛТУ, 2011.74 с.
7. Хухрянский П.Н. Прочность древесины. М., «Гослесбумиздат», 1955 – 152 с.
8. Леонович А.А. Физико – химические основы образования древесных плит. СПб.: Химиздат, 2003 -192 с.
9. Чубинский А.Н. Формирование клеевых соединений древесины. СПб.: СПб.ГУ, 1992-164 с.
10. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов. СПб.: Издательский дом Герда, 2007 – 176 с.
11. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений – 2 изд. М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с.
12. Старцев О.В., Махоньков А.Ю., Молоков М.В., Ерофеев В.Т., Гудожников С.С. Исследование молекулярной подвижности и температуры стеклования полимерных композитов на основе древесины методами динамической механической спектроскопии. //Фундаментальные исследования. №5. 2014 г. – с. 1177-1182.
13. Chubinsky A.N., Okuma Motoaki, Sugiyama Junji. Observation on the Deformation of Wood Cells in the Gluing process of Veneer //Bulletin of the Tokyo University Forests-Tokyo: Tokyo University, 1990. №82. P.131-135.
14. Усачева В.Л. Формирование клееных материалов из уплотненной древесины осины. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПб.: СПбГЛТА. 2006. - 20 с.
15. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В, Моделирование процессов склеивания древесных материалов СПб.: Издательский дом Герда, 2007. – 176 с.
16. Семенкова И.Г, Соколова Э. С. Фитопатология. М.: Издательский центр «Академия», 2003 – 480 с.

17. Чубинский М.А. Биостойкость древесины лиственницы. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук. СПб. СПбГЛТА, 2003- 16с.

Анатолий Николаевич Чубинский
Александр Алексеевич Тамби
Максим Анатольевич Чубинский
Кирилл Владимирович Чаузов

Ф И З И К А Д Р Е В Е С И Н Ы

Учебное пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Физика древесины» для студентов, обучающихся по направлению
35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств»