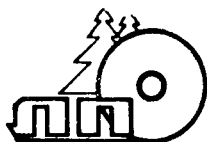


Б.С. ЧУДИНОВ, Ф. Т. ТЮРИКОВ, П. Е. ЗУБАНЬ

ДРЕВЕСИНА ЛИСТВЕННИЦЫ И ЕЕ ОБРАБОТКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО
„ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ“
Москва 1965

Древесина лиственницы представляет собой один из самых перспективных древесных материалов СССР. Однако имеющиеся данные по физико-механическим и технологическим свойствам древесины лиственницы и ее обработке еще не систематизированы и не обобщены. В настоящей работе сделана первая попытка собрать и систематизировать материал по этому вопросу, разбросанный в журнальных статьях, сборниках трудов и отдельных книгах и монографиях.

Помимо систематизации немногочисленных, уже известных в литературе, материалов по древесине лиственницы и ее обработке, авторы использовали результаты собственных исследований.

В первой части работы излагаются данные по анатомическому строению древесины лиственницы, ее физическим, химическим и механическим свойствам.

Во второй части рассматриваются вопросы механической обработки древесины лиственницы, сушки, прессования и гнутья, а также склеивания и отделки изделий из древесины лиственницы.

Книга предназначена для инженерно-технических работников лесопильно-деревообрабатывающих предприятий, проектировщиков и студентов факультетов механической технологии древесины.

ВВЕДЕНИЕ

Лиственница — одна из самых распространенных древесных пород Советского Союза. Запас ее составляет свыше 28 млрд. м^3 , или 38,8% от всего запаса лесов СССР. Общая площадь лиственничных лесов в СССР достигает 274 млн. га. Особенно богата лиственницей Восточная Сибирь и Дальний Восток, на которые приходится около 98% от ее общего запаса в стране.

Лиственница относится к роду хвойных деревьев семейства сосновых. На территории СССР встречается 14 видов лиственницы, три из которых имеют наибольшее распространение и промышленное значение: лиственница сибирская, лиственница даурская и лиственница Сукачева. Некоторое значение имеет также лиственница европейская.

Лиственница Сукачева распространена в Западной Сибири (Тюменская область) и на севере европейской части СССР (главным образом в Коми АССР, Архангельской области и на Урале).

Деревья лиственницы достигают высоты 30—60 м. Их мягкая хвоя на зиму опадает. Ствол толстый, доходящий в диаметре у комля до 175 см. Возраст до 300—600 лет. Лиственница относится к светолюбивым древесным породам, быстро растет и хорошо очищается от сучьев. Устойчива против морозов и засух, особенно даурская лиственница.

В благоприятных условиях лиственница дает большие запасы древесины, доходящие до 600—700 м^3 на 1 га. Средний по СССР запас на 1 га составляет немногим более 100 м^3 . Производительность отдельных участков при особо благоприятных условиях может доходить до 1900 м^3 на 1 га (возраст 185 лет).

Несмотря на столь огромные запасы лиственницы, промышленные заготовки ее в настоящее время крайне невелики.

Основные причины, препятствующие широкому использованию лиственницы в народном хозяйстве, — это отдаленность основных районов ее произрастания и трудности доставки. Особенно сложен сплав лиственницы, так как вследствие высокого объемного веса она сравнительно быстро становится тяжелее воды и тонет. Некоторое значение имеет также недостаточно

полная изученность физико-механических свойств древесины лиственницы, что ограничивает применение ее в народном хозяйстве.

Широкому применению лиственницы препятствуют: высокая твердость древесины, затрудняющая механическую обработку; большой объемный вес и отсюда тяжелые изделия; крайне неравномерная плотность древесины в пределах одного годового слоя, осложняющая чистовую обработку деталей и высококачественную отделку; значительная формо- и размероизменяемость древесины, особенно в условиях переменной температуры и влажности окружающей среды; трудности качественной сушки лиственничного пиломатериала, особенно толстого, очень склонного к растрескиванию и требующего больших сроков при сушке обычными методами.

Систематическое изучение физико-механических свойств древесины лиственницы началось сравнительно недавно. В этой области известны работы Н. Н. Чулицкого, И. С. Мелехова и Н. И. Стрекаловского, Г. В. Жинкина, Л. М. Перельгина, В. Е. Вихрова, В. Е. Москалевой, В. А. Баженова, А. И. Терлецкого и Л. Г. Сарапкина, В. П. Тимофеева, Н. Л. Леонтьева, Б. Н. Тихомирова, В. П. Маркарянца и др.

Большая работа по изучению физико-механических свойств древесины лиственницы была проведена Институтом леса АН СССР, ЦНИИМОД и другими организациями. В последние годы всесторонние комплексные исследования древесины лиственницы поставлены в Сибирском технологическом институте, в Институте леса и древесины СО АН СССР и в СвердНИИПДреве.

Изучением анатомического строения древесины лиственницы занимались С. Н. Абраменко, В. Е. Вихров, А. В. Ярмоленко, А. А. Яценко-Хмелевский, С. И. Ванин, Е. В. Будкевич, В. Е. Москалева, В. А. Баженов и др.

Изучение возможностей использования древесины лиственницы натуральной и облагороженной и расширение областей ее применения, замена ею других, более дефицитных древесных пород, а в ряде случаев цветных и черных металлов, представляет собой большую народнохозяйственную задачу.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ГЛАВА I

СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Макроскопическое строение

Древесина лиственницы, как и всякая другая древесина, представляет собой сложную растительную ткань, состоящую из клеток с одревесневшими оболочками и выполняющую проводящую, запасающую, механическую или выделительную функции. Вследствие клеточного строения древесина лиственницы не является однородным телом и веществом.

Рассмотрим некоторые особенности анатомического строения древесины лиственницы, оказывающие большое влияние на ее физико-механические свойства и обрабатываемость.

Различают макро- и микроскопическое строение древесины. Под макроскопическим строением имеется в виду структура древесины, различаемая невооруженным глазом или при небольших увеличениях (до 10 раз). Микроскопическое строение древесины изучается при помощи микроскопа, оптического или электронного.

Чтобы получить представление о макроскопическом строении древесины лиственницы, рассмотрим три взаимно-перпендикулярных разреза. Разрез, перпендикулярный стволу дерева, называется поперечным. Разрез вдоль ствола, проходящий через его ось и радиус древесных колец, называется радиальным, а разрез, проходящий также вдоль ствола, но перпендикулярный радиальному и не проходящий через ось ствола, называется тангенциальным.

При рассмотрении гладко обстроганного поперечного (торцового) разреза лиственницы легко обнаружить на нем светло-окрашенные кольцевые слои, чередующиеся с более темными слоями. Более светлые и рыхлые части называются ранней древесиной, а более темные и плотные — поздней древесиной. Вместе слои ранней и поздней древесины образуют годовой слой (годовое кольцо), который, как правило, появляется после каждого года жизни дерева.

На радиальном срезе годовые слои древесины лиственницы хорошо видны. Это параллельные узкие темные полосы поздней

древесины, чередующиеся с более светлыми полосами ранней древесины. На тангенциальном разрезе годовые слои оказываются перерезанными и поэтому имеют вид парабол, вершины которых направлены вдоль ствола дерева к его кроне.

На всех трех разрезах древесины лиственницы отчетливо обозначены границы между ранней и поздней древесиной. Этот характерный признак строения указывает на наиболее резкий переход от ранней древесины к поздней, особенно на черте, отделяющей соседние годовые слои и называемой границей годового кольца. Последнее объясняется тем, что факторы, определяющие строение древесины, постепенно изменяются в течение летнего вегетационного периода, в конце которого наступает полное прекращение роста, фиксирующееся границей годового слоя.

Годовые слои древесины лиственницы обычно широкие (в среднем от 1 до 3 мм), часто значительно варьируют в пределах одного дерева. Вариационная изменчивость ширины годовых слоев для каждого отдельного дерева зависит от различий в отдельные годы жизни дерева условий питания, климата, освещенности и других факторов.

Поздняя древесина лиственницы имеет красновато-бурую окраску и состоит из толстостенных клеток. Различие в цвете ранней и поздней древесины объясняется большим различием в толщине стенок клеток ранней и поздней древесины (в 2,5—3 раза). Более темный цвет поздней древесины лиственницы создает разнообразную красивую текстуру приятной окраски. Особенно резко проявляется различие в цвете ранней и поздней древесины лиственницы после намачивания хорошо обработанной поверхности водой или прозрачными лаками.

Согласно исследованиям В. Е. Вихрова в Институте леса АН СССР [9], в древесине лиственницы сибирской разница между слоями ранней и поздней древесины хотя и достаточно резкая, однако между ними обнаруживается третий, промежуточный слой, названный летней древесиной. Ширина зоны летней древесины у лиственницы составляет в среднем 25% от полной ширины годового слоя.

Соотношение между объемом ранней и поздней древесины лиственницы меняется как для различных деревьев, так и в пределах одного дерева. Это соотношение выражается процентом поздней древесины. Для лиственницы сибирской по исследованиям В. Е. Вихрова процент поздней древесины в отдельных годовых слоях колеблется в пределах от 10—13% до 40—47%, составляя в среднем 25—35%. У ели процент поздней древесины меньше. У сосны он обычно также меньше, но в отдельных случаях превышает процент поздней древесины лиственницы.

По высоте ствола лиственницы замечено некоторое уменьшение среднего процента поздней древесины. По диаметру ствола процент поздней древесины также изменяется: в первые несколько лет роста дерева процент поздней древесины невелик, затем он возрастает, а при достаточно большом возрасте дерева (100 лет и более) опять постепенно убывает.

Соотношение между объемами ранней и поздней древесины оказывает сильное влияние на физико-механические свойства древесины лиственницы. Обычно чем больше содержание поздней древесины, тем выше прочность древесины в целом. Поэтому в стандартах на высококачественную древесину лиственницы, предназначенную для изделий, к которым предъявляются высокие требования в отношении прочности, оговаривается содержание поздней древесины. Оно должно быть не ниже 20% (для сосны и ели не менее 10%).

На поперечном разрезе лиственницы наблюдается ярко выраженное ядро, находящееся в центральной части дерева, и светлая заболонь — примыкающие к камбию наружные слои древесины. Ядро у лиственницы яркое, красно-желтого цвета со слегка оливковым оттенком у лиственницы даурской и красновато-бурого цвета у лиственницы сибирской. Заболонь у лиственницы белая с легким буроватым оттенком у лиственницы сибирской и желтовато-белая или слегка розоватая у лиственницы даурской. Таким образом, лиственница бесспорно относится к ядровым породам.

Заболонь у лиственницы узкая, в среднем 8—20 мм. Поэтому объем ядровой части в лиственнице очень высок, в среднем 70—75%, тогда как у ели объем спелой древесины составляет только 20%. У сосны он несколько выше, чем у ели, но не достигает столь высокого значения, как у лиственницы. Этот процент для лиственницы уменьшается с высотой дерева.

Значительная часть живых элементов в ядре древесины лиственницы отмирает, и в них накапливаются камеди, смолы и другие вещества. Вследствие этого предполагается, что ядро древесины лиственницы не принимает участия в передвижении веществ в живорастущем дереве. Накапливающиеся же в ядре вещества придают древесине лиственницы стойкость против гниения и поражения грибами и насекомыми.

Заболонь лиственницы наряду с мертвыми анатомическими элементами содержит также живые клетки древесной и лучевой паренхимы. Технические и физико-механические свойства ядра и заболони лиственницы по некоторым показателям резко отличаются. Так, заболонь более проницаема для жидкостей и газов, чем ядро. Древесина заболони, являясь более молодой частью ствола, содержит меньше пороков (сучков) и обладает большей эластичностью, чем древесина ядра. Прочность древе-

сины ядра лиственницы также несколько выше прочности древесины заболони.

Лиственничное сырье, поступающее на обработку, кроме древесины, включает в себя также кору.

По внешнему виду кора лиственницы чешуйчато-бороздчатая. Цвет красно-бурый с лиловым оттенком. Объем коры лиственницы составляет в среднем 13—17%. Объем коры сосны равен 10—17% от объема ствола, ели—7—15%. Объем коры зависит от возраста дерева, условий произрастания и места по длине ствола.

По исследованиям Б. Н. Тихомирова и Э. Н. Фалалеева в Сибирском технологическом институте [57], объемная доля коры у деревьев лиственницы сибирской понижается с возрастом, а у деревьев старше 100 лет составляет 20—22%. Наибольшая объемная доля коры в комлевой части ствола. С высотой дерева объем коры уменьшается. Поскольку для отдельных районов произрастания объемные доли коры оказались близкими между собой, то для различных высот Б. Н. Тихомиров и Э. Н. Фалалеев предлагают следующие соотношения:

Уровень высоты					
дерева	пень	1,3 м	$1\frac{1}{4}$ высоты	$1\frac{1}{2}$ высоты	$\frac{3}{4}$ высоты
Объемная доля					
коры в %	29,5	19,0	13,5	13,5	15,0

Микроскопическое строение

Древесная ткань лиственницы всех видов состоит из различных клеток, скрепленных между собой межклеточным веществом. В древесине лиственницы различают следующие виды клеток: трахеиды, сердцевинные лучи, клетки древесной паренхимы, смоляные ходы и выстилающие клетки.

Больше всего в древесине лиственницы трахеид, составляющих 90% ее объема и выше. Трахеиды—сосудовидные клетки, удлиненные и заостренные на концах, располагающиеся вдоль ствола дерева. Трахеиды выполняют водопроводящие и механические функции, образуя ячеистый каркас древесины, хорошо противодействующий внешним механическим воздействиям на дерево. Трахеиды древесины лиственницы изображены на рис. 1.

Размеры трахеид древесины лиственницы зависят от условий произрастания, возраста дерева и некоторых лесоводственных условий. На поперечном срезе годичного кольца размер трахеид неодинаков. Весной дерево откладывает широкие трахеиды с тонкими стенками, образуя раннюю древесину, а по мере приближения к осени трахеиды в поперечном сечении сплющиваются (в радиальном направлении), а стенки их утолщаются, образуя позднюю древесину.

Другим составным элементом древесины лиственницы являются сердцевинные лучи. Серцевинные лучи состоят из радиально вытянутых (паренхимных) клеток и гладкостенных лучевых трахeid. В описаниях строения древесины лиственницы обычно говорится, что сердцевинные лучи в ней не видны ни на одном разрезе [7]. Однако нам пришлось наблюдать их невооруженным глазом на радиальных срезах и особенно ясно на радиальных сколах лиственницы сибирской. Это узкие, короткие полоски или блески, расположенные более или менее правильными рядами и придающие древесине рябоватость. По внешнему виду они несколько напоминают сердцевинные лучи березы.

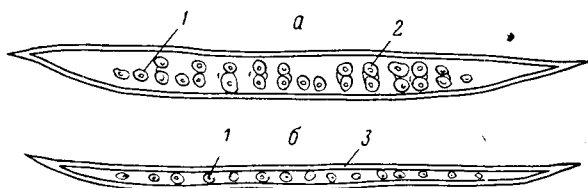


Рис. 1. Трахеиды лиственницы сибирской:
а—ранняя трахеида; б—поздняя трахеида; 1—однорядные окаймленные поры; 2—двурядные окаймленные поры; 3—стенки трахеид

Серцевинные лучи выполняют функцию водопроводящих в радиальном направлении клеток и понижают прочность древесины. Объем их в древесине лиственницы по отношению к полному ее объему, по данным С. И. Ванина, составляет 8,8—10%, что значительно превосходит объем сердцевинных лучей у сосны и ели (соответственно 4,7 и 5,5%). По объему сердцевинных лучей древесина лиственницы несколько уступает пихте (9,6%).

Однородные лучи древесины лиственницы имеют по высоте 1—25 клеток. Между рядами двухрядных и трехрядных веретеновидных лучей расположены горизонтальные смоляные ходы.

Клетки древесной паренхимы в древесине лиственницы или совсем не встречаются, как в древесине лиственницы даурской (за исключением древесины молодых веток), или встречаются в небольшом количестве (менее 1% от объема древесины) между поздними трахеидами у лиственницы сибирской. В древесине сосны древесной паренхимы совсем нет.

В древесине лиственницы имеются смоляные ходы, вертикальные и горизонтальные. Вертикальные смоляные ходы редкие и располагаются в поздней древесине или в переходной зоне между ранней и поздней древесиной (летняя древесина). Они плохо различимы невооруженным глазом, но иногда на хорошо обработанном поперечном разрезе древесины лиственницы видны их редкие белые точки в поздней зоне.

Горизонтальные и вертикальные смоляные ходы образуют единую разветвленную капиллярную систему, благодаря чему возможна подсочка листовенницы. По данным Э. И. Адамовича [44], в ядре древесины листовенницы много смоляных ходов остается открытыми, хотя вообще капиллярная система ядра отключается от общей системы вследствие отмирания клеток и заполнения смоляных ходов выстилающими клетками.

На 1 мм² древесины листовенницы приходится от 1 до 4 горизонтальных смоляных ходов и 6—9 вертикальных. Вертикальные смоляные ходы листовенницы имеют в среднем диаметр 60—90 мк, а горизонтальные — 25 мк (лиственница сибирская). При повреждении дерева, например при подсочке, в древесине листовенницы появляются дополнительные смоляные ходы. Такие патологические смоляные ходы чаще всего возникают у листовенницы сибирской, располагаясь тангенциальными рядами. Древесина листовенницы после подсочки становится более смолистой вблизи надрезов и хуже поддается механической обработке, особенно высококачественной отделке.

Горизонтальные смоляные ходы располагаются между клетками сердцевинных лучей. Назначение смоляных ходов — выделять и проводить смолу и эфиры, которые играют защитную роль в живом дереве. Наличие смоляных ходов снижает прочность древесины, но это снижение благодаря небольшому количеству их незначительно: на 1 см² поперечного среза древесины общая площадь всех смоляных ходов составляет всего 0,421 мм², т. е. не более 0,5%.

Строение стенки зрелой трахеиды древесины листовенницы

Строение клеточной оболочки древесины имеет очень важное практическое и научное значение. Знания макро- и микроструктуры древесины еще недостаточно, чтобы объяснить сущность многих ее свойств и явлений, происходящих при адсорбции и десорбции древесиной водяных паров, при набухании и усушке и т. д. Без преувеличения можно сказать, что физические и механические свойства древесины определяются как химическими свойствами ее ингредиентов, так и ее тонкой структурой, в особенности структурой клеточной оболочки.

Согласно современным представлениям о строении клеточной оболочки древесины, она состоит из нескольких концентрических слоев. Различают следующие слои клеточной оболочки (рис. 2): срединная пластинка, первичная стенка и вторичная стенка; иногда еще выделяют внутренний слой — третичную стенку [76].

Срединная пластинка представляет собой аморфное изотропное межклеточное вещество, которым разделяются все

клетки древесины друг от друга. По данным В. Е. Вихрова [9], толщина срединной пластинки ранней древесины лиственницы сибирской равна 1,45 мк, а поздней 3,14 мк. Срединная пластинка состоит главным образом из лигнина. Так, до 70% всего лигнина, содержащегося в древесине ели, сосредоточено в срединной пластинке.

В отличие от срединной пластинки остальные слои клеточной оболочки обнаруживают в той или иной степени анизотроп-

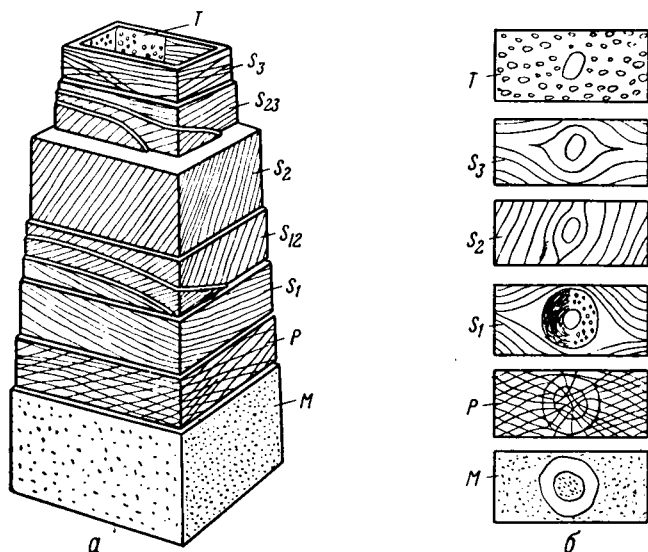


Рис. 2. Схема ориентации микрофибрилл в различных слоях клеточной стенки трахеиды:

a—стенки без пор; *б*—стенки с порами; *М*—межклеточный слой; *Р*—первичная стенка; *S*₁—наружный слой вторичной стенки; *S*₁₂—переходные слои между наружным и средним слоями вторичной стенки; *S*₂—средний слой вторичной стенки; *S*₂₃—переходные слои между средним и внутренним слоями вторичной стенки; *S*₃—внутренний слой вторичной стенки; *T*—третичный слой (по Харада, Миязаки и Вакашима)

ность, т. е. различие некоторых свойств в разных направлениях. Это относится и к первичной стенке, находящейся между срединной пластинкой и вторичной стенкой. Если срединная пластинка является межклеточным веществом, имеющим одинаковое отношение к соседним трахеидам, то остальные слои могут быть элементами только отдельных клеток.

Известно, что по содержанию лигнина первичная стенка немногим уступает срединной пластинке. Анизотропия структуры первичной стенки невелика. В ней наблюдается значительная неупорядоченность в расположении волокнистых элементов стенки с преобладанием поперечного направления.

Наиболее массивным слоем клеточной оболочки, особенно поздних трахеид, является вторичная стенка, состоящая главным образом из целлюлозы, хотя в ней также находится некоторое количество лигнина.

Под микроскопом на оболочке трахеиды тонких радиальных срезов древесины лиственницы сибирской, обработанной по методу Бейли (после удаления лигнина), ясно просматривается перекрестная полосатость в виде тонких штрихов, идущих по спирали [2]. Полосатость свидетельствует о том, что оболочка

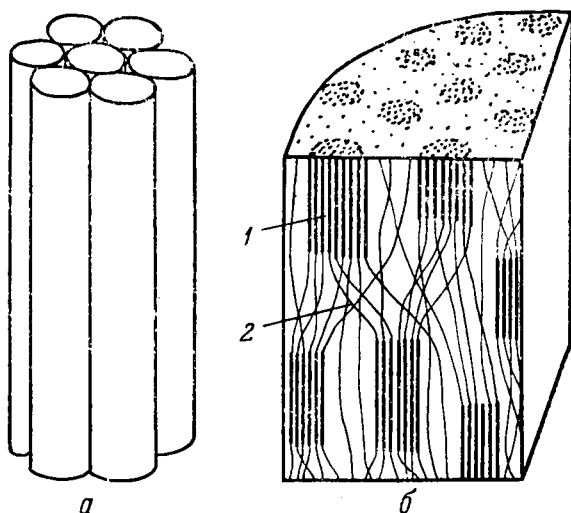


Рис. 3. Фибриллы альфа-целлюлозы:

a—пучок фибрилл; *б*—схематическое строение фибриллы:
1—ориентированные цепочки макромолекул, расположенные параллельно (кристаллиты); 2—неупорядоченные, аморфные зоны целлюлозы (по Г. Брауну)

трахеиды лиственницы состоит из отдельных волоконцев, направленных по спирали по отношению к продольной оси трахеиды. Эти волоконца называются фибриллами. Угол наклона фибрилл оказывает большое влияние на физико-механические свойства древесины, в частности на усушку и набухание. По данным В. Е. Вихрова [9], угол наклона полос, а следовательно, и фибрилл на радиальных стенках ранних трахеид лиственницы сибирской в среднем равен 27° . У поздних трахеид значительно меньше — $15,8^\circ$.

По исследованиям В. А. Баженова в Институте леса АН СССР, углы наклона полос на ранних трахеидах древесины лиственницы колеблются от 28 до 69° , составляя в среднем 40° [2]. На поздних трахеидах пределы изменений угла наклона

полос 11—32°, а в среднем 20°. Просматриваемая перекрестная полосатость указывает на то, что в оболочке трахеиды имеются фибриллы, расположенные как по правой, так и по левой спирали. Углы наклона полос, и правых и левых, по В. А. Баженову, близки между собой. Так, на тангенциальном срезе трахеиды лиственницы средний угол наклона фибрилл вправо равен 24,8°, а влево 25,5°. Фибриллы в клеточной оболочке располагаются пучками, как показано на рис. 3.

У некоторых хвойных трахеиды имеют еще третичную стенку (см. рис. 2). В древесине лиственницы третичная стенка обнаружена только в смоляных ходах. Она имеет особую, не похожую ни на одну из названных ранее, бородавчатую структуру. Подробно на этой структуре мы останавливаться не будем.

ГЛАВА II

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Древесина состоит из соединений углерода, водорода, кислорода и азота и небольшого количества золы. Основная масса древесины лиственницы — это целлюлоза и лигнин, на которые приходится около 80% от веса древесины. Кроме того, в древесине лиственницы содержатся гемицеллюлозы (пентозаны и гексозаны), а также вещества, растворимые в эфире, спирте и воде. Химический состав древесины лиственницы, по данным М. М. Чочиевой [39], представлен в табл. 1 (в %).

Таблица 1

Составные части	Лиственница даурская (Дальний Восток)	Лиственница даурская (Дальний Восток)	Лиственница даурская (Сахалин)	Лиственница сибирская
Лигнин	28,6	26,6	25,3	29,5
Целлюлоза Кюршнера .	58,8	52,1	39,5	45,8
Пентозаны в целлюлозе	—	—	3,3	—
Целлюлоза без геми- целлюлоз	—	—	36,2	—
Гемицеллюлозы	—	20,4	—	—
Пентозаны	9,2	11,6	8,8	9,3
Маннан	4,9	—	6,1	—
Галактан	7,4	—	14,4	—
Уроновые кислоты . .	—	—	—	2,9
Эфирный экстракт . . .	—	1,3	1,4	1,8
Спиртовый	—	1,4	6,3	1,8
Водный	—	2,2	22,6	5,1
Зола	0,41	0,21	0,3	1,0

Н. И. Никитин указывает, что особенностью химического состава древесины лиственницы является наличие в ней большого количества воднорастворимых веществ — от 4,5 до 29,7% (в среднем 10—12%). Содержание целлюлозы в древесине лиственницы относительно невысокое — 35—50%.

Химический состав ядра и заболони лиственницы (в %) несколько отличается, что видно из табл. 2 (по Н. И. Никитину).

Таблица 2

Составные части	Лиственница даурская		Сосна	
	заболонь	ядро	заболонь	ядро
Целлюлоза Кюршнера .	49,2	35,2	54,3	50,2
Пентозаны	7,6	8,9	9,3	8,6
Маннан	9,4	7,3	—	—
Галактан	1,0	15,8	—	—
Лигнин	25,6	21,6	26,5	26,1
Уксусная кислота . . .	—	—	1,7	1,4
Эфирный экстракт . . .	3,0	5,6	5,5	3,6
Водный экстракт	2,0	19,9	5,2	7,7
Зола	0,2	0,5	0,23	0,42

По данным В. И. Шаркова и Н. Янсона [39], химический состав ранней и поздней древесины лиственницы также не одинаков. В табл. 3 приведены эти данные для лиственницы и сосны (в %).

Таблица 3

Составные части	Лиственница сибирская		Сосна	
	ранняя	поздняя	ранняя	поздняя
Целлюлоза Кюршнера .	45,39	46,13	53,18	54,42
Лигнин Кенига	29,57	29,39	28,45	27,86
Гемцеллюлозы	—	—	20,68	20,36
Пентозаны	9,50	9,08	12,22	10,90
Эфирный экстракт . . .	2,01	1,32	1,83	1,35
Спиртовый экстракт . .	1,64	1,85	1,29	0,84
Водный экстракт	8,18	3,65	0,63	0,57
Зола	1,45	0,72	0,23	0,29
Объемный вес абсолютно сухой древесины	0,421	0,863	0,323	0,779

Зола в древесине лиственницы содержится в небольшом количестве (не более 1%). Обычно золы в древесине лиственницы 0,5% и располагается она главным образом в ранней дре-

весине, составляя 1,45% от ее веса. В поздней древесине золы не более 0,72%. Состав золы зависит от возраста дерева, свойств почвы, климата и других факторов.

Основная и наиболее ценная часть древесины лиственных — целлюлоза (клетчатка), представляющая собой высокомолекулярный углевод — полисахарид. Являясь главной составной частью клеточной стенки древесины, целлюлоза обуславливает ее механическую прочность, эластичность и другие свойства.

Целлюлоза, так же как и другие природные и синтетические высокомолекулярные соединения, полидисперсна, т. е. содержит молекулы, значительно отличающиеся между собой по степени полимеризации и, соответственно, по молекулярному весу. Как степень полимеризации целлюлозы в древесине, так и ее дисперсность оказывают существенное влияние на физико-механические свойства древесины.

Ввиду того, что в молекулах целлюлозы имеются многократно повторяющиеся звенья (признаки полимеров), они чаще называются *макромолекулами*. Макромолекулы — это частицы, состоящие из сотен и тысяч отдельных атомов, связанных друг с другом ковалентными связями. Макромолекулы целлюлозы сильно вытянуты, но не жестки. Волокнистая структура целлюлозы определяет высокую механическую прочность как целлюлозы, так и самой древесины. Связь между отдельными цепями макромолекул осуществляется при помощи межмолекулярных сил сцепления и, в частности, водородных связей полярных спиртовых групп. Интенсивность межмолекулярного взаимодействия зависит от расстояния между звеньями молекул. Чем оно больше, тем меньше прочность межмолекулярных связей. Энергия этих связей изменяется в пределах от 2 до 10 ккал/моль.

Как природные волокна целлюлозы, так и ее препараты структурно неоднородны, т. е. среднее расстояние между отдельными молекулами или звеньями молекул в отдельных местах волокна, а также взаимное расположение этих молекул могут быть различными. Соответственно изменяются прочность связи между молекулами и свойства волокон целлюлозы. Чем больше расстояние между звеньями и чем меньше прочность связи между ними, тем выше гигроскопичность, набухание, окрашиваемость и реакционная способность волокна.

Целлюлоза в отличие от других полисахаридов, имеющих аналогичный химический состав (крахмал, ксилан и др.), не растворяется в воде и разбавленных растворах щелочей, но растворима в медноаммиачном растворе $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ — аммианате гидроокиси меди. В воде целлюлоза набухает. Набухание сильнее в растворах гидроокисей щелочных металлов и в растворах некоторых солей и кислот.

Второе место в древесине лиственницы по количеству занимает лигнин. Лигнин — высокомолекулярное вещество сложного химического состава, которое образуется в клетках в результате их одревеснения (лигнификации). Химические формулы лигнина пока еще не найдены, однако известно, что в нем содержится больше углерода (64,4%), чем в целлюлозе (44,34%). По сравнению с целлюлозой лигнин химически менее стоек.

Химический состав древесины лиственницы и структура ее основных компонентов оказывают большое влияние на ее физико-механические свойства. Так, гидрофильные свойства, способность к набуханию или усушке имеют прямую связь как с химическим составом древесины лиственницы, так и со структурой ее клеточных оболочек. Имеющиеся в лигнине и целлюлозе гидроксильные группы являются носителями гидрофильных свойств, а поэтому, чем больше в древесине гидроксильных групп, тем выше ее гидрофильность.

Третьей, наиболее важной составной частью древесины лиственницы, являются гемицеллюлозы. Так же, как и целлюлоза, они представляют собой полисахариды и поэтому наиболее близки к ней. Гемицеллюлозы разделяются на пентозаны и гексозаны. Общее содержание гемицеллюлоз в древесине лиственницы даурской, по данным Н. И. Никитина [40], 20,3%; сосны — 21,4%. Химическая формула пентозанов — $(C_5H_8O_4)_n$ и гексозанов — $(C_6H_{10}O_5)_n$.

В древесине лиственницы, как уже указывалось ранее, содержится довольно значительное количество таннидов, или дубильных веществ. Танниды не входят в клеточную структуру древесины, а являются содержимым клеток. Это сложные многоатомные фенолы, служащие весьма ценным техническим материалом. Танниды применяются для дубления кожи, могут быть использованы при бурении нефтяных скважин, для контроля за вязкостью и потерей воды буровыми жидкостями, для флотации некоторых руд, в качестве антиоксиданта в пищевых жирах и для многих других целей.

Более всего таннидов находится в коре лиственницы. Кора при механической обработке и химической переработке лиственничного сырья является отходом. Поэтому наиболее рациональный путь ее использования — химическая переработка. По данным Н. И. Никитина [7], в коре лиственницы сибирской содержится 12—13% таннидов. По данным Т. Н. Мироновой и др. [31], кора лиственницы сибирской содержит 14—15% таннидов, а кора лиственницы даурской до 17%, что выгодно отличает эти виды сырья не только от коры европейской лиственницы, но даже и от коры молодого дуба, содержащего (по Н. И. Никитину) до 11% таннидов. Поэтому кора лиственницы служит ценным химическим сырьем для производства дубиль-

ных веществ. Экономически целесообразным считается переработка на таннины такого сырья, в котором содержится их не менее 3,5%.

Таннины легко растворимы как в холодной, так и в горячей воде и последующим выпариванием могут быть доведены до консистенции экстракта. По некоторым данным, количество таннидов в древесине лиственницы непостоянно в разное время года. Больше всего таннидов в коре весной. В растущем дереве лиственницы таннины, по-видимому, играют защитную роль от поражений ее грибами и насекомыми. Так, биологически стойкими древесными породами у нас считаются дуб и лиственница. Содержание таннидов в коре и древесине этих пород наибольшее.

Химический состав коры лиственницы резко отличается от химического состава ее древесины. Так, в коре больше содержится золы, лигнина и соответственно меньше целлюлозы. Количество экстрактивных веществ в коре лиственницы также больше.

Другая важная составная часть древесины лиственницы — смола. Она также играет защитную роль, предохраняя древесину от поражения насекомыми, и так же, как таннины, не входит в состав ее клеточной оболочки, а содержится в смоляных ходах. По некоторым данным, живица, в которой смола является основным компонентом (терпентин или бальзам), находится в смоляных ходах древесины под давлением 12—20 атм, создаваемым секреторным давлением.

Смола выделяется в дереве как в процессе нормального физиологического обмена, так и в результате ранения дерева. В дальнейшем она не участвует в обмене веществ.

В смолу входят соединения различных химических классов: смоляные кислоты, смоляные спирты и индиферентные вещества. Живица лиственницы сибирской содержит в себе 17—22% скипидара и 78% смоляных кислот, а лиственницы даурской 19% скипидара и 77,3% смоляных кислот. Остальное составляют индиферентные вещества. Содержание скипидара в живице сосны выше (33—35%). Скипидар и канифоль, получаемые после переработки живицы, имеют широкое применение: в лакокрасочной промышленности в качестве разбавителей и растворителей для лаков и красок и в качестве пленкообразующих веществ, в бумажной промышленности для проклейки бумаги, при производстве синтетического каучука в качестве эмульгатора, в электропромышленности для электроизоляции силовых высоковольтных кабелей, в мыловарении, в медицине и др.

Смола в древесине, предназначенной для механической обработки, играет отрицательную роль. Она затрудняет распиловку бревен на пиломатериалы, отделку древесины и т. д.

Содержание смолы в древесине лиственницы колеблется в широких пределах и не одинаково в различных частях дерева. Особенно много смолы у комля. У хвойных пород заболонь содержит больше смол, чем ядро. На 1 м³ свежей заболони приходится в среднем смолы: у сосны 21,1 кг, лиственницы 18,3 кг, ели 9,4 кг и пихты 3,2 кг.

Есть указание [65], что в смолистых выделениях из пораженной древесины лиственницы содержится вещество (ларицирезинол), повышающее биостойкость древесины лиственницы.

Ка меди, или гумми, представляют собой густые соки, выделяющиеся из надреза на коре дерева, быстро застывающие и твердеющие на воздухе. В обычных органических растворителях камеди не растворяются, но с водой способны образовывать коллоидные растворы. Древесина лиственницы содержит весьма большое количество камедей. По данным проф. Жеребова, в древесине лиственницы 14—15% сырой камеди. По исследованиям Ф. А. Чеснокова, камедь в ней составляет 9—17% от веса абсолютно сухой древесины. Камедь является ценным техническим продуктом, используемым в качестве клеящего вещества. Применяется в текстильной промышленности, в спичечном производстве и в кондитерском, а также в медицине. Некоторые виды камедей, (например, гуммиарабик) ввозятся из-за границы и очень высоко ценятся.

По своему составу камеди — это комбинации углеводов (пентозаны и гексозаны) с калиевыми, магниевыми и кальциевыми солями органических кислот. Точный химический состав их не известен. Наличие камедей в древесине лиственницы делает в принципе возможным использовать их клеящие свойства для склеивания древесных частиц без добавления к ним связующих. Опыты Уральского лесотехнического института, Сибирского технологического института, а также Института леса и древесины СО АН СССР подтвердили такую возможность. Опилки и стружки из древесины лиственницы при горячем прессовании склеиваются между собой. Камедей в древесине лиственницы оказалось достаточно, чтобы не только склеить между собой лиственничные частицы, но и добавляемые к ним в количестве до 50% сосновые частицы [8].

Кроме перечисленных химических компонентов, в древесине лиственницы содержатся в незначительных количествах эфирные масла, красящие вещества и др. Химический состав древесины лиственницы не остается постоянным. Он может изменяться в зависимости от условий внешней среды при росте дерева и от состояния древесины. Например, при воздушном высушивании или при нагревании древесины количество пентозанов в ней уменьшается вследствие гидролиза, а лигнина увеличивается.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННОЙ

Чтобы рациональнее использовать древесину лиственной, необходимо иметь представление о ее физических свойствах, оказывающих большое влияние на механические свойства, сушку, отделку и другие технологические операции. Рассмотрим некоторые наиболее важные физические свойства древесины лиственной: пористость и объемный вес, влажность и гигроскопичность, теплопроводность и водопоглощение, усушку и набухание, а также теплофизические и электрические свойства.

Пористость

Пористость — свойство, присущее любой древесине. Пористость древесины обусловлена ее клеточной структурой и выражается наличием полостей в клетках. В более широком понимании под пористостью древесины следует иметь в виду не только полости клеток, но и макро- и микрокапиллярную систему клеточных оболочек. Пористость древесины определяет ее многие свойства: влажность, объемный вес, прочность и т. д. и поэтому имеет большое практическое значение.

Различают пористость открытую — в виде каналов и капилляров, соединенных между собой, и закрытую — в виде изолированных друг от друга пор. В древесине следует считать пористость открытой, так как хотя она и обладает ячеистой структурой, однако в клеточных оболочках отдельных клеток имеются поры, а также макро- и микрокапилляры, обеспечивающие сообщение между клетками. Через открытые поры и капилляры под действием перепада давления может происходить движение жидкостей и газов (фильтрация). При закрытой пористости фильтрация жидкостей и газов была бы невозможна.

По размерам в древесине можно выделить три группы пор: некапиллярные, или сверхкапиллярные, диаметр которых превышает 0,5 мм. Такие поры (сосуды) иногда встречаются в древесине кольцепоровых древесных пород. В древесине лиственной некапиллярных пор нет;

макрокапиллярные, диаметры которых находятся в пределах от 0,2 мк до 0,5 мм. Наибольший объем пор в древесине лиственной относится именно к этой группе, так как внутренние диаметры трахеид находятся в этих пределах;

микрокапиллярные, диаметры которых менее 0,2 мк. Хотя в общей пористости древесины лиственной объемная доля этой группы пор невелика, однако она оказывает существенное влияние на физико-механические свойства древесины. Микрокапилляры располагаются в стенках трахеид.

Указанное деление пор древесины по размерам на три группы имеет следующее основание. В капиллярах, диаметр которых превышает 0,5 мм, капиллярные явления не обнаруживаются. При диаметре капилляров от 0,2 мк и до 0,5 мм уже проявляются капиллярные явления, обусловленные силами поверхностного натяжения. К капиллярным явлениям относится капиллярный подъем жидкостей в узких трубках, если стенки их смачиваются жидкостью. Находящаяся в таких капиллярах вода может быть названа капиллярной, но в древесиноведении ее принято называть свободной водой. Эта вода располагается главным образом в полостях клеток. При диаметре меньше 0,2 мк в капиллярах возможна конденсация водяных паров из воздуха вследствие снижения давления пара над вогнутым мениском. Влага, заполняющая микрокапилляры древесины, называется гигроскопической. Такой влаги в большинстве древесных пород до 30 %.

Общая пористость обычно рассчитывается по результатам лабораторного определения удельного и объемного весов древесины и влажности. Размеры и формы макропор обычно изучают на микросрезках под микроскопом. Различают объемную и поверхностную пористость древесины.

Объемная пористость определяется как отношение объемов всех пор и капилляров древесины к общему объему ее в абсолютно сухом состоянии. Обычно пористость выражается в процентах.

Удельный вес вещества древесины, как известно, мало зависит от породы. Для ядровой части древесины лиственницы он равен 1,54 г/см³, для заболонной 1,55 г/см³ [7]. Исходя из значения удельного веса древесного вещества лиственницы 1,54, подсчитаем объемную пористость абсолютно сухой древесины.

Примем объем абсолютно сухой древесины лиственницы равным 1 см³. Вес древесного вещества, находящегося в этом объеме, обозначим через γ_0 . Очевидно, γ_0 — объемный вес абсолютно сухой древесины в г/см³. Если бы весь этот объем был занят только древесным веществом, то вес его был бы равен не γ_0 г, а 1,54 г. Следовательно, разность 1,54 — γ_0 представляет собой вес, которого в образце нет и вместо которого находится воздух (весом воздуха пренебрегаем, так как он ничтожно мал по сравнению с весом древесины). Объем воздуха, находящегося в 1 см³ абсолютно сухой древесины лиственницы, очевидно, будет равен

$$\frac{1,54 - \gamma_0}{1,54} \text{ см}^3,$$

а объемная пористость абсолютно сухой древесины $\Pi_{\text{о.с}}$, выраженная в процентах, составит

$$\Pi_{\text{о.с}} = \frac{1,54 - \gamma_0}{1,54} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Аналогично можно определить объемную пористость древесины лиственницы при влажности, превышающей гигроскопическую точку:

$$П_{о. в} = \frac{1,54 - \gamma_y}{1,54} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где γ_y — условный объемный вес древесины лиственницы, обычно принимаемый равным $0,49—0,56 \text{ г/см}^3$ в зависимости от вида лиственницы и района произрастания.

Вычисленная по уравнению (2) объемная пористость включает в себя не только поры, заполненные воздухом, но и поры, занятые водой. Поскольку объемный вес абсолютно сухой древесины γ_0 всегда больше условного объемного веса γ_y , то из сравнения уравнений (1) и (2) вытекает, что объемная пористость абсолютно сухой древесины всегда меньше объемной пористости влажной древесины. Объемная пористость древесины лиственницы во влажном состоянии, подсчитанная по уравнению (2), составляет от 63,6 до 68,2% (в среднем 65,9%). Объемная пористость древесины лиственницы отдельно для ранней и поздней древесины была определена в Институте леса АН СССР В. Е. Вихровым [44]. Она получилась для ранней древесины 75,3% и для поздней — 46,7%.

Поверхностная пористость древесины определяется как отношение площади, занимаемой порами, ко всей площади поперечного среза древесины. Поверхностная пористость выражается также в процентах:

$$П_{п} = \frac{F_1}{F} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где:

F_1 — суммарная площадь пор по всей площади микросреза в мм^2 ;

F — полная площадь микросреза в мм^2 .

Поверхностная пористость древесины лиственницы существенно отличается в зонах ранней и поздней древесины. Так, по исследованиям Н. Г. Прикот [7], поверхностная пористость ранней древесины лиственницы в 2,8—3 раза выше, чем у поздней. Ниже приводятся результаты исследований поверхностной пористости древесины лиственницы (в %) по Н. Г. Прикот:

Ранняя древесина	47,6—65,4	51,9—62,6
Поздняя древесина	9,4—27,9	17,1—24,2
В среднем	30,0—48,9	34,5—40,8

Несколько иные значения поверхностной пористости древесины лиственницы европейской (в %) приведены в работе В. П. Левченко [21] по классам роста:

	I	II	III
Ранняя зона годового слоя	64,4	61,2	61,7
Поздняя " " "	6,84	7,56	7,11

Из данных В. П. Левченко вытекает, что поверхностная пористость ранней древесины лиственницы даже в 8—9 раз выше, чем у поздней древесины.

Следует оговориться, что приведенные цифры характеризуют поверхностную пористость древесины лиственницы без учета той пористости, которая имеется в клеточных оболочках трахеид, так как густая и очень тонкая сеть микрокапилляров клеточных оболочек в микроскоп не просматривается и не может быть учтена. Поэтому нельзя по поверхностной пористости древесины судить об ее полной объемной пористости.

Влажность

Влажность древесины оказывает существенное влияние на ее технические свойства, во многом определяя прочность, склеиваемость, отделяемость, сушку и т. д. Для количественной оценки содержащейся в древесине влаги пользуются понятием влажности древесины, выражаемой обычно в процентах. Различают абсолютную и относительную влажность древесины. В дальнейшем мы будем пользоваться только понятием абсолютной влажности.

Абсолютная влажность древесины определяется как отношение веса влаги, содержащейся в древесине, к весу той же древесины в абсолютно сухом состоянии, т. е.

$$W = \frac{G_v - G_c}{G_c} 100\%, \quad (4)$$

где:

W — абсолютная влажность древесины в процентах;
 G_v и G_c — вес древесины соответственно во влажном и в абсолютно сухом состоянии в г.

Существует много различных способов определения влажности древесины, из которых весовой наиболее надежен, точен и прост. Методика определения влажности весовым способом дана в ГОСТ 6336—52 «Лесоматериалы. Методы физико-механических испытаний древесины». В настоящее время широкое применение находят электрические методы определения влажности древесины, в основу которых положено влияние влажности древесины на ее омическое сопротивление или диэлектрическую проницаемость.

В живорастущем дереве лиственницы влага распределяется не равномерно как по диаметру ствола, так и по его высоте. Особенно большое отличие во влажности заболони и ядра. По

исследованиям Института леса и древесины СО АН СССР (Л. Н. Исаева), в деревьях лиственницы сибирской из Красноярского края в летнее время оказалось следующее распределение влаги, подсчитанное по шести модельным деревьям.

У основания ствола влажность заболони 90—110%; на периферии ядра 40% с постепенным и небольшим повышением влажности по направлению к сердцевинной трубке, где она увеличивается до 50%. На половине высоты ствола влажность заболони 110—120% и в ядре достигает 60%. В среднем влажность ядра колеблется около 50%, а заболони около 110%. Аналогичные данные по распределению влаги в живорастущих деревьях лиственницы были получены в Сибирском технологическом институте (Б. Н. Тихомиров).

По исследованиям В. П. Левченко [21], влажность ядра лиственницы европейской находится в пределах 32,9—35,6% и не зависит от влажности почвы. В древесине заболони влажность уменьшается в направлении от коры к ядру:

Годовые слои от луба к ядру . .	1	2—3	4—5	6—8	9—14	15—19	Ядро
Влажность в %	69,2	61,0	63,0	48,3	39,6	36,3	33,4

Уменьшение влажности в заболони по мере приближения к ядру, по-видимому, связано с возрастными изменениями в анатомическом строении древесины лиственницы (изменения в полостях, окаймленных порах и стенках трахеид). Влажность древесины лиственницы в заболони зависит от влажности почвы: на сухих почвах она на несколько процентов ниже, чем на влажных.

Для удобства различают пять степеней влажности древесины: абсолютно сухую древесину, влажность которой равна нулю; комнатно-сухую древесину с влажностью 7—10%; воздушно-сухую древесину с влажностью от 10% до 18% в зависимости от географического местоположения; свежесрубленную древесину и выше ее по влажности мокрую древесину.

Максимальная влажность древесины лиственницы может быть определена, исходя из условия заполнения всех имеющихся в древесине пор водой. Так как удельный вес воды может быть принят равным единице, то объем всех пор в 1 см³ древесины, влажность которой выше гигроскопической точки, равен

$$\frac{1,54 - \gamma_y}{1,54} \text{ см}^3$$

и будет, очевидно, численно равен максимально возможному количеству воды в г, находящейся в 1 см³ влажной древесины. Отсюда максимальная влажность древесины определится следующим образом:

$$W_{max} = \frac{1,54 - \gamma_y}{1,54\gamma_y} 100\%. \quad (5)$$

Подставляя в последнее выражение значение γ_u для лиственницы (0,49—0,56), получим $W_{\max} = 114 \div 139\%$. Из полученных цифр видно, что влажность заболони живорастущей лиственницы близка к максимально возможной по С. И. Ванину (100—120%) и весьма далека от нее по В. П. Левченко (50—63%). Практически древесина лиственницы никогда не достигает теоретической максимальной влажности даже после длительного пребывания под водой, так как имеющийся в макро- и микрокапиллярах древесины воздух не может быть полностью растворен в воде и удален из древесины. Поэтому незначительная часть пор остается все-таки не заполненной водой.

Объемный вес

Так как древесина представляет собой пористый материал, поры которого заполнены воздухом или водой, удобнее оперировать не удельным, а объемным весом древесины. Ранее уже было сказано, что удельный вес древесного вещества для лиственницы почти не отличается от удельного веса для других древесных пород и равен в среднем $1,54 \text{ г/см}^3$.

Для непосредственного определения удельного веса древесного вещества можно использовать очень простой метод. Древесину лиственницы тщательно размельчают и освобождают от воздуха. Мелкие частицы древесины погружают в раствор, например поваренной соли, такой плотности, чтобы они находились во взвешенном состоянии. Удельный вес раствора будет равен удельному весу древесного вещества. При этом методе определения удельного веса древесного вещества можно также воспользоваться тонкими микросрезами древесины, прокипяченными предварительно в воде. Удельный вес древесного вещества можно также определить посредством пикнометра.

Объемный вес древесины лиственницы зависит от ее объемной пористости и от влажности: чем больше объемная пористость древесины и ниже влажность, тем меньше ее объемный вес.

При высыхании древесины ее линейные размеры, а следовательно, и объем остаются постоянными вплоть до гигроскопической точки, т. е. до влажности 30%, вес же уменьшается. Уже в силу этого объемный вес древесины оказывается величиной непостоянной и зависящей от влажности. Кроме того, при повышении влажности древесины ниже гигроскопической точки изменятся не только вес древесины, но и объем, а следовательно, и характер зависимости объемного веса древесины от влажности.

Вызванное этими явлениями непостоянство объемного веса древесины привело к необходимости ввести другое понятие объемного веса, которое сохраняет свое значение для любого

влажностного состояния древесины. Поэтому в большинстве расчетов, связанных с определением объемного веса древесины, а также расчетов изменения ее влажности и размеров, удобнее предварительно ввести понятие условного объемного веса.

Под условным объемным весом древесины имеется в виду отношение веса абсолютно сухой древесины к ее объему, который она имела при влажности выше гигроскопической точки. Условный объемный вес γ_y подсчитывается по уравнению

$$\gamma_y = \frac{G_c}{V_b} \text{ г/см}^3, \quad (6)$$

где:

G_c — вес абсолютно сухого образца в г;

V_b — объем влажного образца в см^3 .

Согласно имеющимся литературным данным, объемный вес древесины лиственницы колеблется в весьма широких пределах в зависимости от вида лиственницы и условий ее произрастания. Чаще всего колебания значений γ_y для лиственницы находятся в пределах 0,49—0,56 г/см^3 . Объемный вес древесины лиственницы при различной влажности может быть определен через условный объемный вес посредством следующих соотношений.

Объемный вес абсолютно сухой древесины

$$\gamma_0 = \frac{100\gamma_y}{100 - U_0} \text{ г/см}^3, \quad (7)$$

где U_0 — величина полной объемной усушки древесины в процентах.

Объемный вес древесины при влажности ниже гигроскопической точки

$$\gamma_{<30\%} = \frac{\gamma_y (100 + W)}{100 - K_0 (30 - W)} \text{ г/см}^3, \quad (8)$$

где K_0 — коэффициент объемной усушки, приведенный ниже.

Объемный вес древесины при влажности выше гигроскопической точки

$$\gamma_{>30\%} = \gamma_y \left(1 + \frac{W}{100} \right) \text{ г/см}^3. \quad (9)$$

Объемный вес древесины лиственницы в большой степени зависит от содержания в ней поздней древесины: чем выше содержание поздней древесины, тем выше объемный вес. Эта зависимость для различных пород древесины, в том числе и для лиственницы, выражается следующим эмпирическим уравнением прямой линии:

$$\gamma_{15\%} = a + bm \text{ г/см}^3, \quad (10)$$

где:

$\gamma_{15\%}$ — объемный вес древесины при влажности 15%;

a и b — эмпирические коэффициенты;

m — содержание поздней древесины в процентах.

По исследованиям Н. Н. Чулицкого [7], для лиственницы уравнение (10) выглядит так:

$$\gamma_{15\%} = 0,44 + 0,007m. \quad (11)$$

По данным М. Д. Товстолеса, зависимость между объемным весом древесины лиственницы и процентом поздней древесины имеет следующие численные значения [7]:

Процент поздней древесины	23,2	29,0	36,3	44,0	53,8
Объемный вес в $г/см^3$	0,556	0,561	0,593	0,644	0,715

Из приведенных цифр видно, что вследствие колебаний в содержании поздней древесины наблюдаются большие колебания в ее объемном весе. Из абсолютных цифр объемного веса древесины лиственницы следует также, что она относится к умеренно тяжелым древесным породам с объемным весом 0,61—0,70 $г/см^3$ при влажности 15%.

Соотношение между объемным весом ранней и поздней древесины у лиственницы свидетельствует о большой неравномерности ее строения, что вызывает ряд технических трудностей при ее использовании. Согласно С. И. Ванину [7], объемный вес ранней древесины у лиственницы в абсолютно сухом состоянии равен 0,36 $г/см^3$, а поздней — 1,04 $г/см^3$, т. е. это соотношение равно 1:2,9. Для сосны оно меньше (1:2,4). По В. Е. Вихрову это соотношение для лиственницы несколько иное — 1:2,25 [44].

Средний объемный вес древесины лиственницы в свежесрубленном состоянии равен 0,833 $г/см^3$ и 0,590 $г/см^3$ в воздушно-сухом состоянии [29].

По уравнению (9) можно подсчитать объемный вес древесины лиственницы при максимальной влажности W_{max} , подставив в него значение W_{max} из уравнения (5):

$$\gamma_{max} = 1 + 0,35 \cdot \gamma_y \text{ } г/см^3. \quad (12)$$

Подставив в последнее выражение значение γ_y от 0,49 $г/см^3$ до 0,56 $г/см^3$, получим соответственно максимально возможный для древесины лиственницы объемный вес от 1,171 до 1,196 $г/см^3$. По опытам В. Е. Вихрова (Институт леса АН СССР), максимальный объемный вес древесины лиственницы меньше: для ранней древесины в насыщенном водой состоянии $\gamma_{max} = 1,03 \text{ } г/см^3$ и для поздней древесины $\gamma_{max} = 1,09 \text{ } г/см^3$. На основании этих данных по уравнению (12) определяем γ_y для ранней и поздней древесины отдельно [44]:

$$\gamma_y = \frac{\gamma_{max} - 1}{0,35} \text{ } г/см^3.$$

После подстановки получаются совершенно невероятные результаты: соответственно 0,0855 и 0,257 г/см³. Такие условные объемные веса ни для ранней, ни для поздней древесины лиственницы быть не могут. Остается предположить, что объемные веса ранней и поздней древесины в насыщенном состоянии определены неверно. Это могло произойти из-за оставшегося в образцах древесины воздуха, не замещенного водой, что привело к заниженному значению γ_{max} .

По результатам исследований В. Е. Вихрова можно подсчитать условный объемный вес отдельно для ранней и поздней древесины. Для этого используем следующие исходные данные: объемный вес ранней древесины лиственницы в абсолютно сухом состоянии равен 0,383 г/см³ и поздней — 0,863 г/см³. Здесь же дана полная объемная усушка: соответственно 13,43 и 22,8%. Подставляя эти данные в уравнение (7) и решая его относительно γ_y , находим:

$$\gamma_{y.p} = \frac{\gamma_0(100 - Y_0)}{100} = \frac{0,383(100 - 13,43)}{100} = 0,332 \text{ г/см}^3,$$

для поздней древесины

$$\gamma_{y.п} = \frac{0,863(100 - 22,8)}{100} = 0,667 \text{ г/см}^3.$$

Эти цифры уже не вызывают сомнений. Исходя из них, по уравнению (11) определим возможные значения γ_{max} : для ранней древесины $\gamma_{max} = 1,116 \text{ г/см}^3$ и для поздней $\gamma_{max} = 1,233$.

Интересно выяснить, при какой влажности древесины лиственницы возможен ее утоп, т. е. при какой влажности ее объемный вес становится равным единице. Для этого воспользуемся формулой (9), решив ее относительно W и подставив в нее вместо $\gamma_{>30\%}$ единицу:

$$W = \frac{1 - \gamma_y}{\gamma_y} 100\%. \quad (13)$$

При $\gamma_y = 0,49 \text{ г/см}^3$ получим, что древесина лиственницы начинает тонуть при $W = 104\%$, а при $\gamma_y = 0,56 \text{ г/см}^3$ она тонет уже при $W = 78,5\%$. Поздняя древесина лиственницы начинает тонуть при влажности 50% вследствие высокой плотности.

Гигроскопичность

Под гигроскопичностью, или влагопоглощением, имеется в виду способность древесины поглощать влагу из воздуха. Основной причиной гигроскопичности древесины, по-видимому, является наличие большой внутренней поверхности

в ней, обусловленной капиллярно-ячеистой структурой, и определенной степенью физико-химического родства между веществом древесины и водой. Внутренняя поверхность древесины доходит до нескольких сотен квадратных метров на 1 г древесного вещества. Из молекулярной физики известно, что на границе раздела двух фаз, в данном случае фазы древесины — влажный воздух, образуется избыточная поверхностная энергия, благодаря которой на сильно развитой внутренней поверхности древесины происходит адсорбция водяных паров из воздуха.

Особенно гигроскопична абсолютно сухая древесина, так как адсорбция водяных паров из воздуха в этом случае определяется не только силами молекулярного взаимодействия между веществом древесины и водяным паром (физическая адсорбция), но и силами химического взаимодействия между ними, выражающегося в образовании водородных связей (химическая адсорбция, или хемосорбция). Энергия этих связей приблизительно в 2 раза выше энергии межмолекулярного взаимодействия, хотя и не достигает уровня, характерного для валентных химических связей.

При адсорбции водяных паров сначала образуются мономолекулярные слои воды в субмикрокапиллярах между микрофибриллами. Образование мономолекулярных слоев воды сопровождается выделением теплоты адсорбции (теплота гидратации). Затем образуются полимолекулярные слои воды, а выделение теплоты адсорбции становится все меньшим и меньшим. Если влажность окружающего древесину воздуха достаточно велика (выше 90%), в дальнейшем в микрокапиллярах древесины начинается процесс капиллярной конденсации водяных паров из воздуха. При нормальных условиях (комнатная температура и барометрическое давление) и влажности воздуха 100% все микрокапилляры древесины с диаметром меньшим 0,2 мк, оказываются заполненными водой.

Капиллярная конденсация происходит вследствие того, что над вогнутым мениском в микрокапилляре упругость пара понижается по сравнению с давлением насыщенного пара в воздухе, а поэтому и происходит конденсация его в микрокапиллярах.

Состояние древесины, при котором все ее микрокапилляры заполнены водой и она содержит максимально возможное количество гигроскопической влаги, называется пределом гигроскопичности, или точкой насыщения волокна. По исследованиям Института леса и древесины СО АН СССР, для древесины лиственницы сибирской предел гигроскопичности при температуре 20°C равен 31,2%. С повышением температуры предел гигроскопичности понижается благодаря повышению энергии молекул воды.

Гигроскопичность ранней и поздней древесины лиственницы, а также ее ядровой и заболонной частей, практически одинакова, но время достижения предела гигроскопичности в поздней древесине в 1,5—2 раза выше, чем в ранней. По исследованиям В. П. Маркарянца в Сибирском технологическом институте [28], максимальное влагопоглощение древесины лиственницы сибирской, определенное в соответствии с методикой ГОСТ 6336—52, оказалось 20,8—27,4% в ядровой древесине и 21,7—23,0% в заболонной. Опыты по определению предельного влагопоглощения ядровой древесины лиственницы с различным объемным весом показали, что оно не зависит от объемного веса, но с его увеличением требует большего времени для достижения равновесной влажности. Наиболее интенсивно в начальный период поглощают влагу из воздуха образцы древесины с меньшим объемным весом.

Водопоглощение

Ранее уже указывалось, что максимальное водопоглощение древесины зависит от ее объемной пористости, или иначе, от объемного веса. В табл. 4 приведены данные Сибирского технологического института (В. П. Маркарянец), показывающие зависимость максимального водопоглощения древесины лиственницы сибирской от ее объемного веса [28].

Таблица 4

Объемный вес при $W=15\%$	Максимальное водопоглощение в %	Объемный вес при $W=15\%$	Максимальное водопоглощение в %
0,526	167	0,627	126
0,543	165	0,664	121
0,549	160	0,689	115
0,551	157	0,779	89
0,559	150	0,826	76
0,581	139	0,889	66

Усушка и набухание

При изменении влажности древесины от свежесрубленного состояния до абсолютно сухого наблюдается уменьшение ее линейных размеров, а следовательно, и объема. Это явление называется усушкой. Обратное явление, наблюдаемое при увлажнении древесины, называется набуханием. Различают усушку линейную и объемную. Линейная усушка определяется отдельно для каждого из трех основных направлений в древесине — в тангенциальном и радиальном, а также вдоль

волокон. Ранее уже было сказано, что наиболее сильно анизотропия свойств древесины лиственницы проявляется в усушке и набухании. Наибольшая усушка древесины лиственницы происходит в тангенциальном направлении. В радиальном направлении она приблизительно в два раза меньше, а вдоль волокон наименьшая.

Усушка и набухание древесины лиственницы происходят не при любом изменении ее влажности, а только в пределах гигроскопичности. Полная линейная усушка древесины лиственницы сибирской, по нашим исследованиям, оказалась следующая: в тангенциальном направлении 14,2%, в радиальном 6,5% и вдоль волокон 0,5%.

Полная объемная усушка U_0 , согласно ГОСТ 6336—52, определяется по формуле

$$U_0 = \frac{V_1 - V_2}{V_2} 100\%, \quad (14)$$

где V_1 и V_2 — объемы образца до и после высушивания.

Полная объемная усушка древесины лиственницы сибирской в наших опытах в среднем была равна 22,3%. По исследованиям В. П. Маркарянца [28], средние показатели линейного набухания древесины лиственницы сибирской из Бирюсинской лесной дачи оказались несколько иными: в ядровой древесине максимальное тангенциальное набухание 12,4% и радиальное 52%, в заболони соответственно 10,7 и 4,6%.

Наиболее обстоятельные исследования усушки и набухания ранней и поздней древесины лиственницы, проведенные В. Е. Вихровым [9], дали следующие результаты (в %):

	Тангенциальная усушка	Радиальная усушка
Поздняя зона годового слоя	13,9	7,10
Ранняя " " "	7,87	1,57

Из приведенных данных видно, что поздняя древесина усыхает больше ранней: в тангенциальном направлении в 1,77 раза, а в радиальном направлении в 4,52 раза. Если взять отношение тангенциальной усушки к радиальной, то здесь обнаружится еще большая анизотропия усушки: для поздней древесины она составляет около 2,0, а для ранней — 5,1.

При сушке массивной древесины с большим количеством годовых слоев суммарная усушка в тангенциальном и радиальном направлениях, в ранней и поздней зонах годового слоя будет несколько выравниваться вследствие сдерживающего влияния соседних слоев древесины. Однако такое выравнивание неизбежно вызовет появление в древесине сложной системы внутренних напряжений — напряжений растяжения, сжатия, а также, как справедливо указывает В. Е. Вихров, и скалывающих напряжений на границах годовых слоев. Предотвратить

возникновение этих напряжений не удастся никакими известными в настоящее время способами или режимами сушки. Спустя длительное время после сушки, благодаря релаксации, они снимаются сами собой.

Для удобства расчетов принято усушку древесины показывать не в абсолютных цифрах полной усушки, а посредством коэффициентов линейной и объемной усушки. Эти коэффициенты определяются как отношение полной (линейной или объемной) усушки к величине предела гигроскопичности. Для испытанных нами в Институте леса и древесины СО АН СССР образцов древесины лиственницы сибирской эти коэффициенты оказались равными:

коэффициент тангенциальной усушки $K_T=0,455$;

коэффициент радиальной усушки $K_P=0,207$;

коэффициент продольной усушки $K_{\Pi}=0,017$;

коэффициент объемной усушки $K_O=0,715$.

Согласно ГОСТ 4631—49 «Показатели физико-механических свойств древесины»*, лиственница сибирская из различных районов произрастания имеет: $K_T=0,37 \div 0,43$; $K_P=0,18 \div 0,25$; $K_O=0,59 \div 0,68$. По исследованиям В. П. Левченко [21], коэффициенты усушки лиственницы европейской, взятой из разных типов лесорастительных условий, меньше: $K_T=0,31 \div 0,34$ и $K_P=0,16 \div 0,18$.

По данным Института леса АН СССР (В. Е. Москалева), коэффициенты усушки лиственницы сибирской из Красноярского леспромхоза Красноярского края имеют следующие значения: $K_T=0,36$, $K_P=0,18$ и $K_O=0,59$, а для лиственницы, взятой из Новосибирской области, $K_T=0,43$, $K_P=0,18$ и $K_O=0,68$. Для лиственницы даурской из Якутской АССР В. Е. Москалевой найдено: $K_T=0,34$, $K_P=0,18$ и $K_O=0,54$ [36].

Такая изменчивость коэффициентов усушки древесины лиственницы объясняется не только различием в видах лиственницы, но и условиями произрастания, климатическими условиями и т. д. Отношение тангенциальной усушки к радиальной у лиственницы обычно более 2,0, что свидетельствует о повышенной анизотропии свойств древесины лиственницы по сравнению с другими наиболее распространенными породами. Для сосны это отношение равно 1,75—1,85; для березы еще меньше — 1,13—1,20, а для древесины лиственницы сибирской, по нашим исследованиям, оно равно 2,2.

Большинство исследователей считает, что существует линейная зависимость между влажностью древесины и ее набуханием

* Взамен ГОСТ 4631—49 выпущены «Руководящие технические материалы. Древесина, показатели физико-механических свойств», М., Стандартгиз, 1962. Эти материалы включают все таблицы из ранее действовавшего ГОСТ 4631—49. Поэтому ссылка на этот ГОСТ равнозначна ссылке на указанные «Руководящие технические материалы».

в пределах точки насыщения волокна. Однако есть ряд исследований, из которых вытекает, что зависимость эта только условно может быть принята линейной, так как наблюдаются отклонения от закона линейности при низкой влажности древесины.

Нами в Институте леса и древесины СО АН СССР были поставлены опыты для проверки этого положения для древесины лиственницы сибирской. На рис. 4 приведены результаты этих исследований, из которых видно, что линейная зависимость

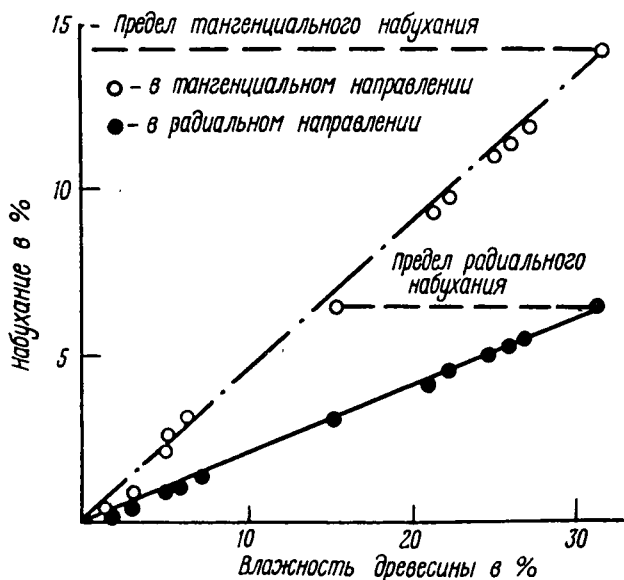


Рис. 4. Зависимость между влажностью древесины лиственницы сибирской и набуханием

набухания древесины лиственницы от влажности сохраняется почти на всем диапазоне гигроскопической влажности древесины, но при низкой влажности до 5—6% эта зависимость теряет линейный характер.

По-видимому, решающее влияние на нарушение линейности набухания образцов из лиственницы оказывает контракция (сжатие) коллоидной системы древесина — вода. Для обоснования этого положения послужили данные коллоидной химии. С целью экспериментальной проверки этой рабочей гипотезы опыты были поставлены так, чтобы можно было уловить малейшие изменения в размерах древесины при адсорбции. Мы предположили, что эти изменения в размерах будут наибольшими у древесины лиственницы, поскольку абсолютная величина усушки и набухания для нее максимальна. Из этих же сообра-

жений набухание определялось в тангенциальном направлении. Изменения размеров образцов отмечались с точностью до 1 мк. На рис. 5 приведены кривые изменения веса и размеров образцов.

Как и следовало ожидать, наибольшая скорость адсорбции водяных паров наблюдалась в начальный период опыта (верхняя кривая). Что касается сопровождающего адсорбцию набухания, то оно в начальный период испытания оказалось даже

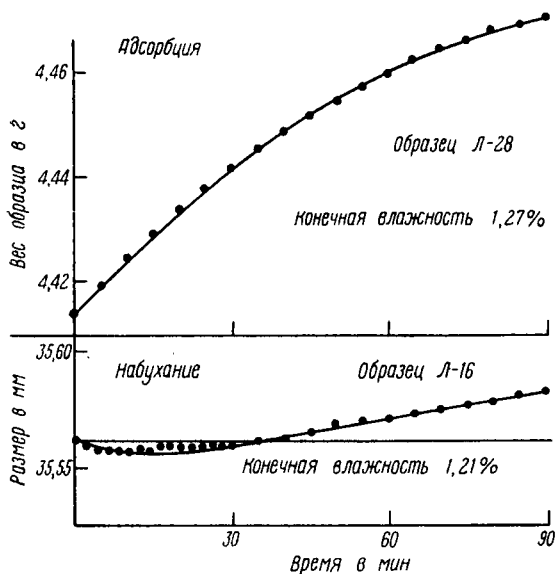


Рис. 5. Адсорбция водяных паров древесиной лиственницы (образец Л-28) и набухание ее в тангенциальном направлении (образец Л-16)

отрицательным (нижняя кривая), т. е. образец не только не набухал, а наоборот, уменьшался в размерах. Часть образцов не имела понижения первоначального размера, однако во всех случаях набухание их начиналось только через 15—30 мин после начала опытов, а в отдельных случаях даже через 40—50 мин. Влажность образцов за это время изменялась от 0% до 0,6—0,8%.

Величина отрицательного набухания древесины лиственницы была невелика. Она колебалась в пределах от нуля до 6 мк, что составляет не более 0,017% от размера образцов в абсолютно сухом состоянии. Кстати, этим можно объяснить отсутствие полной повторяемости отрицательного набухания в начале адсорбции для всех образцов.

Наши опыты с набуханием древесины лиственницы сибирской не подтверждают высказанного ранее некоторыми исследователями [39], [54] предположения, что при увлажнении абсолютно сухой древесины наибольшее набухание ее вызывают первые порции поглощенной воды и особенно адсорбционная влага. Анализируя кривую набухания на рис. 5, убеждаемся в наличии противоположного явления: адсорбционная вода вызывает минимальное набухание, а ее мономолекулярная часть может вызвать даже отрицательное набухание. Наибольшее набухание древесины, очевидно, вызывает поглощаемая вслед за адсорбционной водой осмотическая влага.

Влагопроводность

Очень важным физическим свойством древесины, имеющим большое практическое значение, особенно для сушки, является влагопроводность. Влагопроводностью называется способность древесины пропускать сквозь себя воду. Влагопроводность древесины зависит от многих факторов, особенно от породы. Влагопроводность заболонных пород, например березы, значительно выше, чем ядровых или спелодревесных. Из этого следует, что анатомическое строение древесины оказывает большое влияние на влагопроводность. Влагопроводность зависит также от местоположения древесины в стволе: заболонь, как правило, всегда более влагопроводна, чем ядро или спелая древесина. И наконец, к важнейшим факторам, влияющим на влагопроводность, следует отнести направление потока влаги внутри древесины. Способность древесины проводить влагу вдоль волокон всегда выше, чем в поперечном направлении.

Лиственница относится к ядровым породам. Поэтому наблюдается большое различие влагопроводности ядровой и заболонной частей. Особенно низка влагопроводность в ядровой части. В какой-то мере это объясняется тем, что здесь при превращении заболони в ядро с возрастом дерева происходят некоторые анатомические и химические изменения, затрудняющие прохождение жидкостей и газов сквозь древесину.

Для количественной оценки влагопроводности древесины было введено понятие коэффициент влагопроводности. Под коэффициентом влагопроводности имеется в виду весовое количество влаги, проходящее в единицу времени через единицу площади образца при градиенте влажности, равном единице. Размерность этого коэффициента — $\text{см}^2/\text{сек}$ или $\text{м}^2/\text{ч}$. Для древесины лиственницы сибирской коэффициент влагопроводности был определен в Сибирском технологическом институте Е. В. Киреевым [14]. Результаты его исследований приведены на рис. 6.

Здесь представлены средние данные для тангенциального и радиального направлений при средней влажности древесины 14%. Из графика видно, что с повышением температуры древесины коэффициент влагопроводности увеличивается. На этом же графике для сравнения приведена кривая влагопроводности для сосны по П. С. Серговскому. Примечательно, что с увеличением температуры различие в значениях коэффициен-

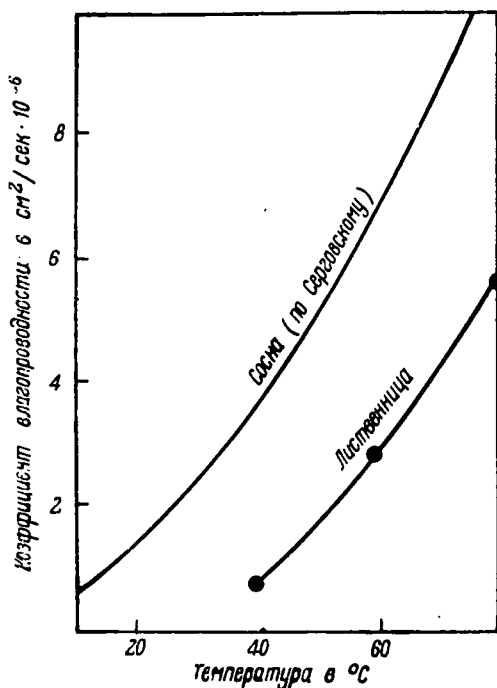


Рис. 6. Коэффициент влагопроводности древесины лиственницы сибирской и сосны (по Е. В. Кирееву)

тов влагопроводности для сосны и лиственницы сглаживается, что, по-видимому, связано с размягчением смолы и освобождением влагопроводящих каналов в древесине.

Теплофизические свойства

Тепловые свойства древесины имеют большое значение как для ее обработки, так и для эксплуатации изделий из нее. Без знания этих свойств невозможно достаточно обоснованно рассчитывать режимы гидротермической обработки и расход тепла. Все тепловые расчеты нагрева или охлаждения древесины —

расчет температурных полей, продолжительности нагрева или охлаждения и баланс тепла, а также тепловые расчеты, связанные с эксплуатацией древесины в качестве теплоизоляционных слоев и ограждающих элементов в строительстве, — могут быть проведены достаточно точно только в том случае, если известны теплофизические свойства древесины. Важнейшие теплофизические свойства древесины: теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность.

Теплопроводность. При наличии разности температур в некоторой среде от слоя с более высокой температурой к слою с более низкой устанавливается тепловой поток, величина которого пропорциональна теплопроводности среды. За единицу теплопроводности принимается теплопроводность такой среды, в которой сквозь единицу поверхности при температурном градиенте, равном единице, устанавливается тепловой поток, также равный единице. Размерность теплопроводности — $\text{ккал/м}^\circ\text{С ч}$.

Теплопроводность древесины зависит от ее влажности и температуры, породы и направления теплового потока. Влажность оказывает очень сильное влияние на теплопроводность, что объясняется большим отличием в значениях этого коэффициента для компонентов, составляющих древесину: абсолютно сухой древесины, воды и воздуха.

Влияние породы древесины определяется не столько ее химическим составом, сколько анатомическим строением, плотностью, направлением теплового потока и другими факторами. Более плотная древесина, подобно лиственнице, обладает большей теплопроводностью. Теплопроводность древесины вдоль волокон в 1,8—2,0 раза выше (по данным Н. М. Кириллова, в 2,5—3,5 раза), чем поперек волокон, так как клетки древесины вытянуты вдоль ствола. Большинство исследователей считает, что теплопроводность древесины в радиальном направлении в 1,15—1,16 раза выше, чем в тангенциальном. Это можно объяснить присутствием сердцевинных лучей в древесине, расположенных в радиальном направлении.

Специальных и обстоятельных исследований по теплопроводности древесины лиственницы не было, но ориентировочные численные значения коэффициента теплопроводности для технических расчетов можно получить из опытных данных К. Р. Кантера [49] для березы, пересчитав их для древесины лиственницы. В результате такого пересчета мы получили график теплопроводности в радиальном направлении для древесины лиственницы с условным объемным весом $0,55 \text{ г/см}^3$, представленный на рис. 7.

В приведенном графике даны истинные значения коэффициента теплопроводности, т. е. значения, справедливые только для данных температур. Если температура древесины изменяется в определенных пределах, для расчетов следует брать средние

в заданном температурном интервале значения коэффициента теплопроводности.

На графике представлены значения коэффициентов теплопроводности как для положительных, так и для отрицательных температур после внесения нами необходимых исправлений и дополнений в данные К. Р. Кантера, которые он получил, исходя из заведомо неправильного допущения, что при температуре -40°C вся влага в древесине находится только в виде льда.

Теплоемкость. Теплоемкостью называется количество теплоты, которое нужно сообщить 1 кг древесины, чтобы повысить

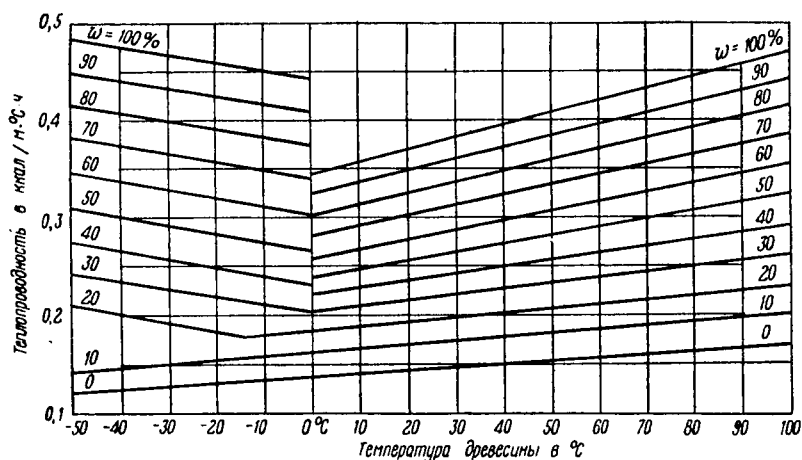


Рис. 7. Коэффициент теплопроводности древесины лиственницы с условным объемным весом $0,55 \text{ г/см}^3$ в радиальном направлении

ее температуру на 1°C . Теплоемкость древесины зависит от влажности и температуры. Что касается влияния породы, то оно практически незначительно и в технических расчетах может не приниматься во внимание, так как теплоемкость химических компонентов, составляющих древесину, несильно разнится, да и сам химический состав древесины разных пород достаточно близок. Поэтому принято коэффициент теплоемкости древесины различных пород считать одинаковым.

На рис. 8 приведены кривые истинной теплоемкости древесины для положительных температур по Н. М. Кириллову [7], построенные нами в более удобной системе координат и пригодные для древесины лиственницы.

Теплоемкость древесины при отрицательных температурах впервые наиболее полно была исследована нами [74]. На рис. 9 приведены результаты этих исследований, которыми можно пользоваться для определения истинной теплоемкости мерзлой древесины лиственницы.

В случае перехода древесины при гидротермической обработке из мерзлого состояния в оттаянное удобнее пользоваться не истинными значениями теплоемкости, а усредненными эффективными, включающими в себя скрытую теплоту плавления льда. Подробно это изложено в нашей работе, выполненной в Институте леса и древесины СО АН СССР [73].

Температуропроводность. Температуропроводность является очень важным показателем тепловых свойств древесины. Без

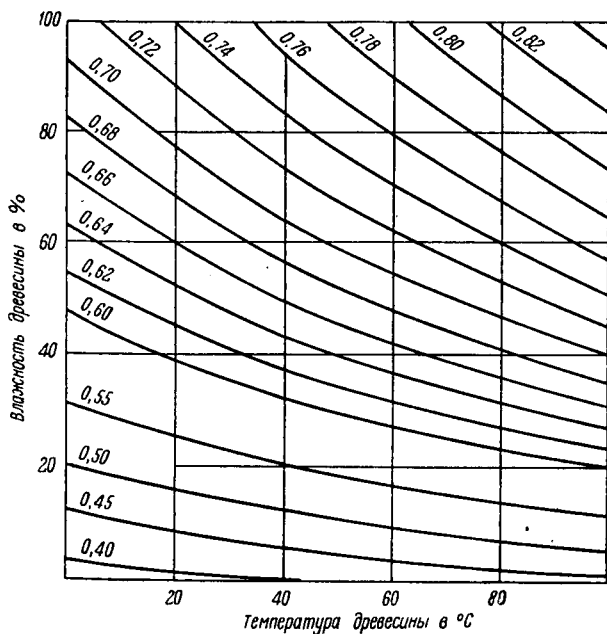


Рис. 8. Коэффициент теплоемкости древесины при положительных температурах (по Н. М. Кириллову)

знания коэффициентов температуропроводности невозможно сколько-нибудь правильно произвести тепловые расчеты гидротермической обработки древесины при нестационарном тепловом режиме.

Под коэффициентом температуропроводности a имеется в виду следующая величина:

$$a = \frac{\lambda}{C\gamma} \text{ м}^2/\text{с}, \quad (15)$$

где:

- λ — коэффициент теплопроводности древесины в $\text{ккал}/\text{м}^\circ\text{С} \cdot \text{с}$;
- C — коэффициент теплоемкости древесины в $\text{ккал}/\text{кг}^\circ\text{С}$;
- γ — объемный вес древесины в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Физический смысл этого коэффициента в том, что он выражает способность древесины выравнивать в себе температуру, т. е. является критерием скорости нагрева или охлаждения древесины.

Из выражения (15) видно, что коэффициент температуропроводности зависит от тех же факторов, что и теплопроводность, т. е. от породы древесины, ее температуры и влажности, а также от направления теплового потока относительно волокон и годовых слоев.

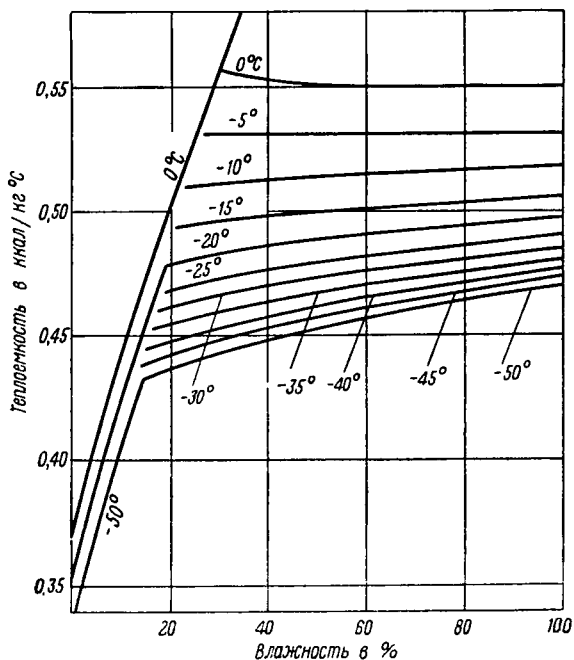


Рис. 9. Коэффициент теплоемкости древесины при отрицательных температурах

О температуропроводности древесины очень мало данных, а для древесины лиственницы достаточно надежных вообще нет. Поэтому мы даем ориентировочные значения температуропроводности древесины лиственницы, полученные нами в результате пересчета и исправления по описанному выше методу коэффициентов температуропроводности К. Р. Кантера [49].

В табл. 5 и 6 приведены истинные значения коэффициентов температуропроводности древесины лиственницы с условным объемным весом $0,55 \text{ г/см}^3$ при тепловом потоке в радиальном направлении. Чтобы получить эти значения в $\text{м}^2/\text{ч}$, следует умножить их на 10^{-4} .

Таблица 5

Влажность древесины в %	Температура древесины в °С					
	0	20	40	60	80	100
0	6,16	6,21	6,38	6,51	6,60	6,61
10	5,82	5,83	5,90	6,05	6,19	6,34
20	5,58	5,61	5,66	5,83	5,95	6,10
30	5,46	5,52	5,64	5,75	6,00	6,17
40	5,24	5,40	5,53	5,70	5,91	6,06
50	5,05	5,24	5,43	5,61	5,79	5,98
60	4,96	5,18	5,37	5,54	5,74	5,93
70	4,93	5,13	5,30	5,51	5,71	5,92

Таблица 6

Влажность древесины в %	Температура древесины в °С					
	0	—10	—20	—30	—40	—50
0	6,16	6,21	6,38	6,51	6,60	6,61
10	5,82	5,83	5,90	6,05	6,19	6,34
20	5,58	5,61	5,87	6,41	6,92	7,46
30	5,43	6,15	6,77	7,25	7,74	8,20
40	5,86	6,57	7,19	7,68	8,13	8,57
50	6,32	6,97	7,55	8,06	8,47	8,87
60	6,73	7,37	7,93	8,41	8,81	9,20
70	7,06	7,70	8,26	8,72	9,10	9,51

Приведенными в табл. 5 значениями температуропроводности древесины лиственницы при положительных температурах уже можно воспользоваться для практических расчетов процессов нагревания или охлаждения древесины. Однако значениями коэффициентов истинной температуропроводности при отрицательных температурах, приведенными в табл. 6, воспользоваться для расчетов не представляется возможным. Поэтому нами была предложена новая система эффективных тепловых коэффициентов древесины, в которые включена скрытая теплота плавления льда, что дало возможность использовать их и для тех случаев, когда древесина оттаивает или замерзает. Подробно об этом изложено в нашей статье в трудах Института леса и древесины СО АН СССР [74].

Электрические свойства

Древесина лиственницы, обладая высокой прочностью и стойкостью против гниения, в настоящее время все шире используется в электротехнике в качестве опор (столбов) линий связи и передачи, электроизоляционного материала (прокладки

в трансформаторах, пазовые клинья в электрогенераторах, ящики и футляры и др.). Кроме того, вследствие больших трудностей сушки древесины лиственницы обычными способами, исследуется возможность сушки ее в электрическом поле высокой частоты, что может ускорить процесс сушки в несколько раз. Поэтому необходимо знание электрических свойств древесины лиственницы, из которых наиболее важны электропроводность и диэлектрическая проницаемость.

Электропроводность. Древесину лиственницы можно отнести к полупроводникам в том смысле, что она в одних условиях может быть проводником электрического тока (влажная древесина), а в других электроизолятором (сухая древесина). Электрическую проводимость различают электронную и ионную. Электронная проводимость характерна для металлов, а ионная для электролитов и, в частности, для влажной древесины.

На электропроводность древесины влияют многие факторы: анатомическое строение, порода, объемный вес, температура, но более всего влажность. С увеличением влажности в пределах точки насыщения волокна электропроводность древесины сильно повышается. При дальнейшем увеличении влажности за пределы гигроскопичности электропроводность древесины хотя и повышается, но уже не столь заметно. С увеличением температуры электропроводность древесины также увеличивается, что объясняется большей степенью диссоциации молекул на ионы и уменьшением вязкости воды.

Электропроводность древесины принято выражать через удельное объемное сопротивление в омсантиметрах. С. И. Ванин приводит следующие удельные объемные сопротивления для древесины лиственницы по Дудецкому [7]:

Влажность в %	0,0	9,0	22,0	100,0
Удельное объемное сопротивление в <i>ом·см</i>	$6,6 \cdot 10^{13}$	$1,4 \cdot 10^{11}$	$6,6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$

Влияние направления электрического тока на электропроводность древесины лиственницы с влажностью 7,95%, по данным того же исследователя, выражено в следующих цифрах: удельное объемное сопротивление вдоль волокон $3,8 \cdot 10^{10}$ *ом·см*, в радиальном направлении $19 \cdot 10^{10}$ *ом·см* и в тангенциальном направлении $14,5 \cdot 10^{10}$ *ом·см*. Отсюда видно, что вдоль волокон электропроводность древесины лиственницы в 3—5 раз выше, чем поперек волокон.

Диэлектрическая проницаемость. Одной из важнейших физических характеристик диэлектриков, к каковым относится и древесина, является диэлектрическая проницаемость, численно равная отношению силы взаимодействия точечных электрических зарядов в вакууме к силе взаимодействия их в диэлектрике. Диэлектрическая проницаемость зависит от породы дре-

весины, ее температуры и влажности, а также от направления электрического поля относительно направления волокон и годовых слоев. Диэлектрическая проницаемость древесины лиственницы больше вдоль волокон, чем поперек. В радиальном направлении она несколько выше, чем в тангенциальном [35].

ГЛАВА IV

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Механические свойства древесины определяются способностью ее сопротивляться разрушению и образованию остаточных деформаций от действия внешних механических сил. Прочность древесины — это результат наличия сил взаимодействия между макромолекулами химических компонентов древесины, между микрофибриллами и пучками фибрилл, а также между отдельными структурными анатомическими элементами древесины.

Древесина различных пород, в частности лиственницы, характеризуется резко выраженной анизотропией механических свойств. Например, она обладает высокой механической прочностью на растяжение вдоль волокон, достигающей 15 кг/мм^2 , но весьма низким сопротивлением скалыванию и особенно растяжению поперек волокон.

Кроме направления волокон, на механические свойства древесины большое влияние оказывает влажность, температура, порода, объемный вес, положение образца в стволе, возраст, условия произрастания, естественные пороки — сучки, косослой, трещины, гнили и др.

Механические свойства древесины характеризуются ее прочностью, жесткостью, упругостью и твердостью при действии статических, ударных, вибрационных и долговременных нагрузок. Показатели механических свойств древесины обычно определяются при действии на нее нагрузок следующих видов: растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб продольный и поперечный, кручение. Древесину на действие всех этих сил испытывают в соответствии с ГОСТ 6336—52 «Лесоматериалы. Методы физико-механических испытаний древесины». Рассмотрим важнейшие показатели основных механических свойств древесины лиственницы.

Растяжение

Растяжением называется деформация под действием двух равных и направленных в противоположные стороны сил. Многие исследователи механических свойств древесины лиственницы, особенно в последние годы, не определяли сопротивление

древесины на растяжение вдоль волокон. Это вызвано тем, что при изготовлении образцов для испытания на растяжение трудно избежать перерезания волокон древесины. Поэтому получающиеся показатели сопротивления растяжению вдоль волокон очень изменчивы и недостаточно надежно характеризуют прочность древесины на этот вид нагрузки.

Приведем некоторые данные, имевшиеся в бывшем ГОСТ 4631—49 «Показатели физико-механических свойств древесины». Предел прочности при растяжении вдоль волокон при влажности 15% дается в нем равным 1291 кг/см^2 для древесины лиственницы сибирской из северных районов европейской части СССР, а для той же древесины из Западной Сибири 1205 кг/см^2 . Для древесины сосны этот показатель колеблется от 841 до 1150 кг/см^2 . По исследованиям Института леса АН СССР (В. Е. Москалева), предел прочности при растяжении вдоль волокон древесины лиственницы сибирской из Новосибирской области равен 1205 кг/см^2 , а для лиственницы из Красноярского края — 1175 кг/см^2 [36].

В. Е. Вихров (Институт леса АН СССР) определял временное сопротивление растяжению ранней и поздней древесины лиственницы сибирской и установил, что поздняя древесина в несколько раз прочнее ранней: сопротивление поздней древесины было равно 1510 кг/см^2 , а ранней только 442 кг/см^2 [9].

Интересен его подсчет прочности на растяжение, исходя не из полной площади поперечного сечения образцов, а из площади сечения только оболочек трахеид, т. е. с учетом поверхностной пористости древесины. В результате такого подсчета В. Е. Вихров получил следующие показатели прочности на растяжение: в ранней древесине 1300 кг/см^2 и в поздней 1910 кг/см^2 . В итоге исследований он пришел к выводу, что прочность поздней древесины лиственницы зависит от толщины оболочек трахеид и от размеров их полостей.

При испытании древесины лиственницы на растяжение поперек волокон обнаруживается ее незначительное сопротивление, едва достигающее 25 кг/см^2 , что во много раз меньше ее сопротивления растяжению вдоль волокон. Прочность древесины лиственницы при действии растягивающих сил в радиальном направлении несколько выше, чем в тангенциальном. Это объясняется дополнительным сопротивлением растяжению, оказываемым сердцевинными лучами.

Сжатие

Сжатие — это деформация тела под нагрузкой, представляющей собой две равные и направленные навстречу друг другу силы. По характеру деформации сжатие противоположно растяжению. Лучше всего древесина лиственницы сопротивляется

сжатию вдоль волокон и хуже поперек, особенно в радиальном направлении. Согласно ГОСТ 4631—49 предел прочности при сжатии вдоль волокон древесины лиственницы сибирской при влажности 15% составляет от 511 до 615 кг/см². По исследованиям В. Е. Москалевой [36], древесина лиственницы сибирской из Томского леспромхоза Новосибирской области имеет сопротивление сжатию вдоль волокон 427 кг/см², а из Красноярского леспромхоза Красноярского края 422 кг/см².

По исследованиям А. Г. Вольтера, А. И. Терлецкого, Н. Л. Леонтьева и др. [37], предел прочности древесины лиственницы даурской при сжатии вдоль волокон составляет от 466 до 689 кг/см². В. П. Маркарянц и В. В. Гущина в Сибирском технологическом институте установили [29], что прочность при сжатии вдоль волокон древесины лиственницы сибирской в среднем можно считать равной 547 кг/см². В табл. 7 приведены средние показатели предела прочности при сжатии вдоль и поперек волокон для древесины лиственницы из различных районов произрастания.

Таблица 7

Показатели свойств	Район произрастания									
	Бирюсинская лесная дача	Бассейн р. Маны	Новосибирская область	Красноярский край	Архангельская область	Урал	Иркутская область	Бурятская АССР	Лесная дача ТСХА	Коми АССР
Предел прочности при сжатии вдоль волокон кг/см ² . .	546	531	615	608	564	471	516	534	541	542
Условный предел прочности при сжатии поперек волокон в кг/см ²										
в радиальном направлении .	—	46	—	—	—	44	42	43	—	—
в тангенциальном направлении	—	73	—	—	—	63	73	67	—	—

Из табл. 7 видно, что прочность древесины лиственницы при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении в 1,5 раза выше, чем в радиальном. В свою очередь, прочность на сжатие вдоль волокон в 8 раз выше, чем в тангенциальном направлении. Повышенная прочность древесины лиственницы на сжатие поперек волокон в тангенциальном направлении по сравнению с радиальным объясняется резкой неоднородностью строения годового слоя: при сжатии в радиальном направлении

разрушению подвергается в первую очередь ранняя древесина, за счет которой и происходит уплотнение образца. При тангенциальном же сжатии с самого начала принимает участие поздняя древесина, благодаря чему сопротивление получается выше.

Сравнивая показатели прочности на сжатие вдоль волокон древесины лиственницы с аналогичными показателями для твердолиственных пород, нетрудно установить, что по этому показателю древесина лиственницы почти не уступает им. По старым исследованиям Н. А. Филиппова, древесина лиственницы сибирской имеет средние показатели временного сопротивления сжатию вдоль волокон даже выше (757 кг/см^2), чем

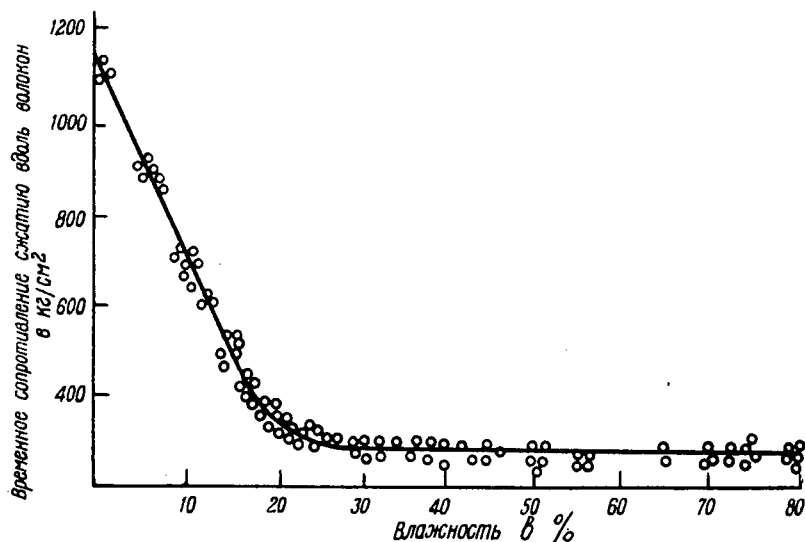


Рис. 10. Влияние влажности на сопротивление древесины лиственницы даурской сжатию вдоль волокон (по А. И. Терлецкому)

у большинства твердолиственных пород: дуб — 562 кг/см^2 , ясень — 684 кг/см^2 , граб — 647 кг/см^2 , клен — 584 кг/см^2 , тис — 488 кг/см^2 и др.

На сопротивление древесины сжатию вдоль волокон существенное влияние оказывает влажность. Для иллюстрации этого положения на рис. 10 приведена кривая влияния влажности на сопротивление древесины лиственницы даурской сжатию вдоль волокон по А. И. Терлецкому.

Из приведенного графика видно, что особенно сильное влияние влажность оказывает в пределах гигроскопичности древесины. При увеличении влажности сверх предела гигроскопичности влияние ее на прочность древесины при сжатии вдоль волокон практически ничтожно. Это послужило поводом Н. Л. Леонтьеву предложить новый метод определения показателя

телей механических свойств древесины при влажности выше предела гигроскопичности [25]. Для определения прочностных показателей древесины при влажности в пределах гигроскопичности, например при 15%, производится соответствующий пересчет по формулам.

Сдвиг

Сдвигом называется деформация древесины, происходящая вследствие действия касательных напряжений, т. е. напряжений, стремящихся сдвинуть одни слои древесины относительно других. Характер деформации при сдвиге в древесине может быть различным в зависимости от направления действия приложенных сил. Если силы действуют вдоль волокон, то сдвиг называют скалыванием, а если поперек, то перерезыванием.

Если на сжатие и растяжение вдоль волокон древесина работает хорошо, то на скалывание в том же направлении она имеет весьма невысокие показатели. Так, по ГОСТ 6431—49 предел прочности древесины лиственницы при скалывании в радиальной плоскости составляет 77—115 кг/см², а в тангенциальной — 60—120 кг/см². Для лиственницы сибирской В. Е. Москалевой найдены также пределы прочности при скалывании вдоль волокон: в радиальной плоскости — 85 кг/см² и в тангенциальной — 78 кг/см² [36]. Ею же для древесины лиственницы даурской из Якутской АССР найдены почти одинаковые показатели прочности на скалывание как в радиальной, так и в тангенциальной плоскостях: соответственно 91 и 90 кг/см² [37]. В. П. Маркарянц и В. В. Гущина для лиственницы сибирской из Бирюсинской лесной дачи нашли пределы прочности при скалывании вдоль волокон 97 кг/см² в радиальной плоскости и 83 кг/см² в тангенциальной [29].

Из приведенных показателей прочности древесины лиственницы на скалывание вдоль волокон вытекает, что для нее нет четко выраженного различия в прочности при действии сил в радиальном и тангенциальном направлениях. Эти отклонения в ту или иную сторону не превышают 10—12%.

Другие случаи действия на древесину лиственницы сил сдвига, т. е. перерезывание и скалывание поперек волокон, не изучены.

Раскалывание

По действию сил и характеру разрушения раскалывание напоминает растяжение поперек волокон. Раскалывание древесины обусловлено малым сцеплением волокон друг с другом по их длине. Сопротивление древесины лиственницы раскалыва-

ванию вдоль волокон невелико — в среднем 12—14 кг/см². Разница в показателях прочности древесины лиственницы на раскалывание в радиальной и тангенциальной плоскостях небольшая. Это объясняется тем, что в древесине лиственницы сердцевинные лучи коротки и поэтому мало способствуют увеличению раскалывания в радиальном направлении.

С другой стороны, значительное различие в плотности ранней и поздней древесины, а также отсутствие сколько-нибудь заметного сдерживающего влияния сердцевинных лучей способствует повышенному раскалыванию древесины лиственницы в тангенциальной плоскости. По всем этим причинам раскалывание древесины лиственницы в тангенциальной и радиальной плоскостях оказывается почти одинаковым, чего нельзя сказать про древесину других пород, имеющих широкие и длинные сердцевинные лучи и меньшее различие в плотности ранней и поздней древесины. У такой древесины сопротивление раскалыванию в тангенциальной плоскости больше, чем в радиальной.

Статический изгиб

Изгиб — это такая деформация древесины под действием внешних сил, в результате которой происходит изменение ее кривизны. Древесина лиственницы хорошо сопротивляется изгибу. В зависимости от характера нагрузки различают статический и ударный изгиб. Предел прочности древесины лиственницы при статическом изгибе при влажности 15% составляет 964—1062 кг/см² согласно ГОСТ 4631—49.

По данным Института леса АН СССР (В. Е. Москалева), предел прочности древесины лиственницы сибирской на статический изгиб составляет 970—980 кг/см² [36], а по В. П. Маркарянцу и В. В. Гушиной [39] он равен 982—1030 кг/см², превосходя предел прочности бука (787 кг/см²) и ясеня (814 кг/см²).

Показатель прочности на изгиб для лиственницы даурской весьма высок. По данным А. И. Терлецкого, он достигает 1323 кг/см² [37].

Наиболее полные исследования физико-механических свойств древесины лиственницы даурской были проведены Н. Л. Леоновым. Эти исследования показали, что древесина лиственницы даурской имеет очень высокую прочность и по физико-механическим свойствам мало уступает древесине лиственницы сибирской. Им также было установлено, что между пределом прочности древесины лиственницы даурской на статический изгиб (и другими показателями прочности) и процентом поздней древесины существует высокая степень корреляции. Коэффициенты корреляции колеблются от +0,71 до +0,92 [37].

Ввиду большого различия в объемном весе ранней и поздней древесины лиственницы наблюдается большое различие в пределах прочности древесины на статический изгиб в разных зонах годового слоя. По исследованиям В. Е. Вихрова в Институте леса АН СССР [9], этот показатель прочности равен для поздней древесины 2509 кг/см^2 и для ранней — 483 кг/см^2 при влажности в обоих случаях 9—10%. Предел прочности ранней и поздней древесины лиственницы при статическом изгибе в состоянии насыщения волокна (влажность 30%) равен соответственно 258 и 1047 кг/см^2 . Из приведенных цифр видно, что в сухом состоянии прочность поздней древесины в 5,2 раза выше, чем ранней, и что влажность древесины оказывает большое влияние на показатели прочности.

В зависимости от направления изгибающего усилия по отношению к годовым слоям различают статический изгиб в радиальной и тангенциальной плоскостях. Приведенные показатели прочности древесины лиственницы на изгиб получены при тангенциальном изгибе (изгибающие усилия направлены в тангенциальном направлении). Хотя ГОСТ 6336—52 для древесины хвойных пород рекомендует испытывать прочность на изгиб также и в радиальной плоскости, однако данных по радиальному изгибу для древесины лиственницы нет (очевидно, потому, что тангенциальный изгиб дает более устойчивые результаты испытаний, чем радиальный). Прочность древесины лиственницы на статический изгиб в тангенциальном направлении несколько выше, чем в радиальном, что объясняется вертикальным расположением пластинок более плотной поздней древесины при тангенциальном изгибе.

Ударный изгиб

Ударным изгибом можно назвать деформацию древесины, возникающую при внезапном приложении к ней внешних сил или при взаимодействии ее с другим движущимся телом, в результате чего происходит изменение ее кривизны. Момент удара связан со значительным изменением скоростей частиц тела за очень короткий промежуток времени, благодаря чему на площадке контакта соударяющихся тел возникают большие силы взаимодействия.

При испытании древесины на ударный изгиб определяется ее динамическая прочность, т. е. кинетическая энергия ударяющего тела, которая вызывает разрушение древесины. Свойства, проявляющиеся у древесины при ударной нагрузке, отличаются от свойств при медленном, т. е. статическом нагружении. Сопротивление древесины лиственницы ударному изгибу в тангенциальной плоскости характеризуется показателями от 0,23 до $0,33 \text{ кгм/см}^3$ по ГОСТ 4631—49. По исследованиям Н. Л. Ле-

онтьева, удельная работа при ударном изгибе лиственницы даурской в среднем равна $0,17 \text{ кгм/см}^3$ [37].

В. Е. Москалева (Институт леса АН СССР) для древесины лиственницы сибирской нашла, что ее сопротивление ударному изгибу равно $0,26—0,28 \text{ кгм/см}^3$. Для древесины лиственницы европейской В. П. Левченко определил удельную работу при ударном изгибе от $0,30$ до $0,34 \text{ кгм/см}^3$ [21]. Для сравнения можно привести прочность на ударный изгиб древесины других пород: дуб — $0,37 \text{ кгм/см}^3$, береза — $0,41—0,54 \text{ кгм/см}^3$ и сосна — $0,14—0,23 \text{ кгм/см}^3$.

Древесина лиственницы обладает наиболее высокой прочностью на ударный изгиб по сравнению с древесиной других основных хвойных пород — сосны, ели, пихты и кедра.

Твердость

Твердостью называется сопротивление твердого тела, в частности древесины, изменению формы (деформированию) либо разрушению в поверхностном слое при местных силовых контактных воздействиях. Методы определения твердости можно подразделить на две группы — статические и динамические. Наибольшее распространение из них получили методы, основанные на вдавливании в древесину стальной полусферы (статический метод). Этим методом твердость древесины определяется как сопротивление ее остаточной деформации.

Практическое применение находят также динамические методы испытаний на твердость. Они основаны на нанесении отпечатка стальным шариком при ударной нагрузке. В этом случае твердость определяется как сопротивление материала упругому деформированию при ударе. Статическая твердость измеряется в кг/см^2 , а ударная в $\text{г} \cdot \text{мм/мм}^2$. В зависимости от направления приложения сил различают твердость торцовую, радиальную и тангенциальную.

Твердость древесины лиственницы в торцовом направлении превышает твердость в тангенциальном и радиальном направлениях примерно в 1,3 раза. Поздняя древесина значительно тверже ранней. Твердость древесины в большой степени зависит от влажности. Статическая твердость древесины лиственницы сибирской в торцовом направлении при влажности 15% в среднем колеблется от 380 до 480 кг/см^2 . По классификации Л. М. Перелыгина, лиственница относится к умеренно мягким породам (твердость $351—500 \text{ кг/см}^2$).

По исследованиям Института леса АН СССР (В. Е. Москалева), статическая твердость древесины лиственницы сибирской в торцовом направлении в среднем равна $380—384 \text{ кг/см}^2$ [36], а по данным Н. Л. Леонтьева, статическая твердость древесины лиственницы даурской характеризуется следующими показате-

телями: в торцовом направлении — 346 кг/см^2 , в радиальном — 249 кг/см^2 и в тангенциальном — 256 кг/см^2 [37]. По другим данным (по Янка) эти показатели соответственно равны 396, 328 и 337 кг/см^2 .

По ударной твердости древесины лиственницы было мало исследований. В ГОСТ 4631—49 приводятся данные по ударной твердости древесины лиственницы сибирской, которая составляет $868—1028 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$. В. Е. Москалева указывает, что ударная твердость древесины лиственницы при объемном весе $0,72 \text{ г/см}^3$ составляет $1041 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$. Для древесины лиственницы сибирской с объемным весом $0,64 \text{ г/см}^3$ ударная твердость равна $803 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$, а с объемным весом $0,66 \text{ г/см}^3$ — $952 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$ [36]. По данным С. И. Ванина [7], твердость древесины лиственницы сибирской выше, чем у березы ($839 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$), бука ($915 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$) и ясеня ($775 \text{ г} \cdot \text{мм/мм}^2$). Для древесины лиственницы даурской сведения о таких показателях нам не известны.

Модуль упругости

Модуль упругости — один из важных механических показателей древесины, характеризующий свойство материала давать большую или меньшую деформацию под воздействием нагрузки. По величине модуля упругости судят о жесткости (устойчивости) материала в пределах упругости. Древесина лиственницы имеет очень высокий модуль упругости (до $151\,000 \text{ кг/см}^2$) по сравнению с древесиной других пород.

Из различных видов лиственницы наиболее высокий модуль упругости при статическом изгибе у древесины лиственницы сибирской — от $122\,000$ до $132\,000 \text{ кг/см}^2$ [36], который в отдельных случаях (лиственница из Бирюсинской лесной дачи) достигает $151\,000 \text{ кг/см}^2$ [29]. Модуль упругости у древесины дуба почти в 2 раза ниже — $73\,000 \text{ кг/см}^2$. Даже при влажности 30% модуль упругости древесины лиственницы составляет $110\,000 \text{ кг/см}^2$ [25].

Модуль упругости древесины лиственницы сибирской (из бассейна р. Маны) при сжатии вдоль волокон составляет в среднем $117\,000 \text{ кг/см}^2$ [29]. При растяжении поперек волокон модуль упругости для древесины лиственницы примерно в 25–30 раз ниже, чем при растяжении вдоль волокон.

Из других показателей механических свойств древесины лиственницы следует отметить предел усталости, составляющий, по исследованиям А. Ю. Педдера [7], 326 кг/см^2 при изгибе и 147 кг/см^2 при кручении. Для древесины сосны эти показатели соответственно равны 191 и 76 кг/см^2 . Предел усталости у древесины лиственницы весьма высок.

Коэффициент весового качества, представляющий собой отношение прочности материала к его объемному весу, при растяжении вдоль волокон для древесины лиственницы также высок (1800—1970), что ставит ее в один ряд с такими конструкционными материалами, как профилированная сталь (1600—2000) и дюралюминий (1800).

Большое практическое значение имеет длительное сопротивление древесины лиственницы. Из обстоятельных исследований Н. Л. Леонтьева вытекает, что при длительном воздействии нагрузки прочность древесины существенно понижается. Ориентировочные пределы длительного сопротивления древесины лиственницы (в кг/см^2), по данным Н. Л. Леонтьева, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Вид нагрузки	Предел прочности по ГОСТ 4631—49	Предел прочности при длительном сопротивлении в сутках				
		1	10	100	1000	10000
Растяжение вдоль волокон	1227	1043	988	933	878	823
Сжатие вдоль волокон	553	406	363	320	277	234

Как видно из этих данных, при длительном сопротивлении древесины лиственницы происходит существенное уменьшение ее прочности, особенно при сжатии вдоль волокон.

Заканчивая краткий и далеко не полный обзор механических свойств древесины лиственницы, следует еще раз отметить их большое практическое значение для механической обработки, сушки, гнутья, прессования, отделки и других видов обработки.

ГЛАВА V

ПИЛЕНИЕ ЛИСТВЕННИЧНОГО СЫРЬЯ

До настоящего времени лесопильные заводы Сибири и Дальнего Востока перерабатывали лиственничного пиловочника не более 10—15% от объема ежегодно распиливаемого сырья.

Потребность страны в хвойных пиломатериалах удовлетворялась главным образом за счет переработки сосновой, еловой и на Востоке — кедровой древесины.

При широком внедрении древесины лиственницы в промышленность, наряду с изысканием возможных путей ее переработки и областей применения, должны быть решены и вопросы ее рационального использования на всех стадиях обработки.

Для рационального использования лиственницы в лесопилении необходимо глубже изучить ее количественную и качественную характеристику, исследовать влияние различных факторов на полезный выход пилопродукции: тщательности сортировки бревен перед раскромом; поставов, спецификаций, способов раскроя и т. д. Кроме того, потребуются решение всего комплекса вопросов по обеспечению высокой производительности труда и необходимой точности выпилки лиственничных пиломатериалов [6], [75].

Рядом проведенных исследований доказано, что пиление древесины лиственницы, несмотря на ее специфические физико-механические свойства, по сравнению с сосной и другими хвойными породами, практически не представляет трудностей.

Следовательно, значительное увеличение объема производства пиломатериалов из лиственницы при современной технической вооруженности лесопиления — задача вполне достижимая и реальная.

Размерная характеристика лиственничного пиловочного сырья

Примерное распределение лиственничных бревен по диаметрам для всего сырья и в зависимости от места вырезки из

хлыста, по исследованиям Ю. Р. Бокщанина, представлено на рис. 11.

Из приведенных материалов видно, что в лиственничном пиловочнике преобладают бревна диаметром 28—42 см, составляющие около 75% от общего объема пиловочника. Тонкое сырье диаметром от 22 см и меньше, равно как и толстое сырье диаметром от 48 см и выше, в общей массе сырья составляет не более 3%.

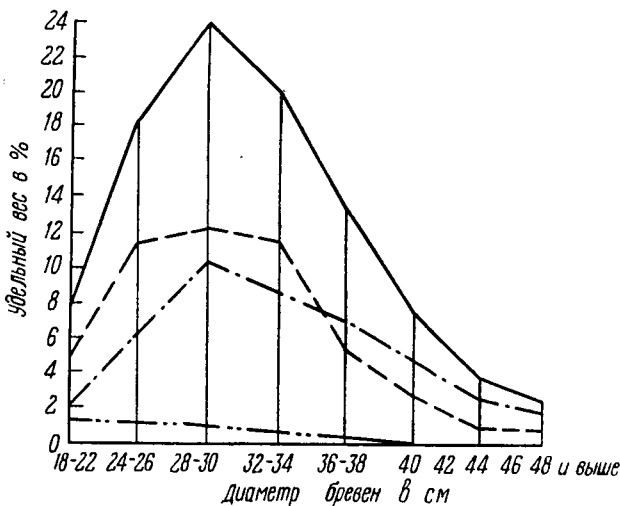


Рис. 11. Удельный вес лиственничных бревен по диаметрам и месту вырезки из хлыстов:

- удельный вес всех бревен;
- — — — — то же комлевых бревен;
- · - · - то же вторых и третьих бревен;
- · · · · то же вершинных бревен

Для соснового сырья Сибири характерно преобладание бревен диаметром 30—40 см. Следовательно, по размерам наиболее часто встречающихся толщин лиственница и сосна равноценны.

В лиственничном пиловочнике наибольший удельный вес имеют бревна средней вырезки. Вершинные бревна встречаются сравнительно реже. Удельный вес комлевых бревен меньше, чем средних, однако он возрастает в крупном сырье диаметром от 36 см и выше.

Средняя длина лиственничных пиловочных бревен 5,7 м. Основную массу сырья составляют бревна длиной 4,5—6,5 м, причем бревен длиной 5,5 м около 50%.

Сбежистость лиственничных бревен, по данным Ю. Р. Бокщанина, представлена в табл. 9, откуда видно, что они имеют большую сбежистость, чем бревна других хвойных пород.

Таблица 9

Диаметр бревен в см	Сбег лиственничных бревен, по данным Ю. Р. Бокщанина			Диаметр бревен в см	Сбег бревен, по данным Г. Г. Титкова
	комлевые бревна	некомлевые бревна	комлевые и некомлевые вместе		
18—22	1,48	0,92	1,09	14—18	0,8
24—26	1,64	0,88	1,12	20—22	0,9
28—30	1,92	0,92	1,32	24—26	1,0
32—34	2,07	0,98	1,46	28—30	1,10
36—38	2,26	0,98	1,64	32—34	1,15
40—42	2,2	1,01	1,71	36—38	1,25
44—46	2,23	1,04	1,76	40—42	1,35
48	2,38	1,43	2,02	44—46	1,45
				48—50	1,55
Средний сбег по всем диаметрам	1,03	0,95	1,42	60 и более	1,80
					1,0

Сбежистость у комлевых лиственничных бревен больше, чем у средних и вершинных, вместе взятых.

Большая сбежистость лиственничных бревен предопределяет необходимость разработки для них специальных поставов, обеспечивающих наилучшее использование зоны сбega.

Встречающиеся отдельные чрезмерно сбежистые бревна до распиловки целесообразно укорачивать до соотношения диаметров тонкого и толстого концов не менее чем 0,7. Это даст увеличение цилиндрической зоны бревен, которая при раскрое используется наилучшим образом. При укорочении сбежистых бревен ниже указанного предела объем цилиндрической зоны в общей кубатуре бревна уменьшается.

Чрезмерно сбежистые необрезные доски следует также укорачивать на размер $\frac{l}{3}$ (l — расстояние от предполагаемой вершины параболы до комлевого конца доски), что увеличивает полезный выход при продольном раскрое.

Распространение различных пороков в лиственничных бревнах и пиломатериалах

Различные сортообразующие пороки (по Ю. Р. Бокщанину), встречающиеся в лиственничном пиловочном сырье, представлены в процентах в табл. 10.

Сучки являются основным пороком лиственничных пиловочных бревен. Сортность по сучкам по ГОСТ 1047—51 устанавливается у 53% бревен. Указанный порок определяется размерами сучков и их количеством на поверхности бревна.

Таблица 10

Диаметр бревен в см	Количество бревен с пороками											
	с сучками		с трещинами		с гнилью		с кривизной		прочие пороки роста дерева		технический брак раскряжевки	
	всего	в том числе сортаобразующими	всего	в том числе сортаобразующими	всего	в том числе сортаобразующей	всего	в том числе сортаобразующей	всего	в том числе сортаобразующие	всего	в том числе сортаобразующий
18—22	77	57,5	5	1,4	8	4	28	15	8	3	2,5	0,7
24—26	73	55	14,3	8,0	11	5,5	17,5	8,5	8,7	4,7	2,3	1,0
28—30	66	51	24,6	12,5	10	5,6	15,5	6,7	10	4,4	2,4	1,2
32—34	64	49	32,7	20,4	10	5,1	12,5	5,7	9	3,4	2,5	1,2
36—38	62	45	46	27,5	11	5,2	11,5	3,5	12,5	3,2	3,1	0,9
40—42	54	42	60	35	11,5	4,2	6,5	1,5	14,0	2,5	3,4	1,4
44—46	52,5	37	77	41,5	13	5,7	6,7	2,5	11,3	2,5	3,4	0,9
48 и выше	50	42	81	44	17	5,7	3,5	1,3	14	2,7	1,4	—
Среднее по всем диаметрам	65	48,8	34,5	19,3	10,7	5,2	14	6,3	10,1	3,3	2,7	1,0

Количество лиственничных бревен с этим пороком по Ю. Р. Бокшанину составляет:

Размеры сучков на поверхности бревна в мм до 30 41—50 51—60 61 и более

Примерное количество бревен с сучками в % 25 13,4 8,9 16,3

Количество сучков на поверхности бревна в шт. 1—2 3—4 5—6 10 и более

Примерное количество бревен с сучками в % 16 14 11 12

Из приведенных данных видно, что лиственничные бревна сравнительно мало сучковаты: бревна с сучками на поверхности свыше 10 шт. составляют всего 12%. В целом, в общей массе лиственничного пиловочника преобладают бессучковые бревна и с сучками небольших размеров (до 3 мм), при количестве их не более 4 штук на бревне.

Бревен с крупными сучками, диаметр которых превышает 60 мм, встречается всего 16,3%.

Рыхлые и табачные сучки в лиственничном пиловочнике встречаются редко. Наиболее распространены несросшиеся сучки, которые по количеству в бревнах всех диаметров в несколько раз превосходят сросшиеся. Несросшиеся сучки явля-

ются основным пороком и в пиломатериалах, выпиленных из лиственничных бревен. Сучковатость досок находится в прямой зависимости от сучковатости бревен, при этом с удалением от периферии к оси торца бревна сучковатость досок для всех бревен увеличивается. Однако комлевые бревна в центральной части дают менее сучковатые доски, чем вершинные и срединные.

С увеличением размера сучков на поверхности бревен сучковатость досок как по количеству, так и по размерам сучков увеличивается независимо от того, из какой части бревна выпилена доска.

Распространение сучков разных размеров в досках в зависимости от сучковатости бревен, зональности и расположения доски в бревне можно видеть на рис. 12.

Трещины, метики и отлупы — второй по распространности порок лиственничных пиловочных бревен. Они чаще встречаются в крупномерных бревнах, особенно в комлевых. Трещинами поражено 28,6% лиственничных бревен, из которых для 18,6% бревен трещины являются сортообразующими. В пиломатериалах трещины встречаются в значительно меньшем количестве. Наиболее поражены трещинами доски, выпиленные из центральных зон бревен, однако даже сердцевые доски поражены трещинами менее чем на 50% от количества бревен, имеющих этот порок. Пиломатериалы с трещинами более чем на 50% переходят в низшие сорта — IV и V.

Пиловочник с крупными трещинами целесообразно отсортировать в отдельную группу и направлять ее на выработку брусьев.

При распиловке бревен небольшого диаметра с трещинами следует включать в постав сердцевые вырезки. Для улучшения сортового выхода пиломатериалов из бревен, пораженных трещинами, рационально внедрить браковку и перерезку досок по длине.

Внутренними гнилями поражено 10,7% лиственничного сырья, в том числе 5,2% от всех бревен переводят по этому пороку в низшие сорта. Поражение сырья гнилями повышается с увеличением его размеров. В большей степени этот порок распространен в комлевых бревнах.

При распиловке бревен с гнилью 26—40% центральных досок отсортировываются в IV и V сорта по этому пороку, в то время как в пиломатериалах, выпиленных из периферийной части бревен, гнили немного (2—6,5%). Сердцевые доски, выпиленные из бревен с гнилью учитываемых размеров, оказываются все пораженными гнилью.

Бревна, имеющие гниль в неучитываемых размерах, также снижают сортность сердцевых досок по данному пороку. Как и бревна с трещинами, бревна с гнилью целесообразно отсор-

тировывать в отдельную группу для получения из них брусьев средних сортов. При этом возможно по технологическому признаку объединить бревна с трещинами и гнилью в одну группу, для которой применима распиловка одними поставами.

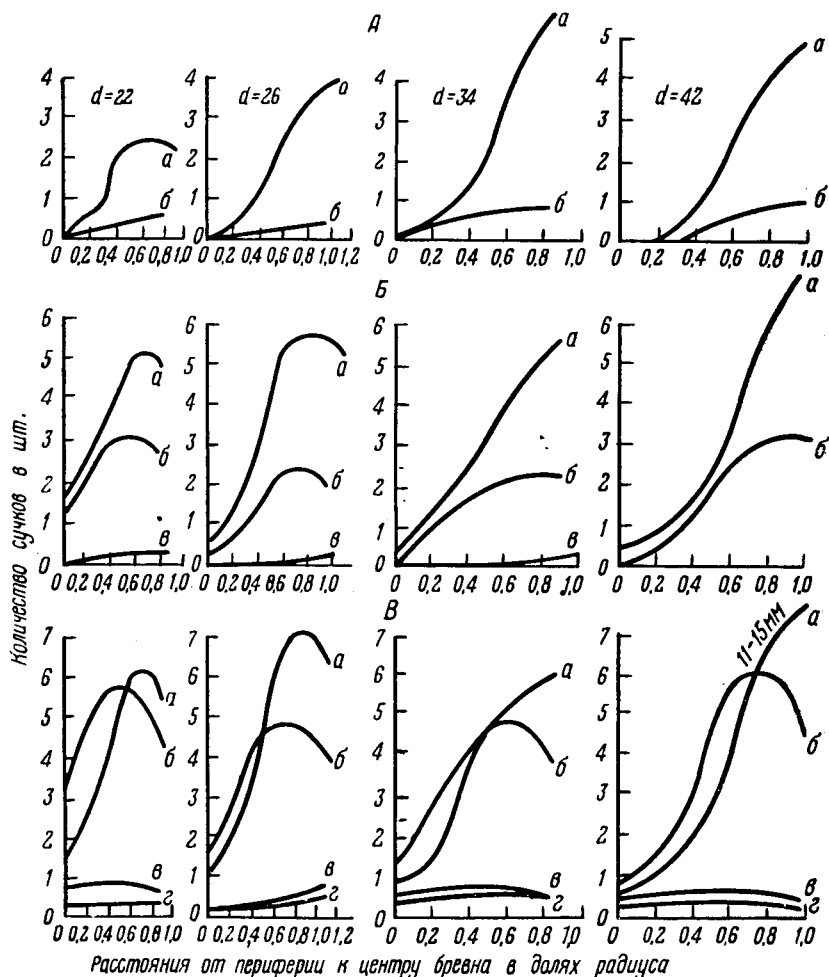


Рис. 12. Количество сучков определенных размеров на пласти досок, полученных на разном расстоянии от периферии к центру торца бревна:

А—бревна без сучков на поверхности; Б—бревна с сучками размером до 30 мм; В—бревна с сучками размером до 80 мм; а—кривые встречаемости сучков размером 11—15 мм; б—кривые встречаемости сучков размером 16—30 мм; в—кривые встречаемости сучков размером 31—40 мм; г—кривые встречаемости сучков размером до 80 мм

Для повышения сортности пиломатериалов, выпиленных из бревен с гнилью неучитываемых размеров, необходима их

браковка и расторцовка по длине с целью удаления явно дефектных мест.

Кривизна — весьма распространенный порок формы в листовенничном пиловочном сырье — наблюдается у 14% бревен, в том числе 6,3% из них получает сортность по этому пороку.

Кривизна бревен оказывает значительное влияние на общий количественный выход выпиливаемых из них пиломатериалов. Так, кривизна в 1% уменьшает выход чистообрезных досок на 8—12%. При равной кривизне тонкие бревна дают большие потери выхода, чем толстые.

Для уменьшения влияния кривизны бревен на размеры и выход пиломатериалов необходимо при подготовке сырья к раскрою кривые бревна раскраивать пополам. При этом стрела кривизны каждой половины бревна уменьшается в 4 раза.

Кривые длинные доски перед обрезкой целесообразно расторцовывать или (что еще выгоднее) пускать их без обрезки в раскрой на короткие заготовки.

Прочие пороки древесины листовенничного пиловочника, в том числе и пороки формы, встречаются у 10% бревен и снижают сортность у 3,3% бревен.

Сортировка листовенничного пиловочного сырья по качеству и посортный состав получаемых пиломатериалов

Задача рационального раскроя бревен — получение максимально возможного количественного, качественного и спецификационного выходов пилопродукции. В этих целях раскрой бревен необходимо вести с учетом как размерных, так и качественных особенностей пиловочного сырья. Некоторые рекомендации по распиловке листовенничных бревен, имеющих те или иные особенности формы и качества древесины, были даны выше (для кривых, сильно сбежистых бревен, а также для бревен с внутренней гнилью и крупными трещинами).

При выработке спецификационных пиломатериалов большое значение для повышения выхода высококачественной продукции имеет правильный подбор бревен по зональности распространения в них основных сортообразующих пороков с тем, чтобы каждая качественная группа в целом и в определенных зонах давала максимальное количество пиломатериалов нужного сорта.

Основной сортообразующий порок листовенничных пиловочных бревен — сучки. По исследованиям Ю. Р. Бокщанина, наиболее целесообразно выделять три качественные группы бревен с этим пороком. В первую группу включены бревна без сучков,

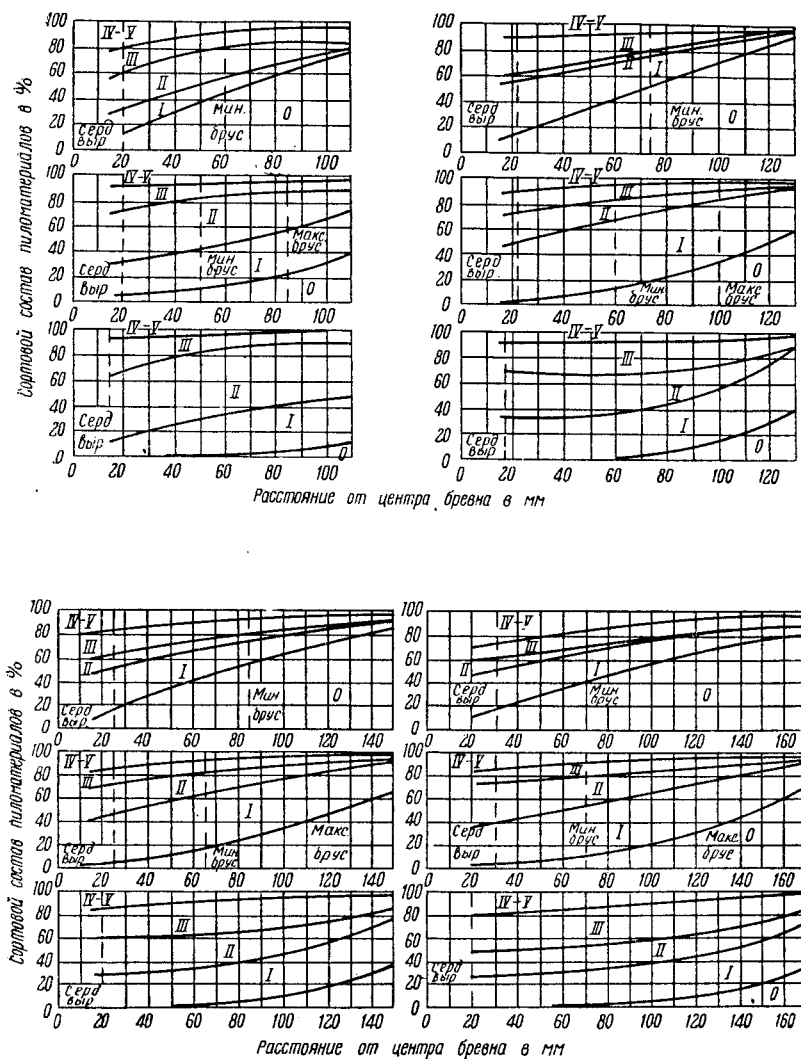
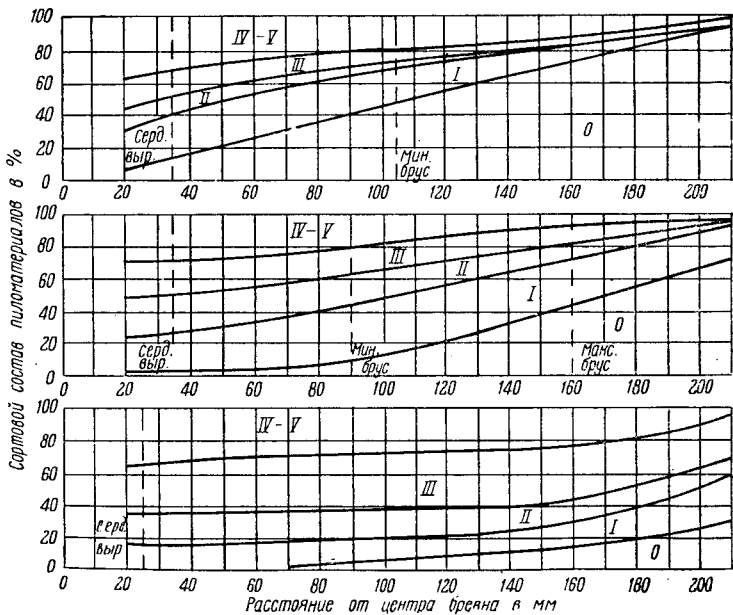
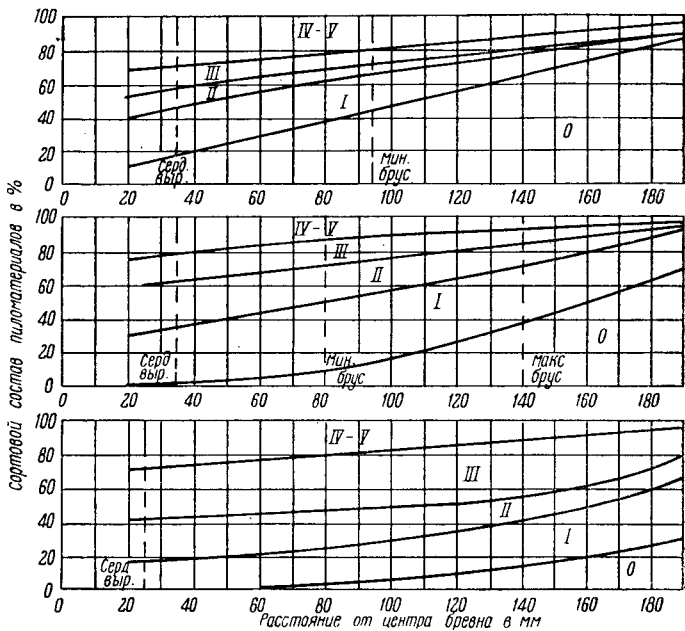


Рис. 13. График сортового состава по группам сырья (расстояние от центра бревна до периферии 100—160 мм)



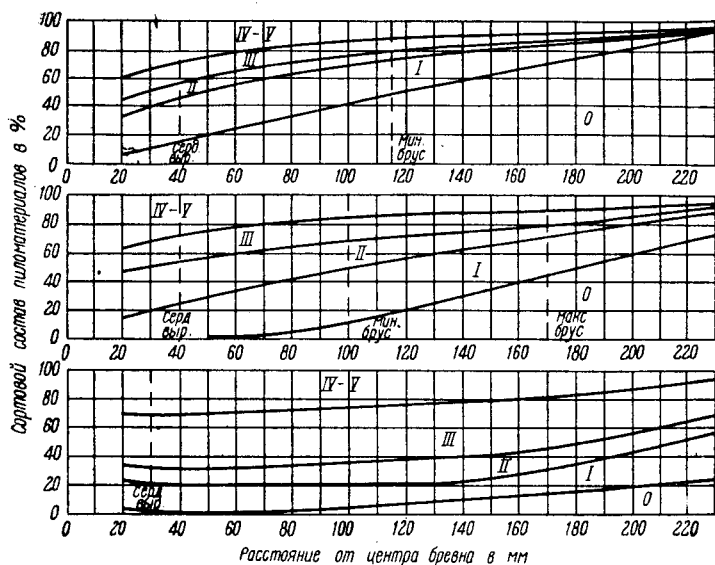


Рис. 14. График сортового состава по группам сырья (расстояние от центра бревна до периферии 180—220 мм)

составляющие в общей массе сырья около 35%. Сучки размером до 10 мм не учитываются.

Во вторую группу включены бревна с сучками размером до 30 мм и с одиночными сучками (1—2 сучка) до 50 мм. Удельный вес таких бревен в сырье составляет около 25%.

В третью группу, составляющую около 40% от всего сырья, включены бревна с сучками до 80 мм. Количество основных сучков в бревнах второй и третьей групп не регламентируется, за исключением единичных во второй группе.

Посортный состав пиломатериалов, выпиливаемых из различных зон бревен каждой группы, по данным Ю. Р. Бокщина, приведен на графиках (рис. 13, 14).

На представленных графиках посортный состав пиломатериалов в каждой зоне дается нарастающим итогом в процентах от объема пиломатериалов зоны. Здесь же даются рекомендации на минимальные сердцевые вырезки и центральный брус. Графики качества древесины можно использовать для планирования и выработки пиломатериалов определенного назначения и сортности.

В этих целях, при необходимости выполнения заданной спецификации на пилопродукцию, по графикам нужно выбрать наиболее соответствующую группу бревен. При составлении поставов для этих бревен доски следует размещать в соответствии с их назначением и качеством отдельных зон бревен.

Возможный объемный выход пилопродукции в этих случаях должен определяться по графику-квадранту с использованием других имеющихся в литературе материалов и рекомендаций [6].

По графикам качества древесины выявляется определенное назначение выделенных групп бревен. Бревна первой группы дают наибольшее количество пиломатериалов отборного и I сортов по ГОСТ 8486—57. Пиломатериалы отборного сорта следует вырабатывать из периферийной зоны этих бревен, за пределами 0,4—0,5 радиуса от центра торца. Центральные зоны дают около 60% пиломатериалов I и II сортов.

Из бревен второй группы в периферийной части получают в основном пиломатериалы первого и частично отборного сортов, а в центральной зоне — пиломатериалы III и IV сортов.

Бревна третьей группы во всех зонах дают в основном пиломатериалы II и III сортов с преобладанием II сорта в периферийной зоне (за пределами 0,4—0,5 радиуса от центра торца) и пиломатериалов III сорта в центральной зоне.

Во всех случаях, когда лесопильные заводы имеют заказы на выработку брусьев, последние должны выпиливаться из специально подобранного сырья.

Режимы распиловки лиственничной древесины

На распиловку лиственничной древесины влияет главным образом засмаливание пил клейким веществом гумми и смолами. Засмаливание зависит от влажности лиственничных бревен [75]. С уменьшением процента влажности засмаливаемость пил увеличивается, а поэтому лиственничное сырье целесообразнее хранить в плотных штабелях без прокладок, в бассейнах или в неокоренном виде.

В процессе пиления на зубчатом венце и полотне пил образуются твердые наросты (брикеты), состоящие в основном из опилок (66—67%) и гумми (32—33%). Истинных смол оказывается на полотнах не более 1%. Объемный вес этих брикетов часто превышает объемный вес цельной древесины. Засмаливание нарушает нормальную работу пильных полотен, вызывает искажение формы выпиливаемых пиломатериалов и ухудшение качества поверхности распила, обусловливая снижение посылок и производительности лесопильных рам.

Для уменьшения засмаливания пил при распиловке лиственничной древесины необходимы прежде всего правильный технический надзор за состоянием оборудования и особая тщательность в подготовке пил и станка к работе. Наиболее производителен трехупряжный режим работы рам, позволяющий при использовании более острых пил применять оптимальные посылки.

Надежное средство против засмаливания — поливка пил водой с регулировкой расхода воды в соответствии с потребностями. Поливочное устройство просто по конструкции [75] и может быть изготовлено силами предприятия. Температура воды для поливки не должна превышать 6°C , так как основная цель поливки — добиться охлаждения пил и снижения клейкости гумми. При нагревании пил в работе летом следует организовывать поливку более интенсивно, а зимой можно ограничиваться периодической поливкой. Наибольший расход воды при поливке пил посредством приспособлений может быть при 7-часовой смене — 250—300 л. При наибольшей влажности древесины расход воды наименьший.

Зимой в неотапливаемых цехах во избежание обледенения агрегата рекомендуется распиловка лиственницы с пропуском через каждые 5—7 бревен лиственницы одного бревна сосны (при наличии заказов на данный период времени по сосновому пиломатериалу). Зимой лиственничные бревна следует выдерживать в отепленном бассейне не менее 4—5 ч.

С соблюдением всех указанных мероприятий и учетом повышенной сбежистости лиственничного сырья, особенно для крупных бревен, посылки при распиловке лиственницы на вертикальных рамах с ходом 500 мм можно принять равными нормативным посылкам ЦНИИМОД (табл. 11).

Чтобы предотвратить нагрев и засмаливание пил в период распиловки, их следует хорошо подготавливать и правильно устанавливать. По данным ЦНИИМОД, при распиловке лиственничного сырья пилами №№ 13, 14, 15 с профилем зуба угол резания принимается 74° , угол заострения 40° , угол наклона зуба 16° (в зимних условиях уменьшается на $1-2^{\circ}$). Величина развода зубьев на сторону должна быть 0,7—0,8 мм (рекомендуется развод для пил всех толщин).

ГЛАВА VI

СТРОГАНАЯ ФАНЕРА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Строганая фанера в СССР вырабатывается в основном из древесины следующих пород: дуба, ясеня, бука, ильма, амурского бархата; в меньших количествах из древесины ореха, березы, каштана, граба и других пород, предусмотренных ГОСТ 2977—51. В районах Сибири, Урала, а также на Северо-Востоке европейской части СССР эти породы, кроме березы, не произрастают совсем, поэтому здесь нет предприятий по выработке строганой фанеры. Для мебельной промышленности на Урал и в Сибирь, богатые лесом, строганая фанера завозится с Дальнего Востока и из других районов страны в ограниченном количестве.

Толщина бруса в мм	Диаметры бревен в см																							
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
До 100	30	27—28	25	23—24	21—22	20	18	16	15	14	13	12	11	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
110—120		29	26	25	23	21	18	16	15	14	13	12	11	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
130—140			27	25	23	22	19	16	15	14	13	12	11	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
150—160				26	23	22	20	17	16	15	14	13	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
170—180					23	23	21	18	16	15	14	13	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
190—200						23	22	19	17	15	14	13	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
210—220							23	20	18	16	15	14	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
230—240								21	19	17	15	14	12,5	11,5	10,5	8,5	7,5	7,0	6,5	6	5,5	5,0	4,5	
250—260									20	18	16	15	12,5	11,5	11	9,5	8,5	7,5	7	6,5	6	5,5	5,0	
270—280										19	17	15	13,0	12,0	11	9,5	8,5	7,5	7	6,5	6	5,5	5,0	
290—300											18	15	13,0	12,0	11	9,5	8,5	7,5	7	6,5	6	5,5	5,0	

Примечания:

1. Посылка при распиловке в цель определяется по диаметру бревна при наличии бруса толщиной до 100 мм.
2. Посылка при распиловке на брус (первый проход) определяется по диаметру бревна и заданной толщине бруса.

1

Были проведены исследования по изысканию сырья для производства строганой фанеры из древесных пород, произрастающих в Сибири и на Урале, в результате которых установлено, что по физико-механическим свойствам, текстуре и цвету листовенническая древесина наиболее удовлетворяет требованиям, предъявляемым к облицовочным материалам для изделий из древесины.

В настоящее время организован выпуск мебели, облицованной строганой фанерой из древесины лиственницы. Поверхности, облицованные такой фанерой, можно отделять до зеркального блеска. Их естественный цвет имеет приятный золотистый оттенок, изделия можно также подкрашивать, придавая различные цвета и оттенки.

Государственный комитет по лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и лесному хозяйству при Госплане СССР утвердил межреспубликанские технические условия на строганую фанеру из древесины лиственницы МРТУ № 13-06-3 — 63.

Учитывая высокое качество мебели, облицованной строганой фанерой из древесины лиственницы, решается вопрос о дополнении прейскурантов на мебель, где цены на нее будут установлены на уровне цен такой же мебели, облицованной строганой фанерой из дуба, ясеня и бука.

Характеристика строганой фанеры из древесины лиственницы

Строганую фанеру для облицовки изделий из древесины получают строганием на фанерострогальных станках. По сравнению с лущеным шпоном она обладает более высокой прочностью на разрыв поперек волокон; ее трещины менее глубоки и не так многочисленны; класс чистоты поверхности более высокий. Особым достоинством строганой фанеры является богатая и разнообразная текстура, которую можно изменять, устанавливая различное направление строгания фанеры относительно годовых слоев древесины.

Строганую фанеру из лиственницы рекомендуется подразделять на следующие виды [50]: радиальную, полурадиальную и тангенциальную. Отличительными признаками видов строганой фанеры для древесины с ярко выраженными сердцевинными лучами являются направление годовых слоев, вид сердцевинных лучей и площадь листа, занятая ими. Так как на радиальном и тангенциальном срезах лиственничной древесины сердцевинные лучи трудно различать, Свердловский институт лесного хозяйства (В. К. Соловьева и др.) рекомендует следующие отличительные признаки видов строганой фанеры:

радиальная: на $\frac{3}{4}$ площади листа годовые слои расположены близко друг к другу в виде параллельных линий, срезаанных под прямым углом;

полурадиальная: на $\frac{1}{2}$ площади листа годовые слои расположены в виде параллельных линий, несколько удаленных друг от друга, срезаанных под некоторым углом;

тангенциальная: годовые слои срезаны под углом и образуют конусы нарастания или кривые линии с большим удалением друг от друга.

В годовом слое лиственничной древесины четко различаются ранняя и поздняя древесина: поздняя часть годового слоя плотная, темно-бурого цвета; ранняя часть светло-желтого цвета или буроватого оттенка, менее плотная.

На радиальной фанере годовые слои выходят на поверхность узкими полосами, поэтому окраска ранней и поздней древесины часто чередуется, придавая поверхности равномерно окрашенный вид.

Полосы ранней и поздней древесины годового слоя, выходящие на поверхность полурадиальной фанеры, шире, и разница в их окраске просматривается четко, тем более, что поздняя древесина на срезе глянцевая, а ранняя — матовая. Однако равномерное чередование поздней и ранней древесины, параллельность полос придают полурадиальной фанере хорошую текстуру и цвет.

На тангенциальной фанере годовые слои выходят широкими полосами, образуя конусы нарастания или замкнутые кривые. Ширина полос по длине и ширине площади листа неравномерная, поздняя древесина проходит темно-бурой глянцевой полосой по светлым матовым полям ранней древесины.

Итак, для облицовки изделий из древесины наиболее ценная по цвету и текстуре радиальная фанера, несколько хуже полурадиальная, а тангенциальная может применяться лишь в ограниченном количестве.

При разделке бревен на кряжи, продольном раскрое кряжей на ванчesy и брусья, а также при выборе способа строгания необходимо стремиться получать большее количество радиальной и полурадиальной фанеры.

Раскрой сырья на ванчesy и брусья

Сырьем для строганой фанеры из лиственницы являются комлевые бревна диаметром свыше 35 см в верхнем отрубе. Первой технологической операцией рекомендуется раскряжевка бревна по длине. Наибольшее объемное использование достигается при раскрое его на кряжи различной длины. После оторцовки комлевого конца тщательно изучают пороки в бревне, затем намечают схему раскроя, чтобы использовать в первую

очередь комлевую часть для получения кряжей наибольшей длины [34]. Из оставшейся части, в зависимости от пороков, выкраивают кряжи меньшей длины. Размеры кряжей по длине устанавливаются 1,5 м и более с градацией в 0,1 м и припусками от 4 до 6 см.

Вторая технологическая операция — продольный раскрой кряжей на ванчesy и брусья, которым стремятся придать форму, позволяющую:

достичь наиболее полного использования объема кряжа для получения строганой фанеры;

надежно и быстро закрепить на столе фанерострогального станка несколько штук ванчesов или брусев;

получить при строгании наибольший выход радиальной и полурадиальной фанеры;

обеспечить высокую производительность фанерострогального станка.

Ванчesy и брусья должны иметь две противоположные базисные постели (рис. 15, е), прямолинейные и параллельные, шириной 100—150 мм: первую — для укладки на столе фанерострогального станка, вторую — для получения после первых выверочных ходов суппорта строганой фанеры стандартной ширины, а также боковых постелей шириной 60—120 мм. Боковые постели необходимы для закрепления ванчesов и брусев на столе фанерострогального станка. На рис. 15 изображены наиболее распространенные способы раскроя кряжей на ванчesy и брусья. Рассмотрим рекомендации Н. Ф. Тихонова [70] по раскрою кряжей на ванчesy и брусья с точки зрения использования их для получения строганой фанеры из древесины лиственницы.

Двухкантно-брусевой способ (рис. 15, а) рекомендуется при диаметре кряжей до 40 см. Двухкантные брусья не надежно закрепляются по несколько штук на столе фанерострогального станка из-за отсутствия боковых постелей. В процессе строгания возможна вибрация брусев и, следовательно, низкое качество строганой фанеры и неравномерность ее толщины. Заболонная часть древесины почти полностью входит в площадь строганой фанеры, но из-за резкого различия в цвете с ядровой древесиной она при фанеровании не применяется. Кроме того, больше всего смолы содержится именно в заболонной части, что приводит к усиленному засмаливанию роликов сушки.

При тупокантно-брусевом способе (рис. 15, б) исключаются перечисленные недостатки первого способа.

Острокантно-брусевой способ (рис. 15, в) рекомендуется для раскроя кряжей диаметром 35—40 см, если необходимо получить строганую фанеру одинаковой ширины. Однако применяется этот способ редко, так как дает низкий выход стро-

ганой фанеры из-за отхода части ценной ядровой древесины в толстый горбыль.

Общие недостатки первых трех способов (рис. 15, а, б, в): низкий выход ценной радиальной фанеры и неравномерная текстура древесины у большинства листов фанеры (от радиального до тангенциального вида), что усложняет применение ее на лицевые поверхности.

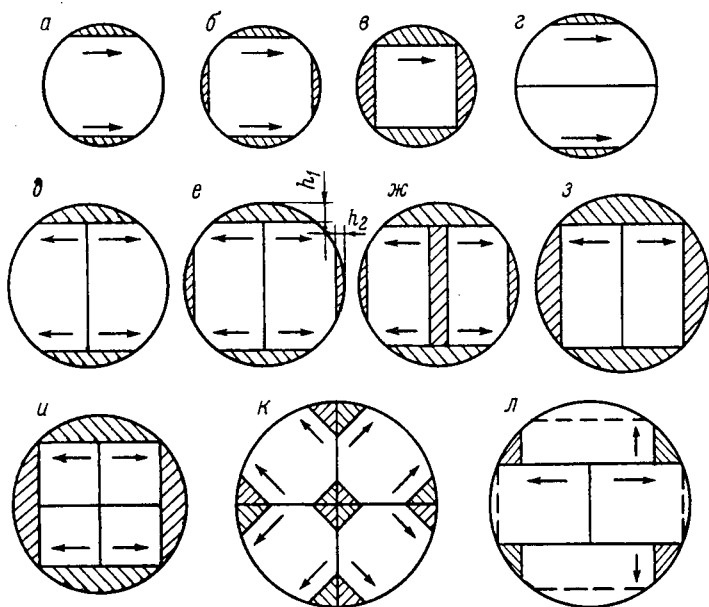


Рис. 15. Способы раскряж на ванчсы и брусью:

а—двухкантно-брусьювой; б—тупокантно-брусьювой; в—острокантно-брусьювой; г—на две пластины; д—ванчсый трехсторонний; е—ванчсый четырехсторонний; ж—ванчсый с выпиливанием сердцовой доски; з—ванчсно-острокантный; и—ванчсно-брусьювой; к—секторно-радиальный; л—способ трения

Способ раскряж на две пластины (рис. 15, г) рекомендуется применять при диаметре кряжей 41—45 см. При этом получается большой процент тангенциальной фанеры. Дополнительные недостатки: низкий общий полезный выход фанеры из-за отхода ценной древесины в два остатка от каждого кряжа; заболонная часть древесины почти полностью входит в площадь строганой фанеры.

Ванчсый трехсторонний способ (рис. 15, д) рекомендуется применять при раскряж кряжей диаметром 46—50 см. Ванчсы, полученные этим способом, не имеют боковой постели, поэтому их неудобно крепить по нескольку штук на столе фанерострогального станка. Заболонная часть кряжа почти полностью

входит в площадь строганой фанеры и при наборе рубашек оказывается в отходах.

При ванчесном четырехстороннем способе (рис. 15, е) раскроя исключаются недостатки ванчесного трехстороннего способа.

Ванчесный способ с выпиливанием сердцовой доски (рис. 15, ж) применяется при наличии гнили или согласной метиковой трещины в случае, если ее невозможно разместить в остатке.

Общий недостаток последних трех способов (рис. 15, д, е, ж) состоит в том, что строганая фанера получается уже, чем при рассмотренных выше способах (рис. 15, а, б, в). Применение такой фанеры в мебельном и других производствах увеличивает затраты труда и ее расход при изготовлении облицовочных рубашек.

Ванчесно-острокантный (рис. 15, з) и ванчесно-брусевой (рис. 15, и) способы применяются редко при раскрое кряжей диаметром 51—60 см, так как они дают низкий выход строганой фанеры вследствие отхода в горбыль и подгорбыльные доски качественной ядровой древесины.

Секторно-радиальный способ (рис. 15, к) раскроя дает только ценную радиальную фанеру и применяется при раскрое кряжей диаметром от 61 см и выше. Общий выход фанеры по сравнению с ванчесным получается несколько меньшим (на 5—6%), но это окупается более высоким качеством фанеры. Особенно важно, что листы фанеры по площади имеют одинаковую текстуру. Серьезное препятствие для применения указанного способа — трудность закрепления секторов на столе фанерострогального станка.

Способ троения (рис. 15, л) по сравнению с рассмотренными ранее способами дает самый высокий полезный выход только радиальной и полурadiальной фанеры и рекомендуется для раскроя кряжей диаметром свыше 65 см. Брусья, полученные способом троения, быстро укладываются на столе фанерострогального станка; ширина стола станка может быть полностью заполнена ими. Для получения строганой фанеры одинаковой ширины следует сделать дополнительные пропилы, указанные на рис. 15, л пунктирными линиями.

Применяется два способа строгания фанеры из тупокантных брусьев: обычный и комбинированный [30]. При обычном способе на стол фанерострогального станка укладывается и закрепляется 2—3 тупокантных бруса. Строгание ведется примерно до половины брусьев, затем все брусья поворачиваются на 180° (рис. 16). С противоположной стороны строгание ведется до получения минимальной толщины сердцовой доски. (рис. 16, а).

При комбинированном способе на стол фанерострогального станка также укладывается и закрепляется 2—3 тупокантных бруса. Сначала строгание осуществляется так же, как и при обычном способе, затем при достижении линии *I—I* (рис. 16, б) брусья поворачивают на 90° и добавляют к ним один тупокантный брус (рис. 16, в). Далее три бруса строгают по ванчесному способу, а один — по обычному способу. По сравнению с обычным способом строгания тупокантных брусьев комбинированный способ дает больший выход фанеры. По сравнению с ванчесным (рис. 16, г) при комбинированном способе строгания полезный выход строганой фанеры выше, а средняя ширина ее больше.

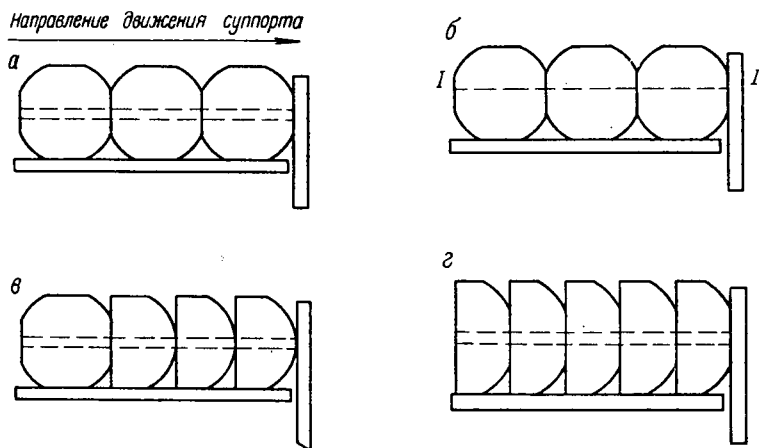


Рис. 16. Способы строгания фанеры:

а—обычный; *б*—комбинированный, первая укладка; *в*—комбинированный, вторая укладка; *г*—ванчесный (по А. Н. Минину)

При обычном и комбинированном способах строгания тупокантных брусьев, а также при строгании четырехкантных ванчесов выход радиальной фанеры можно увеличить, сместив сердцевую доску из центральной зоны ближе к периферийной.

Итак, наибольший количественный и качественный выход строганой фанеры из лиственницы дают следующие способы раскряж: диаметром 35—45 см — тупокантно-брусевой; диаметром 45—60 см — ванчесный четырехсторонний без выпиливания и с выпиливанием сердцевой доски; диаметром 60—65 см — секторный; диаметром выше 65 см — способ троения. Тупокантные брусья рекомендуется строгать комбинированным способом, а при наличии согласной метиковой трещины — обычным.

Внутренние трещины — метики и отлупы являются распространенным пороком в крупномерных лиственничных кряжах.

При раскрое кряжей на тупокантные брусья метиковые трещины должны располагаться параллельно плоскости строгания и оставаться в доске (остатке), в противном случае все листы фанеры будут иметь продольные трещины.

При раскрое кряжей на ванчesy рекомендуется [55] согласные метиковые трещины выпиливать в сердцевую доску, что резко увеличивает полезный выход строганой фанеры.

Толщина горбыля, снимаемая со стороны базисных постелей, при раскрое кряжей на четырехсторонние ванчesy (рис. 15, *e*), может быть определена по формуле

$$h_1 = 0,5 [D - \sqrt{D^2 - (2b + c)^2}] \text{ мм}, \quad (16)$$

где:

h_1 — толщина снимаемого горбыля со стороны базисной постели при раскрое на четырехсторонние ванчesy в мм;

b — ширина базисной постели ванчеса в мм;

c — запас на неправильность формы поперечного сечения и кривизну кряжа, принимаемый равным 10—20 мм;

D — диаметр кряжа в мм.

Толщина горбыля, снимаемого со стороны базисных постелей при раскрое кряжей ванчесным способом, и выпиливаемой сердцевой доски (рис. 15, *ж*) должна определяться по формуле

$$h_1 = 0,5 [D - \sqrt{D^2 - (2b + a + c)^2}] \text{ мм}, \quad (17)$$

где a — толщина сердцевой доски в мм (берется в зависимости от ширины трещины и размера сердцевинной гнили).

При опытном распиливании кряжей перпендикулярно метиковым трещинам выход дубовой фанеры составил 34,9%, при распиливании по метиковым трещинам — 51%, а при выпиливании метиковых трещин в сердцевую доску выход фанеры возрос до 61,5%. Опытов по влиянию расположения трещин в листовенных ванчесах и брусьях на полезный выход строганой фанеры не проводилось. Учитывая склонность листовенной древесины к растрескиванию и опытные данные с дубовым сырьем, следует рекомендовать перед гидротермической обработкой выпиливать трещины в сердцевую доску.

Гидротермическая обработка древесины листовенницы перед строганием

Чистота поверхности строганой фанеры, расход мощности на резание и продолжительность работы ножа фанерострогального станка без переточки зависят от упруго-пластических свойств древесины в момент строгания. Прочность листовен-

ной древесины снижается с повышением температуры и увеличением гигроскопической влаги. Изменение количества свободной влаги в древесине на ее прочность влияет незначительно.

Ванчесы и брусья перед гидротермической обработкой обычно имеют влажность выше точки насыщения волокна, поэтому снизить прочность древесины можно только ее нагреванием. Однако с повышением температуры влажной древесины выше 60°С прочность ее резко снижается, особенно на растяжение и сжатие поперек волокон. Поэтому дальнейшее повышение температуры отрицательно влияет на качество получаемой строганой фанеры.

Температура древесины по объему ванчесов и брусьев после нагревания неодинаковая: на поверхности она выше, чем в центре. Режим гидротермической обработки должен быть таким, чтобы перепад температуры по объему ванчесов и брусьев не влиял отрицательно на качество строганой фанеры.

По данным СвердНИИПДрева и на основе опыта работы Красноярского ДОК, температура лиственничной древесины в момент строгания рекомендуется 30—50°С. Строгание при температуре ниже 30°С дает грубую поверхность с глубокими вырывами; при температуре выше 50°С строганая фанера получается непрочная, с махристой поверхностью.

Гидротермическую обработку ванчесов и брусьев можно проводить в среде насыщенного пара или горячей воде. Интенсивность нагревания в этих случаях при прочих равных условиях практически не изменяется.

Гидротермическая обработка в воде имеет следующие недостатки: вода быстро окрашивается в темный цвет и окрашивает древесину на глубину до 5 мм; влажность древесины на поверхности ванчесов и брусьев значительно повышается, особенно с торцов, что удлиняет операцию сушки строганой фанеры и увеличивает неравномерность влажности по площади листов после сушки; для погружения древесины в воду нужны специальные контейнеры.

Гидротермическая обработка ванчесов и брусьев в среде насыщенного пара не имеет перечисленных недостатков и поэтому рекомендуется для применения в производстве.

В качестве оборудования для гидротермической обработки ванчесов и брусьев на большинстве фанерных предприятий применяются парильные ямы, в которых процесс протекает при атмосферном давлении. Парильные ямы обогреваются двумя путями: в первом случае пар впускается непосредственно в парильное пространство, а конденсат отводится через донное отверстие; во втором случае пар образуется непосредственно в парильной яме, для чего теплоноситель (пар, топочные газы) подается по трубам (калориферу), расположенным в воде.

Первый вариант имеет существенные недостатки: конденсат загрязняется и не может быть подан снова в котлы, при впуске пара с избыточным давлением в парильной яме возможно образование среды перегретого пара, что приводит к снижению влажности поверхностных слоев древесины и образованию трещин в них. Второй вариант не имеет отмеченных недостатков и рекомендуется для гидротермической обработки лиственничной древесины.

С целью сокращения продолжительности гидротермической обработки в 1,2—2 раза древесину можно нагревать в автоклавах в среде насыщенного пара под давлением 0,5—3,5 атм [55]. Однако применение автоклавов неудобно из-за сложности их изготовления и эксплуатации, затруднений механизации загрузочных и выгрузочных операций, увеличения перепада температуры по объему ванчесов и брусев.

Таким образом, для гидротермической обработки лиственничной древесины перед строганием рекомендуются парильные ямы с образованием пара непосредственно в парильной яме. Механизация загрузо-выгрузочных операций обеспечивается применением кранов с грейферными захватами [26].

Нагревательные устройства необходимо оборудовать приборами для плавного регулирования температуры в парильной яме, учитывая, что потребность в тепле в течение одного цикла нагревания постепенно снижается. Подача излишнего тепла приводит к образованию некоторого избыточного давления пара в парильной яме и интенсивной утечке его через неплотности. Автоматическое регулирование режима гидротермической обработки снижает расход пара на тепловую обработку сырья и улучшает ее качество. Для контроля за режимом гидротермической обработки парильные ямы необходимо оборудовать дистанционными термометрами.

Рекомендуется следующий режим гидротермической обработки лиственничной древесины перед строганием:

постепенное (в течение 1—2 ч) повышение температуры среды от начальной до 96—98°С;

нагревание при температуре 96—98°С;

выдержка перед строганием при температуре цеха 16—20°С в течение 1,5—2 ч.

Для расчета продолжительности нагрева или оттаивания брусев и ванчесов можно пользоваться предложенной нами методикой [73], [74]. По известным температурным условиям нагрева определяется температурный критерий K :

$$K = \frac{t_c - t}{t_c - t_0}, \quad (18)$$

где:

t_c — температура обогревающей среды в °С;

t_0 — начальная температура древесины в °С;

t — температура на оси нагреваемого сортимента после нагрева в °С.

Далее по найденному K и отношению толщины S нагреваемого сортимента к его ширине B по построенному нами графику (рис. 17) определяется значение критерия теплового подобия

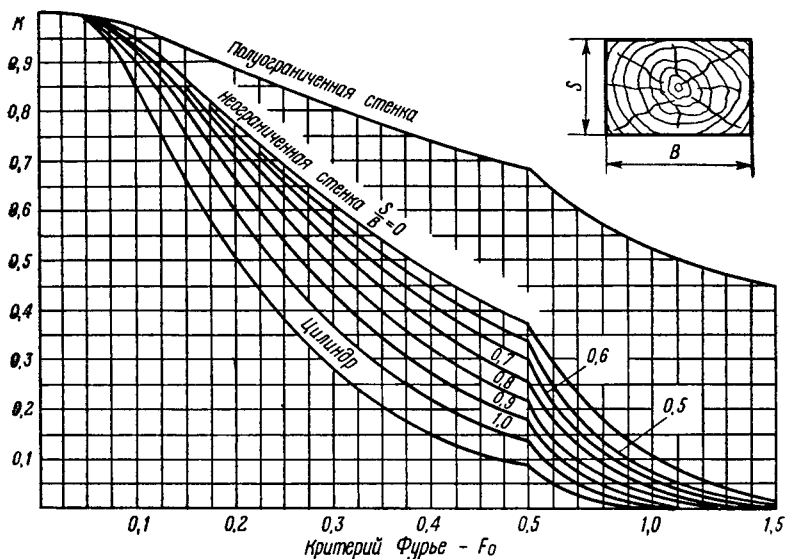


Рис. 17. Номограмма температурного поля на оси прямоугольных и цилиндрических сортиментов

Фурье F_0 . Продолжительность нагрева τ находится из следующего уравнения:

$$\tau = \frac{F_0 R^2}{a} \psi, \quad (19)$$

где:

R — половина толщины нагреваемого сортимента $\left(\frac{S}{2}\right)$ в м;

a — коэффициент температуропроводности древесины лиственницы поперек волокон в $\text{м}^2/\text{ч}$.

Наибольшую трудность в этом расчете представляет правильный выбор коэффициента температуропроводности a . Значения a , как говорилось в главе III, резко отличаются при нагреве древесины в области положительных температур и при ее оттаивании. Для правильного выбора коэффициента a необходимо предварительно знать интегральную температуру древесины после нагрева. Для определения этой температуры

можно воспользоваться нашим графиком, представленным на рис. 18.

По найденным ранее критерию F_0 и отношению $\frac{S}{B}$ на рис. 18 определяется интегральный температурный критерий $K_{\text{и}}$, по которому находится интегральная температура $t_{\text{и}}$ из уравнения

$$t_{\text{и}} = t_{\text{с}} - K_{\text{и}} (t_{\text{с}} - t_0). \quad (20)$$

Если начальная температура древесины $t_0 > 0^\circ \text{C}$, то в этом случае по найденной интегральной температуре $t_{\text{и}}$ в конце на-

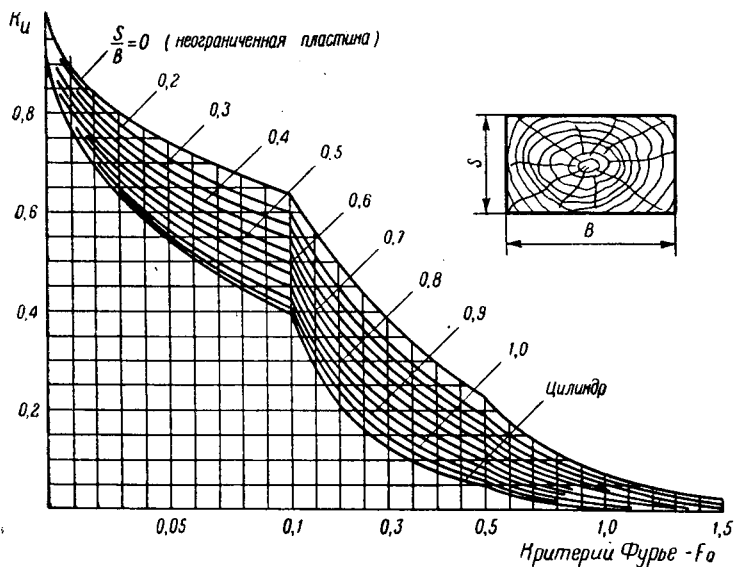


Рис. 18. Номограмма интегральных температур для сортиментов различной формы

грева и начальной температуре древесины t_0 определяется средняя температура в процессе нагрева:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{и}} + t_0}{2}. \quad (21)$$

Из табл. 5 по средней температуре $t_{\text{ср}}$ и известной влажности древесины W находится приближенное значение коэффициента температуропроводности a , которое и подставляется в уравнение (19).

Если начальная температура древесины $t_0 < 0^\circ \text{C}$, т. е. если древесина мерзлая, для этого случая нагрева на рис. 19 приведены разработанные нами графики эффективной средней

температуропроводности $a_{\text{д.ср}}$ древесины березы поперек волокон для начальных температур -5° , -10° , -15° , -20° С. На этих графиках по влажности древесины W и интегральной температуре $t_{\text{н}}=t_{\text{к}}$ определяется $a_{\text{д.ср}}$. Для перехода от $a_{\text{д.ср}}$ березы к $a_{\text{д.ср}}$ для древесины лиственницы необходимо значение $a_{\text{д.ср}}$, взятое на рис. 19, умножить на переводной коэффициент 0,98, учитывающий породу древесины. Окончательное значение эффективной средней температуропроводности древесины лиственницы подставляется в уравнение (19) для определения продолжительности нагрева.

Постепенное повышение температуры среды, в которой производится гидротермическая обработка древесины, необходимо для уменьшения температурных перепадов и вызванных ими внутренних напряжений в ванчесе или в брусе в начале процесса. При низких температурах обогрева ($50-90^{\circ}$ С) качество гидротермической обработки будет лучше, но при этом значительно увеличится продолжительность нагрева.

Выдержка после тепловой обработки необходима для выравнивания температуры по объему ванчесов и брусьев: в течение 1,5—2 ч температура внутренних слоев повысится на $5-10^{\circ}$ С, а поверхностных — снизится до $36-45^{\circ}$ С, в результате по объему ванчесов и брусьев температурное поле будет в пределах $30-50^{\circ}$ С. Более длительная выдержка приведет к переохлаждению поверхностных слоев.

СвердНИИПДрев рекомендует следующий режим тепловой обработки ванчесов и брусьев из лиственницы сечением 30×40 см в летний период [50]:

постепенное повышение температуры в парильной яме — 1 ч;

нагревание при температуре $90-98^{\circ}$ С — 2,5 ч;

выдержка в парильной яме при закрытых паровых ventилях — 5 ч.

На Красноярском ДОК гидротермическая обработка брусьев из лиственницы сечением 15×22 см проводится в нагретой воде в осеннее время по режиму:

постепенное повышение температуры воды с загруженными в бассейн брусьями до 98° С — 1 ч;

нагревание при температуре $96-98^{\circ}$ С — 5 ч;

выдержка при температуре цеха — 1—2 ч.

Строгание фанеры из лиственничной древесины

В процессе строгания качество получаемой фанеры зависит от угловых параметров ножа и прижимной линейки, взаимного расположения ножа и прижимной линейки на суппорте станка. Схема строгания приведена на рис. 20.

На ножевом суппорте фанерострогальных станков нет регулировочных приспособлений для изменения угла резания.

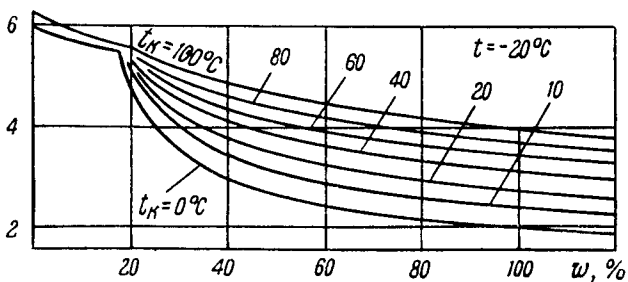
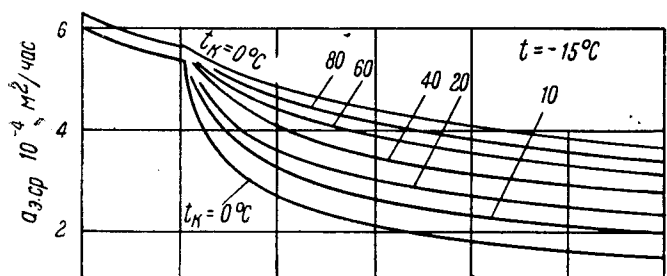
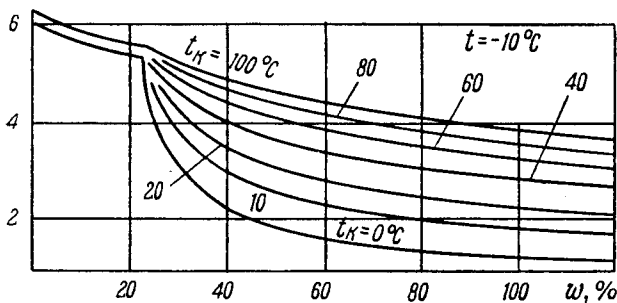
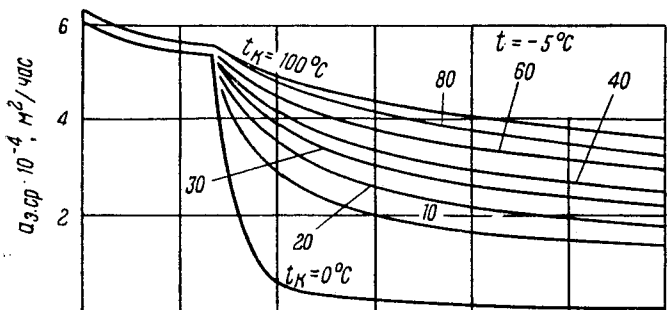


Рис. 19. Средняя эффективная теплопроводность древесины березы в радиальном направлении при различной температуре древесины от -5 до -20°C

Обычно угол резания $\delta = 17 \div 19^\circ$; угол заострения $\beta = 16 \div 17^\circ$; задний угол $\alpha = 1 \div 2^\circ$ [52].

В процессе строгания фанера проходит через щель между ножом и прижимной линейкой. Ширина щели меньше толщины фанеры, поэтому в фанере возникают сжимающие напряжения.

Прижимная линейка и нож должны быть взаимно расположены так, чтобы направление давления ножа на материал в зоне резания приходилось на прижимную линейку (на рис. 20 отмечено стрелкой P). Другими словами, процесс резания должен проходить в зоне сжатой древесины.

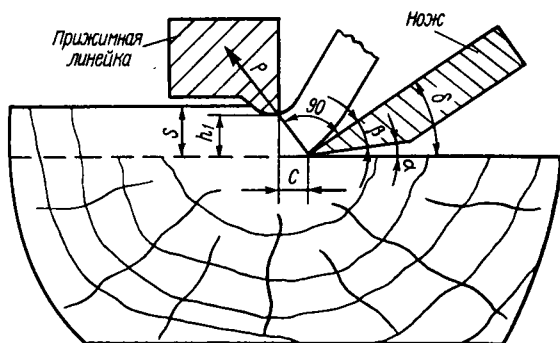


Рис. 20. Схема строгания на фанерострогальном станке:

α — задний угол; β — угол заострения ножа; δ — угол резания

Взаимное расположение ножа и прижимной линейки определяется следующими величинами: расстоянием c между режущей кромкой ножа и прижимной линейкой по горизонтали и h_1 по вертикали.

Известно, что

$$\Delta = \frac{S - h_1}{S} 100\%, \quad (22)$$

где:

Δ — степень обжима в %;

S — толщина строганой фанеры в мм.

Из формулы (22) получим

$$h_1 = S - \left(1 - \frac{\Delta}{100}\right) S. \quad (23)$$

По рис. 20

$$c = h_1 \operatorname{tg} \delta. \quad (24)$$

Таким образом, по заданной толщине строганой фанеры, известной оптимальной степени обжима и известному углу ре-

зания по формулам (23) и (24) находим расстояние между нажимной фаской линейки режущей кромкой ножа по горизонтали и вертикали.

СвердНИИПДрев рекомендует следующие значения степени обжима при строгании фанеры из лиственницы [50]:

Толщина фанеры в мм	0,8	1,0	1,2
Степень обжима в %	19—20	20—21	21

Лучшая чистота поверхности строганой фанеры получается при направлении строгания противоположно наклону годовых слоев.

Чистота строганой фанеры изменяется в широких пределах в зависимости от вида фанеры, а внутри каждого вида — от количества годовых слоев, выходящих на 1 пог. см ширины фанеры, и качества древесины.

По данным СвердНИИПДрева (В. К. Соловьева и др.), чистота поверхности радиальной фанеры изменяется в пределах от 6 до 8 класса. Более высокий класс чистоты получается при строгании мелкослойной древесины без сучков. Среднее значение чистоты соответствует 7 классу.

Чистота поверхности полурадиальной фанеры изменяется в пределах от 5 до 8 класса. Среднее значение чистоты соответствует 6 классу. Чистота поверхности понижается с уменьшением количества годовых слоев, выходящих на 1 см ширины строганой фанеры.

Чистота поверхности тангенциальной фанеры изменяется в пределах от 4 до 7 класса. Среднее значение чистоты соответствует 6 классу.

Чистота поверхности радиальной фанеры из лиственницы на один класс выше полурадиальной и тангенциальной. Как указывалось выше, радиальная фанера имеет также равномерную окраску и хорошую текстуру, поэтому является наиболее ценной.

Полурадиальная и тангенциальная строганая фанера имеет высоту неровностей, укладываемых в одинаковый класс чистоты поверхности. Однако на поверхности тангенциального вида, особенно в ранней древесине, вмятины и вырывы более глубокие, по которым возможно пробитие клея при фанеровании.

Сушка строганой фанеры

Строганую фанеру можно сушить в камерных или роликовых сушилках. Камерные сушилки малопроизводительны, поэтому должны применяться лишь как исключение при небольшом объеме производства за отсутствием роликовых сушилок.

На Красноярском ДОК до ввода в эксплуатацию роликовой сушилки сушка строганой фанеры толщиной 1 мм из лиственницы проводилась в эжекционных реверсивных сушильных камерах ЦНИИМОД-41 для пиломатериалов. Скорость циркуляции сушильного агента по материалу в такой камере по высоте штабеля неравномерная (от 1,2 м/сек вверху штабеля до нуля внизу). Фанеру укладывали на прокладки толщиной 25 мм, шириной 40 мм. Расстояние между прокладками по длине фанеры выдерживали 300—340 мм. Для равномерного просыхания строганую фанеру по высоте штабеля распределяли следующим образом. В нижней части между прокладками помещали по два листа фанеры, затем постепенно количество листов между прокладками увеличивали и в верхней трети высоты штабеля укладывали по шесть листов.

Применялись следующие режимы сушки:

Влажность фанеры в %	выше 40	40—20	20—10	ниже 10
Температура в °С	75	78	80	84
Психрометрическая разность . .	15	21	25	32
Относительная влажность воздуха в %	49	36	29	20
Продолжительность сушки в ч .	—	2	2	2

Общая продолжительность сушки от начальной влажности 40% до конечной 6—8% составляла около 6 ч. Качество сушки хорошее.

Для сушки строганой фанеры из лиственницы в роликовых сушилках СвердловНИИПДрев рекомендует следующие режимы: скорость циркуляции воздуха по поверхности фанеры 1,2—2 м/сек;

температура воздуха со стороны загрузки 80—100°С, со стороны выгрузки 100—120°С;

относительная влажность воздуха в сушилке 15—25%.

Продолжительность сушки от начальной влажности 80% до конечной 10% составляет: для фанеры толщиной 1,0 мм — 8,5 мин, а толщиной 0,8 мм — 7,0 мин.

Во время сушки строганой фанеры из лиственницы ролики сушилки постепенно покрываются смолой: в большей степени со стороны загрузки, в меньшей — с выгрузочного конца. Необходимо периодически очищать их от смолы. Для полной очистки хорошо некоторое время в этой сушилке просушить строганую фанеру или лущеный шпон из древесины лиственных пород.

Сортировка строганой фанеры из лиственничной древесины

Временные технические условия на фанеру строганую из лиственницы, утвержденные Средне-Уральским совнархозом в 1962 г., предусматривают, по сравнению с ГОСТ 2977—51 на

фанеру строганую, более конкретные требования к чистоте ее поверхности. Кроме того, вводится несколько измененная норма допускаемых пороков. Все предлагаемые дополнения и изменения, по нашему мнению, целесообразны, так как учитывают особенности лиственничной древесины и достижения науки и техники в области контроля чистоты поверхности.

В частности, рекомендуются отклонения по чистоте поверхности строганой фанеры от 4 до 9 класса: чистота поверхности I сорта фанеры должна быть не ниже 6 класса; II — не ниже 5 класса; III — не ниже 4 класса.

Наиболее распространенный сортообразующий порок строганой фанеры из лиственницы при сортировке ее по ГОСТ 2977—51 — цветные окраски в виде светло-оранжевых оттенков, которые в I сорте не допускаются, а во II допускаются до $\frac{1}{10}$ длины листа фанеры. Однако у строганой фанеры из лиственницы пятнистая окраска не встречается. Обычно получается равномерная подкраска, которая обогащает поверхность фанеры и не выделяется резко даже под прозрачной лакировкой. Поэтому рекомендуется допускать оттенки в I сорте при отсутствии признаков разрушения древесины (волосяных трещин).

При сортировке по временным техническим условиям смоляные кармашки в I сорте строганой фанеры из лиственницы не допускаются, во II допускаются длиной до 50 мм не более 3 шт. на 1 пог. м длины листа, в III сорте допускаются длиной до 100 мм не более 5 шт. на 1 пог. м.

В отличие от требований ГОСТ 2977—51 временными техническими условиями на строганую фанеру из лиственницы в I сорте не допускаются сучки размером более 5 мм и торцовые трещины длиной более 40 мм.

Нормы допускаемых пороков, не упомянутых выше, для каждого сорта одинаковы по ГОСТ 2977—51 и по Временным техническим условиям на строганую фанеру из лиственницы.

Упаковку, маркировку, обмер, учет, хранение и транспортировку строганой фанеры из лиственницы Временными техническими условиями рекомендуется проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 2977—51.

ГЛАВА VII

СУШКА ЛИСТВЕННИЧНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Особенности сушки

Лиственничные пиломатериалы по сравнению с пиломатериалами других хвойных пород при камерной и атмосферной сушке в большей степени поражаются торцовыми и пластевыми трещинами. Склонность лиственничной древесины к растрески-

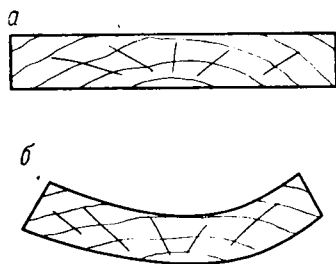
ванию объясняется большей, чем у других хвойных пород, величиной тангенциальной усушки, большей разностью тангенциальной и радиальной усушек (табл. 12) и низкой влажностью поперек волокон.

Таблица 12

Порода	Условный объемный вес, $\gamma_{\text{усл}}$	Коэффициенты усушки			$\frac{K_T}{K_P}$
		объемной K_O	радиальной K_P	тангенци- альной K_T	
Лиственница	0,56	0,63	0,19	0,40	2,12
Сосна	0,43	0,52	0,19	0,32	1,68
Ель	0,39	0,52	0,16	0,28	1,75
Береза	0,51	0,64	0,27	0,34	1,26

Тангенциальная усушка лиственничной древесины на 25% больше, чем у сосны, а также в 2—2,5 раза больше, чем в радиальном направлении. Для других пород это отношение значительно меньше.

Напряжения, вызванные различной усушкой в радиальном и тангенциальном направлениях, для лиственничных пиломатериалов будут значительно большими, чем для других пород. Они зависят от характера расположения годовых слоев в поперечном сечении сортимента: несущественные в досках радиальной распиловки, они достигают



наибольшей величины в досках тангенциальной распиловки и сердцевых.

В досках тангенциальной распиловки лицевая пласть, где направление годовых слоев приближается к тангенциальному, усыхает больше противоположной. При сушке в свободном состоянии доски получают деформацию, причем вогнутая часть будет со стороны лицевых пластей (рис. 21). Если доски высушиваются в зажатом состоянии, например в штабелях, в них возникнут напряжения: растягивающие поперек волокон на лицевых поверхностях и сжимающие на противоположных. Как показали исследования [20], доски радиальной распиловки из лиственницы растрескиванию при сушке почти не подвергаются, у досок тангенциальной распиловки направление трещин радиальное и прямолинейное.

Рис. 21. Деформации, вызываемые анизотропностью древесины:

а — тангенциальная доска до сушки;
б — та же доска после сушки в незажатом состоянии

возникнут напряжения: растягивающие поперек волокон на лицевых поверхностях и сжимающие на противоположных. Как показали исследования [20], доски радиальной распиловки из лиственницы растрескиванию при сушке почти не подвергаются, у досок тангенциальной распиловки направление трещин радиальное и прямолинейное.

Это свидетельствует о большом влиянии разности тангенциальной и радиальной усушек на величину напряжений при сушке.

На склонность лиственничной древесины к растрескиванию оказывает влияние различие величин усушки ранней и поздней древесины годового слоя в тангенциальном направлении (см. главу III). Из сравнения величин усушки ранней и поздней древесины годового слоя в тангенциальном направлении с усушкой сортимента в этом направлении видно, что усушка сортимента в целом занимает промежуточное положение между усушками ранней и поздней древесины, но выше их среднего арифметического значения.

Поздняя и ранняя зоны годового слоя прочно связаны между собой. Ранняя древесина препятствует полной усадке поздней древесины в тангенциальном направлении, поэтому в поздней древесине возникают напряжения растяжения, в ранней — напряжения сжатия. Наблюдения за развитием трещин в пиломатериалах подтверждают высказанное положение: трещины появляются сначала в поздней древесине.

При конвективной сушке древесины, кроме напряжений, вызванных ее анизотропным строением, возникают дополнительные напряжения вследствие неизбежного градиента влажности по сечению сортимента. Распределение влаги в различные периоды сушки по сечению сортимента характеризуется кривыми на рис. 22. Из графика видно, что наибольший перепад влажности возникает на первом этапе сушки, когда влажность поверхностных слоев становится ниже точки насыщения волокна [45].

При снижении влажности наружных слоев ниже точки насыщения волокна они стремятся к усушке, но их усадке препятствуют внутренние слои. В древесине возникают напряжения: растяжение в наружных слоях и сжатие во внутренних. Появившиеся в поверхностных и внутренних слоях упругие деформации частично перейдут в остаточные. В поверхностных слоях древесины возникает недопустимая усушка. В определенный момент (на рис. 22 через 56—62 ч) знак напряжений изменяется на обратный: внутренние слои будут растянуты, а поверхностные сжаты.

Предел прочности лиственничной древесины на сжатие поперек волокон выше предела прочности на растяжение, поэтому в первый период сушки возможно появление трещин на поверхности сортиментов, а во второй — внутри (свищи).

У лиственничных пиломатериалов внутренние трещины при камерной сушке не встречаются, здесь основной дефект сушки — поверхностные и торцовые трещины.

Основной фактор, определяющий величину влажностных напряжений при сушке [20], — распределение влаги по сечению

сортиментов в зоне влажности ниже точки насыщения волокна, которое характеризуется градиентом влажности $\frac{dU}{dx} \frac{1}{\text{см}}$, где U — влажность древесины (безразмерная величина), x — глубина зоны усушки в см.

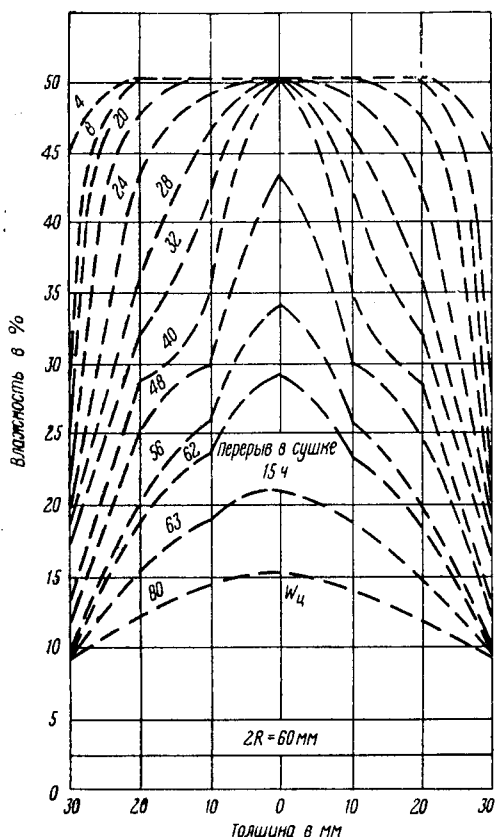


Рис. 22. Распределение влажности по толщине материала (по Н. А. Першанову)

Градиент влажности, при котором произойдет разрушение древесины, является предельно допустимым. Величина его зависит от породы древесины, размеров сортимента в поперечном сечении, температуры и влажности древесины.

В связи с тем, что пиломатериалы перед погрузкой на сушку, как правило, не сортируются по расположению годовых слоев в досках, предельные градиенты определялись для досок, наиболее подверженных растрескиванию, т. е. тангенциального

распила. По данным Н. В. Красновского, этот градиент находится в пределах $0,05—0,08 \frac{1}{\text{см}}$ [18].

Зависимость между предельно допустимым градиентом влажности и влажностью поверхностных слоев лиственничных пиломатериалов различной толщины при атмосферной сушке дана на рис. 23 (по Л. Н. Кротову).

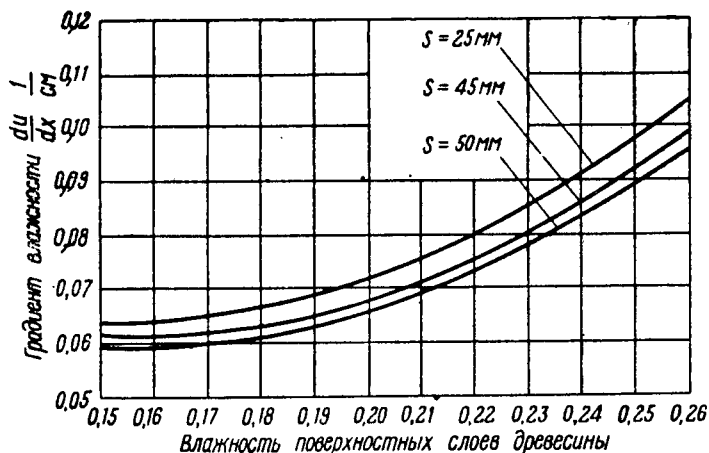


Рис. 23. Предельно допустимые градиенты влажности при сушке лиственничных пиломатериалов (по Л. Н. Кротову)

Сушка лиственничных пиломатериалов в камерах периодического действия

Лучшие результаты при сушке лиственничных пиломатериалов получены в паровых сушильных камерах периодического действия с поперечной реверсивной циркуляцией сушильного агента (конструкции ЦНИИМОД-23, ЦНИИМОД-30).

В случае перевода действующих сушильных камер на сушку лиственничных пиломатериалов необходимо произвести испытания их по методике П. В. Соколова [53]. Ограждения и оборудование сушильных камер должны обеспечить:

герметичность ограждений каждой сушильной камеры (стен, потолка, дверей, фундаментов — для камер, имеющих подвал), плотность и легкость закрывания приточно-вытяжных каналов и психрометрических окон;

наличие и исправность устройств для закладки контрольных образцов, исключающих необходимость входить в камеры в процессе сушки;

возможность регулирования параметров сушильного агента в соответствии с заданными по режиму сушки;

скорость циркуляции сушильного агента по поверхности материала не менее 2 м/сек;

дистанционные измерения параметров сушильного агента.

П. В. Соколов и Е. А. Шорников рекомендуют применять при камерной сушке пиломатериалов в качестве датчиков температуры для дистанционных измерений медные термометры сопротивления градуировки 23 типа ТСМ-ХІ по ГОСТ 6651—59. Они дают устойчивые показания длительное время. Вторичными приборами, работающими с термометрами сопротивления, могут быть логометры и автоматические уравновешенные измерительные мосты.

По исследованиям Е. В. Киреева, теплопроводность лиственной древесины с увеличением температуры растет в большей степени, чем у других пород. Например, коэффициент теплопроводности лиственной древесины поперек волокон при температуре 40°С в 4,85 раза ниже сосновой древесины, а при температуре 80°С — только в 2 раза [14].

Лиственная древесина лучше проводит влагу при влажности 14—17%.

Режимы камерной сушки лиственной древесины отличаются высокой относительной влажностью сушильного агента, особенно в начальный период сушки: это позволяет замедлить высушивание поверхностных слоев и ускорить приток влаги из внутренних слоев к поверхности.

ЦНИИМОД разработал режимы для сушки лиственных пиломатериалов в паровых камерах периодического действия, приведенные в табл. 13. Брак от трещин при сушке по этим режимам, по данным Н. В. Красновского [18], находится в пределах от 0 до 5%.

Нормативные режимы ЦНИИМОД [42], [53] для сушки лиственных пиломатериалов по сравнению с режимами, приведенными в табл. 13, более жестки по всем ступеням. К сожалению

Таблица 13

Влажность материала W, %	Режим Л-1			Режим Р-4			Режим Л-2		
	толщина материала ≤ 40 мм ширина материала > 150 мм			толщина материала ≤ 40 мм ширина материала < 150 мм			толщина материала 45—70 мм ширина материала > 150 мм		
	t_c	t_m	φ %	t_c	t_m	φ %	t_c	t_m	φ %
Начальный прогрев . . .	70	70	100	70	70	100	60	60	100
Более 40 . . .	70	68	91	70	66	82	60	58	90
40 . . .	70	66	82	70	64	75	60	57	86
30 . . .	70	63	71	70	61	64	60	55	76
20 . . .	70	60	61	70	55	47	60	53	68
15 . . .	70	57	52	70	48	30	60	50	58

Влажность материала W, %	Режим Л-3			Режим Л-4			Режим Л-5		
	толщина материала 45—70 мм ширина материала < 150 мм			толщина материала > 75 мм ширина материала > 150 мм			толщина материала > 75 мм ширина материала < 150 мм		
	t_c	t_m	φ %	t_c	t_m	φ %	t_c	t_m	φ %
Начальный прогрев	70	70	100	60	60	100	70	70	100
Более 40	70	68	91	60	59	95	70	69	96
40	70	67	87	60	58	90	70	68	91
30	70	65	78	60	56	82	70	66	82
20	70	62	67	60	54	72	70	63	71
15	70	59	58	60	52	65	70	60	61

Условные обозначения в таблице:

t_c — температура по сухому термометру в °C;
 t_m — температура по мокрому термометру в °C;
 φ — относительная влажность воздуха в %.

нию мы не располагаем данными, характеризующими брак при сушке по этим режимам.

Л. Н. Кротов [19] разработал и испытал в производственных условиях двух- и четырехступенчатые режимы сушки лиственных пиломатериалов толщиной 25 и 50 мм в паровых эжекционных камерах периодического действия (табл. 14). Характерными особенностями предложенных режимов по сравнению с нормативными являются:

Таблица 14

Влажность в %	t_c	t_m	φ	Режим предварительного прогрева
---------------	-------	-------	-----------	---------------------------------

При сушке материала шириной до 200 мм и толщиной 25 мм

Режим II

Выше 40	70	66	84	3—4 ч при $t = 70^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
40—30	70	62	68	
30—20	70	55	47	
20 и ниже	70	50	35	

Режим III

Выше 40	60	54	80	3—4 ч при $t = 60^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
40—30	65	58	70	
30—20	70	60	61	
20 и ниже	75	55	37	

Влажность в %	t_c	t_m	φ	Режим предварительного прогрева
---------------	-------	-------	-----------	---------------------------------

Режим V

Выше 30	70	60	61	$t = 80^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
30 и ниже	75	55	37	

При сушке материала шириной свыше 200 мм и толщиной 25 мм

Режим I

Выше 40	60	56	80	$t = 60^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
40—30	60	50	57	
30—20	60	45	42	
20 и ниже	60	40	30	

Режим IV

Выше 30	65	58	70	$t = 70^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
30 и ниже	70	60	61	

При сушке материала шириной до 200 мм и толщиной 50 мм

Режим XI

Выше 40	55	52	85	$t = 55^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
40—30	60	55	77	
30—20	65	55	60	
20 и ниже	70	50	37	

Режим XIII

Выше 40	60	58	90	$t = 60^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
40—30	65	55	60	
30—20	70	55	47	
20 и ниже	75	55	37	

Режим XV

Выше 30	65	55	60	$t = 70^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
30 и ниже	70	55	47	

При сушке материала шириной свыше 200 мм и толщиной 50 мм

Режим XII

Выше 40	60	55	77	$t = 60^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
40—30	60	50	57	
30—20	65	50	45	
20 и ниже	65	45	32	

Режим XIV

Выше 30	60	55	77	$t = 65^\circ\text{C}$ и $\varphi = 100\%$
30 и ниже	65	50	45	

снижение ступеней режимов с шести по нормативным режимам до двух и четырех, что упрощает ведение процесса сушки;

для пиломатериалов шире 200 мм рекомендуются более мягкие режимы по сравнению с режимами для пиломатериалов шириной менее 200 мм.

При сушке по режимам Л. Н. Кротова лиственничных пиломатериалов толщиной 25 мм брак не превышал 5%. Продолжительность сушки по сравнению с нормативными сроками снизилась: по I режиму — в 1,15—1,28 раза, по II — в 1,25—1,51 раза, по III — в 1,23—1,47 раза, по IV — в 1—1,12 раза, по V — в 1,1—1,23 раза. Большее снижение продолжительности сушки соответствует большей начальной влажности пиломатериала.

Загрузка лиственничных пиломатериалов для камерной сушки в летний период непосредственно после рамной распиловки позволяет высушить их с меньшим количеством трещин. В случае неорганизованной естественной подсушки лиственничных пиломатериалов и возникновения мелких поверхностных трещин в процессе камерной сушки размеры их увеличиваются даже при градиенте влажности ниже предельно допустимого.

При сушке лиственничных пиломатериалов толщиной 50 мм по XI режиму продолжительность сушки по сравнению с нормативными сроками снизилась в 1,25—1,63 раза, брак сушки составил 5,5—15,1%; по XII — в 1,35 раза, брак сушки 5,3%; по XIII — в 1,15—1,54 раза, брак сушки 4,4—10%; по XIV — в 1,15—1,37 раза, брак сушки 12,3—14,1%; по XV — в 1,25—1,37 раза, брак 4,4—11,4%. Большее снижение продолжительности сушки произошло у пиломатериалов с большей начальной влажностью. Высокий процент брака оказался у пиломатериалов, которые подсушивались на открытом воздухе и перед закаткой в сушильные камеры имели неглубокие трещины.

Необходимо по контрольным образцам наблюдать за развитием напряжений и трещин в поверхностных слоях материала, при возникновении внутренних напряжений необходима промежуточная термовлагообработка.

Пиломатериалы, высушиваемые по I и II категориям сушки, нуждаются в конечной термовлагообработке. Температура в камере повышается на 5—8°С выше последней ступени режима сушки. Относительная влажность сушильного агента повышается так, чтобы поверхностные слои древесины увлажнились на 3% выше конечной влажности древесины. Продолжительность конечной термовлагообработки для пиломатериалов I категории сушки толщиной до 40 мм — 12 ч, толщиной 41—60 мм — 20 ч. Продолжительность конечной термовлагообработки пиломатериалов II категории сушки в 0,6—0,8 раза меньше.

Лиственничные пиломатериалы толщиной 25 мм по IV режиму сушки от начальной влажности 51,5% до конечной влажности 7,3% высохли за 7,5 суток, средняя скорость сушки составила 5,9% в сутки; по нормативным режимам сушки продолжительность 8,4 суток. В течение первых двух суток влажность снизилась на 20%.

Лиственничные пиломатериалы толщиной 50 мм от начальной влажности 80% до конечной влажности 8,5% по XIII режиму высохли за 11 суток, продолжительность сушки таких пиломатериалов по нормативным режимам 17 суток. При средней скорости снижения влажности древесины 6,5% в сутки в течение первых двух суток влажность снижалась по 20%. Затем скорость сушки понижалась и при влажности древесины ниже 25% составляла 2—3% в сутки. За первые пять суток влажность пиломатериалов снизилась на 55%, а за последние шесть суток только на 16%.

Очевидно, имеется возможность ускорить сушку лиственничных пиломатериалов при снижении влажности ниже 25% путем применения более жестких режимов сушки в этот период.

Из приведенных примеров хорошо видно, что высокая начальная влажность пиломатериалов (выше 45%) незначительно влияет на продолжительность камерной сушки. Тепловая мощность камер периодического действия должна обеспечивать испарение влаги со скоростью, в 2—3 раза превышающей среднюю скорость испарения влаги из пиломатериалов.

Сушка лиственничных пиломатериалов в камерах непрерывного действия

Камеры непрерывного действия с естественной циркуляцией существенно отличаются от камер с принудительной циркуляцией тем, что дают возможность регулировать режим сушки по длине камеры. Чтобы приспособить камеры с естественной циркуляцией для сушки лиственничных пиломатериалов, необходимо выполнить следующие мероприятия:

оборудовать приборами дистанционного измерения параметров сушильного агента по зонам камер: в сухом, в сыром концах и в середине длины камеры;

увлажнительная система и калориферы должны позволять регулировать режим по зонам камеры. В этом случае в камерах непрерывного действия сушить лиственничные пиломатериалы можно по режимам для камер периодического действия или по режимам, приведенным в табл. 15 [48].

При сушке лиственничных пиломатериалов в камерах непрерывного действия по режимам для камер периодического действия в сухом конце камеры должны поддерживаться пара-

Таблица 15

Стадии сушки и зоны	Режим Л-6			Режим Л-7			Режим Л-8			Режим Л-9		
	толщина мате- риала < 40 мм, ширина мате- риала < 150 мм			толщина мате- риала < 40 мм, ширина мате- риала > 150 мм			толщина мате- риала 45—70 мм			толщина мате- риала > 75 мм		
	t_c	t_m	$\varphi\%$	t_c	t_m	$\varphi\%$	t_c	t_m	$\varphi\%$	t_c	t_m	$\varphi\%$
Начальный прог- рев	70	70	100	70	70	100	60	60	100	60	60	100
Сырой конец . .	60	56	82	60	58	90	50	48	89	50	49	94
Сухой конец . .	70	56	50	70	59	58	60	49	55	60	53	68

метры агента сушки, соответствующие последней, а в сыром конце — первой ступени режима сушки.

Чтобы приспособить сушилки с продольной циркуляцией для сушки лиственничных пиломатериалов, необходимо:

оборудовать приборами дистанционного измерения параметров сушильного агента в сухом, сыром концах камеры и в середине ее длины;

вентиляторную установку оборудовать устройствами для изменения ее производительности.

Известно, что режим сушки в камерах непрерывного действия устанавливается параметрами сушильного агента в сухом конце; по длине камеры он изменяется приблизительно по линии постоянного теплосодержания. Однако ближе к сырому концу камеры, у входа в штабель с сырым пиломатериалом из лиственницы, параметры сушильного агента должны соответствовать первой ступени режима сушки лиственничных пиломатериалов.

При регулировании режима сушки по сухому концу необходимо изменять количество циркулирующего сушильного агента и его параметры так, чтобы не допустить растрескивания материала в сыром конце.

Выкатывать материал, особенно в зимнее время, следует только в утепленное остывочное помещение.

Особые методы сушки

Большое практическое значение имеет высокотемпературная сушка лиственничных пиломатериалов в среде перегретого пара [1]. Коэффициент теплопроводности лиственничной древесины при температуре 100°С в 3 раза выше, чем при температуре 60°С, что дает основание предполагать возможность значительного снижения продолжительности сушки при температуре древесины более 100°С.

Режимы сушки лиственницы в среде перегретого пара пока не разработаны. В Сибирском технологическом институте Л. Н. Кротов ведет исследовательскую работу в этой области. Разведочные опыты показывают, что лиственничные пиломатериалы можно сушить без трещин в среде перегретого пара.

Для сушки лиственничных пиломатериалов перспективен конвективно-высококачественный (комбинированный) способ сушки, разработанный в 1948 г. Б. А. Посновым и Н. А. Першановым [45]. Нагрев материала, испарение влаги и покрытие потерь теплоты через ограждения происходят так же, как в конвективных сушилках. Энергия высокочастотной установки расходуется только для создания положительного коэффициента термовлагопроводности.

По данным Н. А. Першанова, при сушке сосновых пиломатериалов толщиной 50 мм конвективно-высокочастотным способом расход электрической энергии составил 8—15% по отношению ко всей энергии, затраченной на сушку [45]. Продолжительность сушки снизилась по сравнению с конвективной сушкой в 2 раза. Процесс сушки протекает при малом значении градиента влажности. Однако стоимость сушки сосновых пиломатериалов конвективно-высокочастотным способом примерно на 30% выше стоимости сушки в паровых сушилках.

Для применения этого способа сушки можно использовать любые действующие конвективные сушильные камеры, переоборудовав их без реконструкции строительных элементов.

Применение конвективно-высокочастотного способа сушки лиственничных пиломатериалов, по нашему мнению, перспективно.

Атмосферная сушка лиственничных пиломатериалов

Исследования Л. Н. Кротова [20] показали, что при укладке лиственничных пиломатериалов для атмосферной сушки по ГОСТ 3808—47 «Правила естественной сушки и хранения пиломатериалов хвойных пород на складах (биржах) для естественной сушки» количество досок, перешедших в низшие сорта из-за появления трещин, составляет более 30%. На скорость сушки пиломатериала влияет плотность укладки досок в штабелях. В редких штабелях режим сушки будет более жестким, чем в плотных.

Для каждой толщины пиломатериалов имеется оптимальный размер штапий, уменьшение размеров ниже которого не дает нужного эффекта от снижения брака по трещинам из-за увеличения поражения пиломатериалов складскими грибами. Оптимальные размеры штапий будут также различными в зависимости от времени года и климатических зон, в которых происходит атмосферная сушка.

Разная скорость сушки при редкой и плотной укладке досок в штабеля наблюдается только в начале процесса сушки, когда напряжения усушки опасны для материала. В дальнейшем влияние размеров штапий на скорость сушки несущественно.

Сохранность досок при сушке в плотных штабелях увеличивается в 5—7 раз по сравнению с сохранностью при укладке по ГОСТ 3808—47. Брак сушки толстых пиломатериалов (40—50 мм) даже в плотных штабелях при их формировании в июне и июле высок, в августе значительно меньше.

При сушке лиственных пиломатериалов на открытых складах рекомендуются следующие мероприятия:

1. Территорию склада выбирают и подготавливают в соответствии с действующими правилами и рекомендациями, приведенными в специальной литературе и руководствах, а также в ГОСТ 3808—47 «Правила естественной сушки и хранения пиломатериалов хвойных пород на складах для естественной сушки».

2. Штабеля пиломатериалов располагают в секциях, находящихся в середине склада.

3. Пиломатериалы, укладываемые в штабель, должны быть одного сечения. Пиломатериалы I, II, III сортов должны укладываться на сухие рейки размером 25×40 мм из хвойных пород.

4. Доски толщиной 22—25 мм должны выступать концами за вторую прокладку на 250—300 мм, а толщиной 45 мм и выше — на 250—450 мм. На рис. 24 показана конструкция штабеля со свободными затененными концами.

5. Ряды пиломатериалов по высоте штабеля должны быть разделены прокладками, которые располагаются точно над прогонами подштабельного основания, составляя вертикальный ряд.

При укладке досок в штабель со свободными затененными концами над первым прогоном подштабельного основания находится вторая прокладка. Первая прокладка не несет на себе веса пиломатериалов и удерживается на 5—7 высунутых концах из числа длинных досок или досок, уложенных вразбежку.

В штабелях пиломатериалы укладывают правильными рядами. В каждом ряду оставляют шпации, образующие по вы-

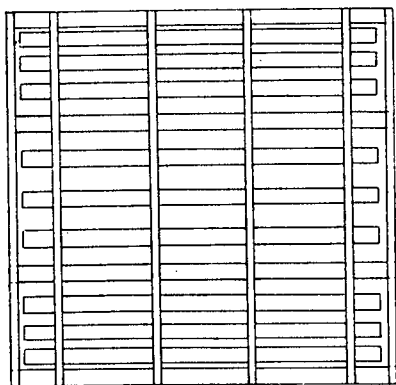


Рис. 24. Схема формирования штабеля из лиственных пиломатериалов

соте штабеля вертикальные каналы. Ширина шпаций постепенно увеличивается от краев штабеля к середине. Средний размер шпаций в зависимости от толщины пиломатериалов и времени года устанавливается следующий:

а) при формировании штабелей из пиломатериалов толщиной 22—25 мм в апреле, мае, августе и сентябре средний размер шпаций равен 0,7 ширины доски. Ряд шпаций при ширине штабеля 6,5 м ориентировочно выглядит следующим образом:

$$\frac{0}{1} \frac{30}{1} \frac{60}{2} \frac{90}{3} \frac{120}{3} \frac{150}{2} \frac{180}{1} \frac{150}{2} \frac{120}{3} \frac{90}{3} \frac{60}{2} \frac{30}{1} \frac{0}{1}.$$

В числителе указан размер шпаций в миллиметрах, в знаменателе — повторяемость этого размера при укладке пиломатериалов.

При формировании штабелей в июне и июле средний размер шпаций составляет 0,4—0,6 ширины доски. При этом ряд шпаций ориентировочно можно принять:

$$\frac{30}{3} \frac{60}{3} \frac{90}{3} \frac{120}{3} \frac{150}{2} \frac{120}{3} \frac{90}{3} \frac{60}{3} \frac{30}{3};$$

б) при формировании штабелей из пиломатериалов толщиной 40—50 мм в июне и июле средний размер шпаций равен 0,3 ширины доски. Ориентировочный ряд шпаций при укладке досок в штабель шириной 6,5 м следующий:

$$\frac{0}{1} \frac{20}{3} \frac{40}{3} \frac{60}{4} \frac{80}{6} \frac{60}{4} \frac{40}{3} \frac{20}{3} \frac{0}{1}.$$

При формировании штабелей в августе и сентябре средний размер шпаций составляет 0,35 ширины доски. Ряд шпаций выдерживается следующий:

$$\frac{0}{1} \frac{30}{3} \frac{50}{3} \frac{70}{3} \frac{90}{7} \frac{70}{3} \frac{50}{3} \frac{30}{3} \frac{0}{1}.$$

Время заполнения штабелей не более двух дней.

По Л. Н. Кротову, для просыхания до транспортной влажности пиломатериалы нужно выдерживать в штабелях в течение сроков, указанных в табл. 16.

Таблица 16

Месяц формирования штабелей на сушку	Продолжительность сушки в сутках при толщине пиломатериалов	
	22—25 мм	45—50 мм
Апрель, май	25—30	50—60
Июнь, июль	16—18	25—30
Август, сентябрь	26—40	55—60

Настоящие рекомендации выработаны для третьей климатической зоны СССР. Применять их в других зонах следует только после проведения опытных сушек.

ГЛАВА VIII

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННОЙ

Древесина лиственницы как основной конструктивный материал может быть применена для изготовления столярных изделий любых конструктивных элементов: брусков, рамок, щитов и коробок.

При конструировании изделий следует учитывать особенность свойств древесины лиственницы по сравнению с другими древесными породами. Отличительная черта этой породы — высокий коэффициент качества древесины. Красивая текстура лиственницы и относительная легкость отделки (лакирование и полирование) ставят ее в ряд с твердолиственными породами. Благодаря этому древесину лиственницы используют не только как конструктивный, но и как облицовочный материал.

Относительно низкая теплопроводность в сочетании с ярко выраженной текстурой позволяет использовать древесину лиственницы для внутренней отделки помещений, судов, вагонов и т. д.

К недостаткам древесины лиственницы следует отнести большой объемный вес в сравнении с другими породами древесины, что ограничивает использование ее как конструктивного материала при производстве мебели, так как при изготовлении из нее основных конструктивных элементов изделия получаются тяжелыми.

Большой недостаток древесины лиственницы — легкая скалываемость, затрудняющая сборку деталей в узлы и изделия посредством столярных соединений и шурупов. При конструировании изделий следует выбирать клеевые соединения и при необходимости, когда ставится условие изготовления сборно-разборного изделия, предусматривать соединения на шурупах (рис. 25) с обязательной предварительной подготовкой отверстий путем сверления. При этом возникает необходимость в дополнительной технологической операции сверления.

При изменении температуры и влажности окружающей среды в древесине лиственницы проявляется в большей степени, чем у других хвойных пород, размеро- и формоизменяемость. Древесина усыхает, разбухает и коробится. Поэтому при конструировании деталей и изделий из древесины лиственницы следует придерживаться основных правил конструирования деталей и изделий [32].

1. Изделие из древесины нужно конструировать так, чтобы неизбежная деформация его отдельных частей происходила сво-

бодно, но без нарушения формы и прочности самого изделия (рис. 26). Коэффициент усушки древесины лиственницы в тангенциальном направлении составляет 0,31—0,45, а в радиаль-

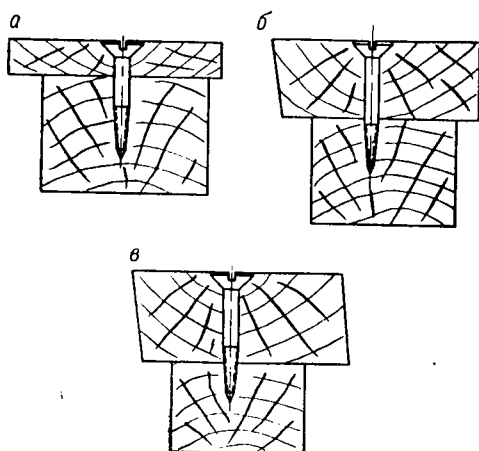


Рис. 25. Соединения деталей шурупами:
а—рациональное; б—нормальное; в—нерациональное

ном — 0,16—0,21 (табл. 17). Следовательно, усушечные деформации древесины лиственницы в изделиях могут быть весьма большими.

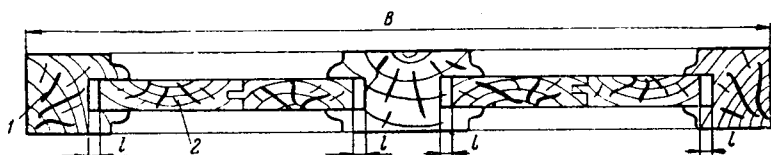


Рис. 26. Конструкция изделия с зазорами для свободной деформации отдельных частей:

1—брусек обвязки; 2—филенка; l —зазоры для расширения

Таблица 17

Вид лиственницы	Коэффициент усушки в %			
	радиальная	тенгенциальная	вдоль волокон	объемная
Даурская	0,18	0,37	0,013	0,55
Сибирская	0,18	0,40	0,014	0,66

2. Отдельные детали изделия из древесины следует конструировать так, чтобы неизбежные изменения размеров и формы были наименьшими. Это достигается путем составления крупных деталей из более мелких делянок, подобранных по направлению годовых слоев и склеенных между собой (рис. 27). Особенно важно придерживаться этого правила при изготовлении широких деталей. Их следует получать из нескольких слоев с перпендикулярным расположением волокон одного слоя по отношению к направлению волокон в смежных слоях.

3. Для получения большей прочности изделия из древесины следует конструировать так, чтобы направление волокон в отдельных деталях совпадало с направлением действия сжимающих или растягивающих внешних сил или было перпендикулярно направлению изгибающих.



Рис. 27. Получение деталей путем склеивания из отдельных делянок

4. При конструировании столярных изделий нужно проектировать все детали и изделия такими, чтобы их можно было выполнить на станках. Изделие должно быть технологичным, т. е. исключаящим ручную доработку.

5. Изделия необходимо конструировать так, чтобы они по своим формам и размерам были рациональны, отвечали своему назначению, удовлетворяли техническим условиям, а также эстетическим и санитарно-гигиеническим требованиям. Это правило обязывает выполнять РТУ на мебель и столярные изделия, а также учитывать возможность нормализации и взаимозаменяемости деталей и узлов согласно ГОСТ 6449—53.

Обеспечение мебельных фабрик и деревообделочных заводов прирезными заготовками — основная задача лесопильно-раскройных производств. Как и из других пород, широко используемых в производстве, детали или узлы из древесины лиственницы, имеющие сечение более 50×100 мм, рекомендуется изготавливать не из целого куска древесины, а из нескольких кусков, связанных между собой клеевыми соединениями.

Первый производственный этап процесса изготовления деталей — подготовка пиломатериалов к раскрою — включает следующие операции:

раскрой досок по ширине;

расторцовка делянок на кратные по длине заготовки с вырезкой дефектных мест.

Очередность указанных операций, как указывает проф. В. Н. Михайлов, может меняться в зависимости от принятых схем раскроя.

Раскрой древесины лиственницы

Пиломатериалы раскраивают на заготовки в соответствии с ГОСТ 3490—46, ГОСТ 2446—51 и ГОСТ 6802—53 на круглопильных станках различных конструкций, большей частью с механизированной подачей. Необходимая точность машинной обработки деталей обеспечивается современным деревообрабатывающим оборудованием.

Для раскроя лиственничного пиломатериала рекомендуется применять круглопильные станки трех основных групп:

продольного пиления;

поперечного пиления;

смешанного пиления — вдоль, поперек, а также под углом к направлению волокон древесины (от распиловки лиственницы под углом следует воздерживаться).

При раскрое лиственничного пиломатериала следует учитывать наличие пороков, которые большей частью подлежат удалению, что усложняет процесс изготовления прирезных (черновых) заготовок. Наиболее рационально раскраивать доски на заготовки различных размеров. При этом следует учитывать, что большой ассортимент заготовок, выдаваемый одному станочнику, приводит к высокому проценту брака. Чтобы станочник не путался в размерах, лучше давать ему не более 2—3 видов деталей.

Машинная обработка деталей из древесины лиственницы

Древесину лиственницы так же, как древесину других пород, подвергают машинной обработке режущими инструментами, т. е. обработке, при которой изменяются форма и объем древесины без изменения самого вещества ее. При машинной обработке древесины происходит нарушение связи между волокнами, так как резец, имеющий форму клина, внедряется в древесину с определенным усилием и отделяет часть древесины от основной массы, одновременно воздействуя на нее.

Клиновидный резец является основным элементом всех режущих инструментов, применяемых при пилении, строгании, фрезеровании, сверлении и т. д.

Сопротивление резанию, а следовательно, и степень износа инструмента при обработке древесины в различных направлениях будут различны. Известны три главных случая резания: торцовое, продольное и поперечное (рис. 28).

Торцовое резание осуществляется в плоскости, перпендикулярной направлению перерезаемых волокон древесины; продольное резание — в плоскости, параллельной волокнам древесины; поперечное — в плоскости волокон, но резец движется перпендикулярно их длине.

Если при торцовом резании срезаемая стружка скалывается на отдельные слабо связанные друг с другом элементы, то при продольном резании стружка снимается в виде тонкой ленты или ленты с видимыми надломами.

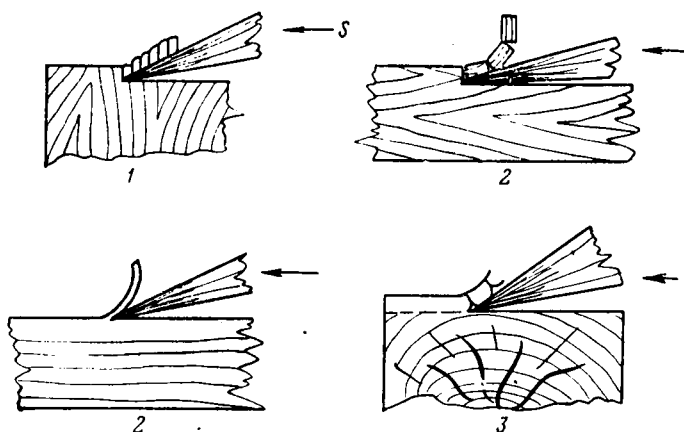


Рис. 28. Главные случаи резания:
1 — торцовое; 2 — продольное; 3 — поперечное

При торцовом, продольном и поперечном резании древесина оказывает различное сопротивление резанию. Это соотношение соответственно составляет 5:2:1 при толщине стружки 1 мм и угле резания $\delta = 45^\circ$.

Все три случая относят к элементарному резанию, если при этом соблюдаются следующие условия: резание осуществляется только одной прямолинейной режущей кромкой, а толщина стружки и скорость надвигания резца постоянны.

Обработка древесины лиственницы

Строгальные и фрезерные операции выполняются посредством резцов (ножей или фрез). Поэтому резкого отличия между строганием и фрезерованием древесины нет. В обоих случаях используется режущий инструмент, укрепленный на валах (шпинделях), вращающихся с определенной окружной скоростью. Строгание и фрезерование в технологическом про-

цессе деревообрабатывающих производств занимают одно из первых мест после пиления.

Ножи, вставленные в ножевые головки (рис. 29) или фрезы (рис. 30) всевозможных конструкций, совершают движения резания, скорость которого равна окружной скорости v ; движение подачи материала на режущий инструмент происходит со скоростью U . При определенных скоростях резания и подачи

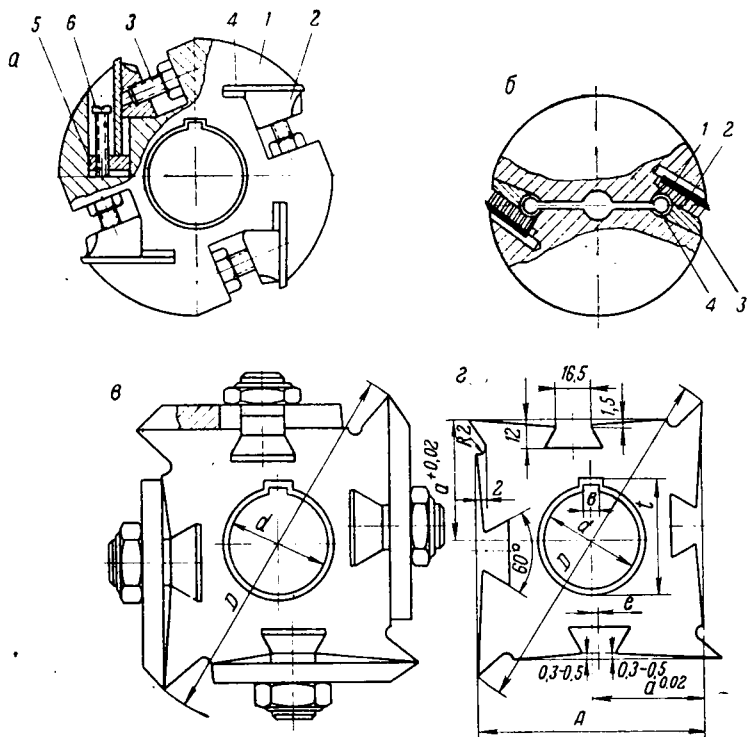


Рис. 29. Конструкция ножевых головок:

а—круглая ножевая головка с распорной планкой, с винтом для выдвигания ножей: 1—ножевая головка; 2—прижимная планка; 3—винт; 4—ножи; 5—упорная планка; 6—регулируемый винт; *б*—круглая ножевая головка с устройством для быстрой смены ножей с гидравлическим прижимом: 1—ножи; 2—промежуточная планка; 3—клиновидный вкладыш; 4—резиновый шланг; *в*—квадратная ножевая головка; *г*—конструкция квадратной ножевой головки

с древесины снимается стружка определенной постоянной толщины. Конструкции строгальных ножей, их размеры и величины углов зависят от конструкции головок, ножевых валов и фрез, от условий строгания и фрезерования, а также от особенности обработки древесины различных пород. Способы закрепления ножей в головках зависят от их конструкций. Размеры ножевых валов предопределяются конструкцией станка и его

назначением. Ножевые валы изготавливаются цельными с цап-
фами для подшипников (при больших размерах по длине), со
съемным корпусом (головкой).

Режущий инструмент в ножевых головках можно крепить
распорной планкой, клиновидным вкладышем, затяжным вин-
том и клиновидными планками, гидравлическими зажимами
различных конструкций и т. д. Толстые строгальные ножи могут
закрепляться болтами, проходящими через прорези в ножах.

Для обработки древесины лиственницы можно рекомендо-
вать следующие наиболее распространенные конструкции но-
жей: тонкие ножи, изготовленные из легированной конструк-
ционной стали шириной 30—35—40—45 мм, толщиной 3 мм и

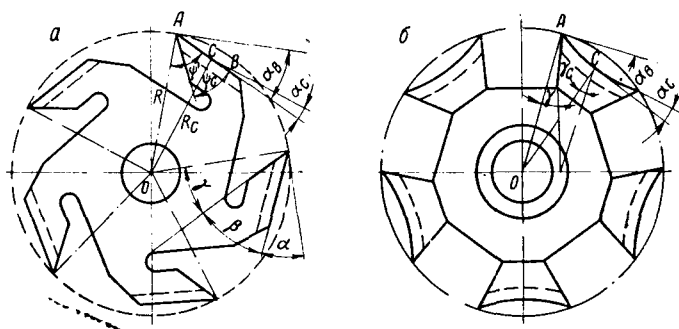


Рис. 30. Конструкции фасонных фрез, не удовлетворяющие
основным требованиям заднего угла:

а—фреза с прямыми затылками зубьев; б—двухсторонняя фреза

длиной от 400 до 1810 мм. Ширина ножей B принимается в за-
висимости от диаметра ножевой головки и ее конструкции:

для круглых двух- и четырехножевых валов $B \approx 0,3 D$;

для круглых шестиножевых $B \approx 0,2 D$;

для квадратных четырехножевых $B \approx 0,65 D$.

Применяются также ножи с пластинками из твердого сплава,
(рис. 31), вставленными в закрытом пазе и припаянными к телу
ножа. Пластины припаяются в поле токов высокой частоты.
При общей толщине ножа такой конструкции 6 мм толщина
пластинок не должна превышать 2,5 мм. Из двух видов реко-
мендуемых строгальных ножей наиболее износостойки стро-
гальные ножи с пластинками из твердых сплавов.

Углы резания строгальных ножей для обработки листвен-
ничной древесины 74—88°. Наибольшие значения из указанных
углов резания принимаются при обработке сухой и воздушно-
сухой древесины. При обработке влажной и свежесрубленной
древесины углы резания принимаются от 79° до минимального
значения. Для получения указанных (больших) угловых зна-
чений принимают двухстороннюю заточку ножей, т. е. затачи-

вают их как с задней, так и с передней грани. Увеличенные углы резания потребуют больших усилий на строгание и подачу.

Различные варианты ножей с двойной фаской показаны на рис. 32. Передней гранью в них служит фаска передней плоско-

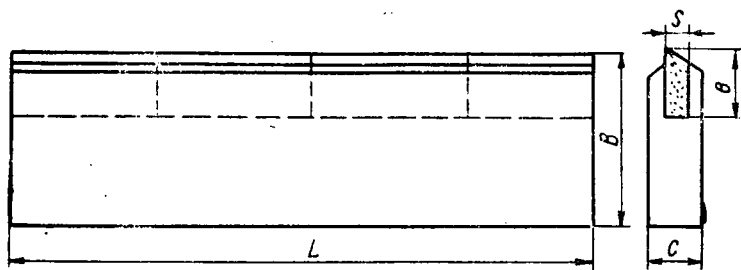


Рис. 31. Конструкция строгальных ножей с пластинками из твердых сплавов

сти ножа. Передний угол ножа при этом уменьшается на величину угла наклона передней фаски и плоскости ножа.

При строгании древесины лиственницы следует обратить особое внимание на заточку и фуговку ножей, устанавливаемых

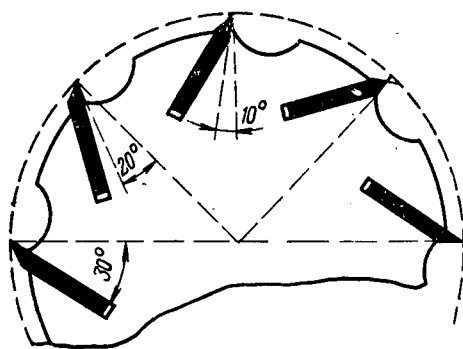


Рис. 32. Различные варианты установки ножей с двойной фаской

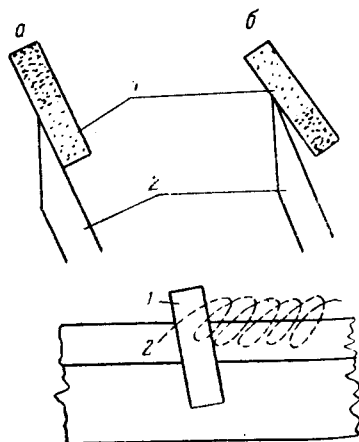


Рис. 33. Правка ножей оселком: а—правильное положение оселка; б—неправильное положение оселка; 1—оселок; 2—нож

в ножевой головке. Это необходимо во избежание ударов, поджогов и т. д. Заточку и фугование ножей практикуют на самом валу, избегая по возможности установки и выверки ножей при переточке. В этих целях используют специальные заточные и фугующие устройства, позволяющие затачивать ножи, не выни-

мая их из головки. Операции заточки и фугования ножей могут выполняться раздельно, однако лучшие результаты получаются при одновременном применении указанных способов.

Для сокращения простоя станков в период точки и фуговки ножей на ножевом валу применяются сменные ножевые головки.

Точность размеров и качество обработки ножей должны соответствовать ГОСТ 6567—53, а чистота поверхности — ГОСТ 2789—51.

Качество заточки ножей характеризуется соответствующей остротой лезвия, отсутствием заусенцев и выкрошившихся частей. Ширина режущей кромки ножа после заточки должна быть не более 0,008 мм, после правки и доводки ее необходимо снизить до 0,002—0,004 мм. Правка ножей допускается только со стороны фаски (рис. 33).

Окончательная форма придается детали путем выполнения операций по зашиповке, выборке гнезд и профилей. Очередность выполнения этих операций принимается в зависимости от требований по качеству. Если ставится задача получить деталь высокого качества, то в первую очередь следует выполнять операцию профилирования, а затем делать шипы и выбирать гнезда. Если к деталям не предъявляются требования высокого качества, то для удобства работы порядок операций может быть изменен.

Для обработки древесины лиственницы могут быть рекомендованы следующие фрезы:

насадные (цельные, составные цельные, со сменными вставными резцами и торцовые), которые имеют отверстия для насадки на шпиндель станка;

концевые фрезы (цельные фрезы затылованные и цельные фрезы незатылованные).

Концевые фрезы имеют стержень-хвостовик, посредством которого они закрепляются в специальном патроне или гнезде шпинделя станка. Цельные фрезы изготавливаются как одно целое тело с режущей частью, а составные комплектуются из отдельных цельных фрез. Фрезы со вставными резцами состоят из корпуса, в котором крепятся сменные резцы.

Из всех рекомендуемых фрез наибольшее применение находят цельные фрезы, так как они более уравновешены, биение их может быть доведено до минимума, а число оборотов можно допустить больше, чем для другого фрезерного инструмента со съемными деталями, болтами и закрепленными резцами. Лучшими фрезами следует считать затылованные цельные фрезы, так как при работе с ними требуются наименьшие усилия резания. Однако для изготовления затылованных фрез (рис. 34) необходимы специальные затылочные станки, что сопряжено с большими трудностями.

Особый интерес представляют фрезы с пластинками из твердых сплавов (рис. 35). Целые фрезы затачиваются по передней грани. При правильном конструировании фасонной поверхности затылка зуба обеспечивается неизменность профиля режущей грани и углов резания зубьев фрезы. Наклон передней грани остается всегда постоянным относительно радиуса, но диаметр фрез при многократной заточке изменяется.

Высокая изнosoустойчивость фрез с пластинками из твердых сплавов делает их применение экономически эффективным при

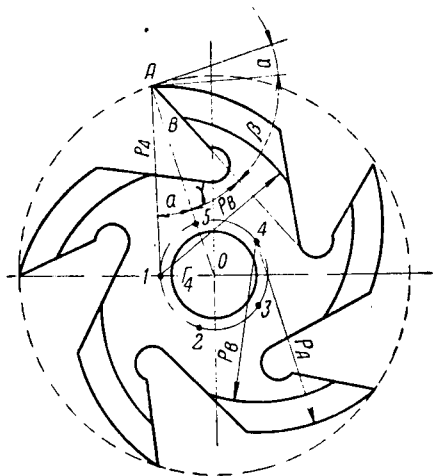


Рис. 34. Способ построения затылка зуба фрезы по дуге окружности, центр которой смещен относительно центра фрезы

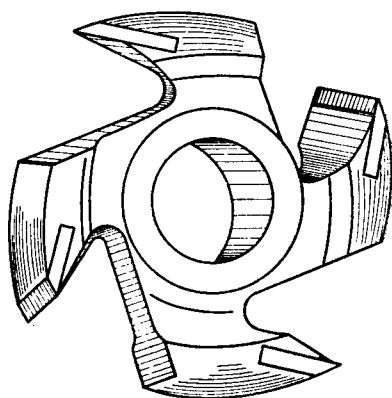


Рис. 35. Конструкция фрезы с пластинками из твердых сплавов

обработке лиственничной древесины. Такие фрезы могут быть применены при скоростном резании и особенно при работе автоматических линий, где требуются наименьшие затраты времени на перестановку режущего инструмента. Однако подготовка фрез с пластинками из твердых сплавов более трудоемкая. Каждую пластинку (режущую часть) нужно установить в корпусе фрезы и выверить на приспособлениях так, чтобы добиться точности размеров фрез.

Основное преимущество сменных фасонных резцов состоит в легкости их изготовления и возможности изготовления для обработки деталей малыми партиями.

Вставные резцы фрез могут быть плоскими с задней заточкой, прямыми с передней заточкой, кривыми, круглыми и комбинированными.

Необходимым условием при обработке древесины лиственницы является выполнение угла заточки, равного 60—65°. За-

точку таких резцов чаще всего осуществляют со стороны плоской режущей грани. Углы резания прямых резцов с передней заточкой, укрепленных во фрезерных головках, обычно выше средних нормальных значений, так как размеры задних углов фасонных плоскостей больше нормальных ($\angle \alpha = 30-45^\circ$) из-за конструктивных особенностей формы резцов. Вследствие этого угол заострения остается в нижних предельных значениях ($\angle \beta = 35-40^\circ$), но уменьшаются значения угла γ (рис. 36).

Вставные резцы фрез затачивают на специальном приспособлении заточного станка. Резцы, укрепленные и выравненные

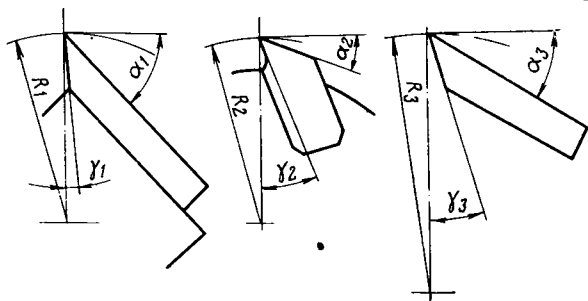


Рис. 36. Различные варианты заточки и расположения ножей

по окружности в специальных шайбах с вырезами для шлифовального круга, затачивают, сохраняя передний угол резца

$$\angle \gamma = \arcsin \frac{a}{R},$$

где:

a — величина смещения центра фрезы против плоскости шлифовального круга;

R — радиус окружности размещения ножей.

Фасонные резцы фрез имеют профиль осевого сечения фасонного кольца, отличный от профиля изделия. Концевые фрезы имеют хвостовики различной формы, которые укрепляются в патронах, шпинделях и т. д.

Концевые фрезы чаще всего используются на копировально-фрезерных станках для выполнения всевозможных работ по получению прямоугольных, фасонных и типовых гнезд и фасонной обработки отверстий или боковых поверхностей деталей. Концевые фрезы обычно работают в двух направлениях — продольном и перпендикулярном к оси фрезы. В связи с этим предусмотрены режущие элементы на торце и на боковых поверхностях (рис. 37). Если концевые фрезы предназначены для обработки деталей по контуру, торцевой заточки делать не следует.

Профессор А. Э. Грубе рекомендует, по соображениям прочности фрез, гнезда шириной до 10 мм при глубоком фрезеровании выбирать однорезцовыми фрезами, до 15 мм — двухрезцовыми и свыше 15 мм — трехрезцовыми [11].

Градация диаметра фрез берется равной 1 мм при диаметре фрез до 15 мм и 2 мм при диаметре свыше 15 мм.

Точность обработки концевыми фрезами обеспечивается правильным изготовлением самой фрезы (режущей части, формы). Непараллельность шпинделя станка или оси фрезы и направляющей поверхности суппорта подачи, несоосность шпинделя и патрона станка, эксцентричное закрепление фрезы в патроне, продольный изгиб фрезы, чрезмерное увеличение подачи,

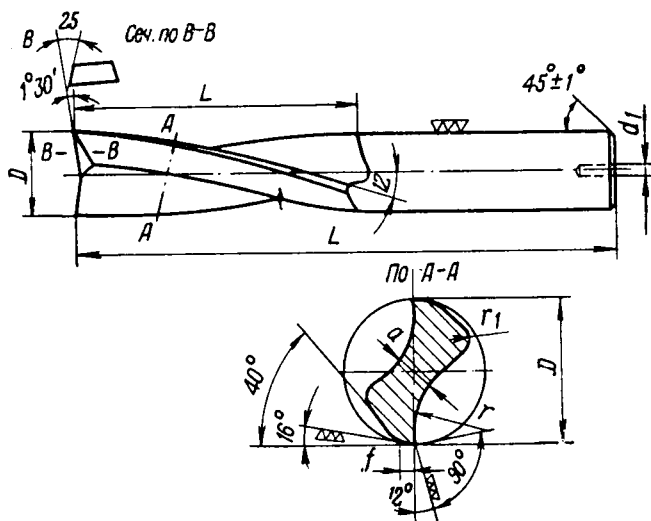


Рис. 37. Конструкция концевых фрез с винтовым расположением режущих кромок

а также зазоры в подшипниках шпинделя — все это отрицательно влияет на качество обработки деталей концевыми фрезами.

Брак при работе концевыми фрезами можно избежать, если тщательно настроить рабочие органы копировально-фрезерного станка и установить фрезу. Особое внимание нужно обращать на установку фрезы строго по центру к фиксатору, так как при смещении фиксатора брак неизбежен.

При изготовлении фрезы следует принимать допуск по диаметру в тело инструмента.

При использовании угловых и незатылованных фрез износ их в результате переточек можно не принимать во внимание, если фрезы устанавливаются в патроне правильно и приме-

няются специальные регулирующие механизмы для компенсации износа фрез.

Затылованные фрезы с изменением диаметра выходят из строя, поэтому срок их службы весьма ограниченный. Затылованные фрезы следует применять при необходимости получения деталей высокой точности. Пазовые элементы выполняются по третьему классу точности согласно ГОСТ 6449—53, а этому требованию вполне удовлетворяют незатылованные и угловые фрезы.

Для обработки древесины лиственницы следует рекомендовать однорезцовые незатылованные фрезы с задним углом $\alpha = 20 \div 25^\circ$ и углом затыловки $\varphi \approx 30 \div 50^\circ$.

Для выборки гнезд и отверстий применяют в основном сверла согласно существующей классификации, а также долота и фрезерные цепи. Последними пользуются редко.

Для циклевания и шлифования древесины лиственницы приемлемы те же инструменты, что и для других пород, однако при шлифовании лучше использовать шлифовальную шкурку с абразивом из гранита, как наиболее устойчивую для обработки данной породы.

ГЛАВА IX

СКЛЕИВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

За последние годы при склеивании древесины наибольшее применение нашли клеи из синтетических смол, которые по сравнению с клеями животного и растительного происхождения дают ряд преимуществ: повышение прочности и грибостойкости клеевого соединения, большую водоупорность, меньшую гигроскопичность, при использовании синтетических связующих в процессе склеивания в древесину вносится меньше влаги. Наряду с этим они имеют и некоторые отрицательные свойства, например повышенную токсичность. При обработке изделий, склеенных такими клеями, увеличивается затупляемость инструмента, а соответственно снижается производительность станков.

Для склеивания лиственничной древесины рекомендуются связующие на основе термореактивных и термопластичных синтетических смол. Клеи, получаемые на основе термореактивных смол (фенолформальдегидные, резорциноформальдегидные, мочевино-формальдегидные, меламина-формальдегидные), более приемлемы, чем термопластичные поливинилацетатные клеи. При склеивании древесины нашли также распространение композиционные клеи (фенольнорезорциновые, резорцино-фенольные, мочевино-меламиновые).

Важнейшие свойства главных видов синтетических связующих приведены в табл. 18.

Таблица 18

Показатели	Мочевинные клеи		Мочевинно-меламиновые клеи	Фенольные клеи		Резорциновые клеи
	жидкие	порошкообразные		горячие	холодные	
Срок хранения смолы в месяцах	3—6	1	3—6	3—12	3—12	3—6
Сухой остаток в %	50—70	50—65	60	50—70	70—75	—
Жизнеспособность клеев в ч*	$\frac{2-3}{24}$	2—8	≤24	≤24	1,5—4	2—3
Расход клея (на одну сторону) в г/см ²	150—200	100	80—120	75—100	150—250	250
Давление при склеивании в кг/см ²	≤20	≤18	10—25	7—20	3—5	2—5
Температура склеивания в °С*	$\frac{20}{100-125}$	40—135	100	130—150	10—60	18—20
Водостойкость**	2—3	2—3	1	1	1	1
Атмосферостойкость в умеренном климате***	2	2	1	1	1	1

* В числителе данные для клеев холодного отверждения, в знаменателе—для клеев горячего отверждения.

** 1—водостойкий при периодическом увлажнении и сушке;
2—водостойкий при длительном увлажнении;
3—ограниченно водостойкий.

*** 1—клеи, стойкие в наиболее суровых климатических условиях;
2—клеи, ограниченно стойкие в суровых климатических условиях.

Для прочного склеивания древесины необходимо иметь достаточно жидкий клеевой раствор, чтобы он мог проникать в открытые поры древесины и затем затвердевать там. Процесс отверждения клеев происходит в результате либо повышения температуры, либо понижения ее в зависимости от вида применяемого клея. Основной показатель качества клея—прочность клеевых соединений, которая характеризуется величиной разрушающих напряжений на скалывание, отнесенных к 1 см² клеевой поверхности, и характером разрушения поверхности. Прочность клеевых соединений колеблется в пределах от 30 до 300 кг/см². Для испытания образцов из древесины лиственницы (испытания проводят по ГОСТ 6336—52) следует установить норму прочности от 80 до 120 кг/см². При этом характер скалывания определяется по тому, как оно происходит: по древесине, по древесине и клею, по клею и древесине или по клею.

Если скалывание происходит по древесине или в основном по древесине и частично по клею, то в этом случае получают прочность как клеевого соединения, так и прочность на скалыва-

ние самой древесины. При скалывании в основном по клеевому слою и частично по древесине или только по клею получают прочность клеевых соединений.

Не менее важный фактор — водоупорность клеев, особенно для изделий, работающих в условиях наружного воздуха. В этих случаях следует применять клеи, прочность склеивания которых снижается не более чем на 30—60% после вымачивания склеенных образцов в воде при температуре 15—20° в течение 24 или 48 ч или в кипящей воде за 1 ч. Клеи из синтетических смол, как правило, удовлетворяют этому требованию, особенно водоупорные фенолформальдегидные клеи. Кроме того, они менее гигроскопичны.

При эксплуатации изделий в нормальных условиях (в отапливаемых помещениях) не приходится бояться разрушения клеевых соединений от микроорганизмов даже при использовании таких биологически нестойких клеев, как коллагеновые или крахмальные, не говоря уже о клеях из синтетических смол. Но при эксплуатации клееных изделий в наружных условиях клеи животного и растительного происхождения быстро загнивают, разрушаются и поэтому почти не приемлемы.

Ранее уже было сказано, что использование синтетических связующих затруднительно из-за их токсичности, особенно клеев на основе фенолформальдегидных смол, содержащих до 3% свободного фенола. При применении этих клеев следует предусматривать в цехах хорошую общую вентиляцию, а также отсос воздуха от тех рабочих мест, где проводится работа с ними. После полимеризации или поликонденсации синтетические клеи приближаются по своей структуре к пластическим массам: клеевой шов становится тверже древесины, что резко влияет на износ и затупляемость инструмента.

Подготовка древесины лиственницы к склеиванию

Технологический процесс изготовления клеевых конструкций состоит из следующих этапов:

- обработка древесины и подготовка поверхностей деталей к склеиванию;

- приготовление и нанесение связующих на склеиваемые поверхности;

- набор деталей в отдельный пакет с последующим прессованием;

- выдерживание деталей, пакетов или изделий после склеивания до полного отверждения клея в клеевом шве.

При подготовке древесины к склеиванию необходимо иметь в виду, что влажность древесины оказывает большое влияние на прочность склеивания. По данным отечественной и зарубежной практики, клеевые соединения получаются наиболее проч-

ными при влажности древесины 7—15%. Очень важно также, чтобы влажность склеиваемых деталей была одинаковой. Разность влажности склеиваемых деталей или деталей свыше 5% влечет за собой последующее коробление и расслаивание склеенных между собой элементов.

Следует учитывать увеличение влажности древесины и особенно поверхностей склеивания при нанесении на них клея, которое зависит от содержания влаги в клее и от толщины склеиваемых элементов.

При определении процента увеличения влажности древесины ΔW вследствие нанесения на нее клея пользуются следующей формулой:

$$\Delta W = \frac{\frac{W}{100} G (n-1)}{62,5 \frac{\sigma n}{12} 1000 \gamma} 100 = \frac{0,000192 W G (n-1)}{\sigma \gamma n},$$

где:

W — количество воды в 100 вес. частях клеевого раствора в g ;

G — вес клеевого раствора в g на 1000 $см^2$ склеиваемой поверхности;

n — количество склеиваемых элементов;

$n-1$ — число клеевых швов в пакете;

σ — средняя толщина каждого элемента в $см$;

γ — объемный вес сухой древесины.

При влажности древесины свыше 12% следует применять связующее с большим процентом сухого остатка.

Серьезное внимание уделяется подготовке деталей или деталей, подлежащих склеиванию. Все склеиваемые кромки и поверхности деталей должны быть плотно пригнаны или прифугованы, т. е. должны быть простроганы и выверены под плоскость. Для хорошего сопряжения все кромки деталей должны быть перпендикулярными к выровненным пластям. Во избежание получения толстых клеевых швов или непрочных склеиваемых поверхности должны быть обработаны до чистоты одинаковой степени.

Для получения чистой поверхности можно использовать строгальные пилы. Метод получения тонких деталей на круглопильных станках без последующей строжки имеет экономическое преимущество, но для высококачественной склейки рекомендовать его нельзя, так как прочность склеивания поверхностей, обработанных таким способом, снижается до 20%. Кроме того, увеличивается расход клея.

Поверхности могут склеиваться не только строганая по строганой, но и строганая по пиленой. При склеивании строганой поверхности с пиленой прочность будет несколько выше, чем

при склеивании пиленых поверхностей, так как склеиваемые плоскости в этом случае прилегают друг к другу более плотно. Отклонение в неровностях на пиленой поверхности не должны превышать 0,25 мм. Несмотря на высокие требования, предъявляемые при подготовке делянок, шлифование поверхностей не рекомендуется ввиду дополнительных трудозатрат на эту операцию и снижения прочности клеевого шва.

Для производства клеевых столярных изделий используют и высококачественную, и низкосортную древесину. Чтобы избежать отрицательного влияния пороков древесины на качество склеивания, надо помнить, что ослабление клеевого слоя от сучков и косослоя происходит при растяжении или сжатии их параллельно слою, а от трещины — при сдвиге, особенно если угол между трещиной и плоскостью сдвига приближается к нулю. При склеивании не рекомендуется смешивать детали тангенциальной и радиальной распиловки, так как набухание и усушка их при изменении влажности различна, что вызывает появление дополнительных напряжений в склеенном изделии. Поэтому необходима рассортировка деталей на две категории: тангенциальной и радиальной распиловки. Переходной границей считается угол 45°.

Сложность подбора материала для склеивания, увеличение трудозатрат, применение соответствующих клеящих материалов, оборудования и помещений усложняет производство клеевых изделий. Однако такие преимущества, как получение деталей и изделий с повышенной прочностью, использование низкосортной древесины, получение крупных деталей из небольших по размеру заготовок и делянок, сокращение сроков сушки тонких заготовок, возможность применения двух или более пород в склеиваемой детали и изделии, а также использование всех древесных пород для получения конструктивных элементов, открывают широкие возможности склеивания древесины и, в частности, древесины лиственницы — наиболее распространенной породы.

Способы склеивания древесины лиственницы

Различают следующие способы склеивания древесины: кро-мочное, торцовое, по пластям.

Кромочное соединение практикуется для получения из узких делянок широких щитов, из которых затем изготовляют полики, крышки столов, полки и т. д. Технологический процесс склеивания делянок следующий: сначала производится фуговка кромки в смежный угол и дополнительная строжка второй кромки, если делянка будет помещена в середину щита. Нанеся клей на прифугованные кромки, делянки укладывают гладкой пластью на ровную поверхность сборочной ваймы,

кромками друг к другу. Зажав набранный щит струбцинами, еще раз проверяют плотность прилегания пластей к плоскости ваймы. После проверки щит окончательно зажимают и выдерживают под необходимым давлением в течение определенного времени. Срок выдержки зависит от метода склеивания (холодный или горячий). Организация рабочего места при склеивании щитов может быть различной в зависимости от метода склеивания и вида применяемых связующих.

Холодный метод склеивания щитов менее удобен, так как требует большого количества струбцин, дополнительных транспортных операций, а также значительного увеличения производственных площадей. Кроме того, производительность труда ниже, чем при горячем методе.

В настоящее время в производстве широко практикуются ускоренные процессы склеивания с применением высокочастотного нагрева.

Особенно широко для этих целей используется ребросклеивающий станок, который выполняет три функции: держит клеевой шов под давлением во время рабочего цикла, сохраняет плоскую форму щита и подводит высокочастотную энергию к клеевому шву. При склеивании боковое давление должно быть достаточным, чтобы сжимаемые бруски или делянки не расходились, а клеевой шов был в условиях, исключающих вскипание клея при быстром отверждении. Сила прижима определяется толщиной и длиной склеиваемых заготовок. Для предотвращения выпучивания, возникающего в щите под действием бокового давления, и для выпрямления покоробленных делянок создается дополнительное вертикальное давление.

При получении плоских поверхностей щита и плотного клеевого шва должна быть правильная последовательность в создании давления. Сначала дают некоторое вертикальное давление, затем небольшое боковое. После этого вертикальное и затем боковое давление доводят до полного. Если такую последовательность не соблюдать, щит может получиться с неровной плоскостью и плохо подогнанными рейками. Склеенные таким образом щиты после выдержки направляются на строгальный станок для строжки по толщине в размер.

Склеивание по пластям мало отличается от принципа склеивания по кромкам. В этом случае необходима фуговка пласти, а после склеивания требуется также строжка в размер.

Торцовое соединение позволяет наиболее полно использовать древесину лиственницы. Для склеивания впритык применяется пресс непрерывного действия с подающим и прижимным устройством. Для торцового склеивания древесины возможны следующие типы соединений: зубчатые, пальцевые, гладкие, косые и в скобку. Для выполнения таких типов соеди-

нений требуются специальные приспособления и инструменты, но они обеспечивают более высокую прочность соединения, чем торцовые впритык. Тип соединения выбирают в зависимости от назначения склеиваемых деталей и имеющегося оборудования.

Вопрос фанерования лиственничной фанерой полностью не изучен, однако проведенные научно-исследовательские работы в СвердловНИИПДреве и в ВСНИПИЛесдреве позволяют рекомендовать режимы фанерования в прессах с горячим обогревом на смоле МФ-17:

Температура плит в °С	105—110
Время запрессовки в мин	8—10
Удельное давление в кг/см ²	3—4

Время склеивания при фанеровании можно резко сократить, используя для нагрева инфракрасные лучи, токи промышленной частоты и токи высокой частоты.

Важнейшим фактором, обеспечивающим необходимое качество склеивания при нагреве ТВЧ, является достаточное и равномерное давление по всей склеиваемой поверхности, так как брак при склеивании в основном сводится к местному или общему отставанию. Брак происходит из-за несоблюдения режимов склеивания. Расслаивание может получиться при голодной клеевой прослойке, при недостаточном давлении или нарушении сроков выдержки под давлением. Частичное отставание является результатом неправильного распределения давления по всей склеиваемой поверхности (неровная укладка пакета, неодинаковая толщина, неправильная форма фанеруемых деталей, загрязненная склеиваемая поверхность). Неправильная укладка пакета и неправильное регулирование давления вызывают образование складок, пузырей, набегов (одна кромка фанеры набегает на другую). Во избежание коробления, получающегося при неравномерном распределении напряжения в склеиваемом материале, выдержку необходимо проводить до полного уравнивания влажности в древесине.

ГЛАВА X

ОТДЕЛКА ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Лиственничная древесина имеет на тангенциальном и радиальном срезах рисунок с характерным буроватым оттенком. Мебель, фанерованная лиственничной строганой фанерой с последующей прозрачной отделкой, полностью отвечает эстетическим требованиям, предъявленным к ней.

Высокие физико-механические свойства и неограниченность

запасов лиственницы предопределяют ее использование в производстве мебели.

Отделка лиственничной древесины состоит из следующих технологических этапов [64]: столярной подготовки древесины; крашения; грунтования; лакирования; располирования или глянцеваания.

Столярная подготовка древесины заключается в заделке и шлифовке оставшихся на ее поверхности после машинной обработки вмятин, царапин и других следов от режущего инструмента и приспособлений. При отделке прозрачными лаками дефекты на поверхности будут сильно заметны, особенно если древесина подвергнута воздействию окрашенных порозаполнителей.

Перед операцией крашения с окрашиваемой поверхности удаляется древесная пыль, остатки клея, пыль от наждачной шкурки и т. д.

Крашение. Годовой слой древесины лиственницы по своему химическому составу неоднородный, поэтому ее текстуру необходимо обогащать и изменять окраску. Проведенные исследования показали, что при воздействии химическими веществами на древесину лиственницы эта неоднородность приводит к цветовым эффектам внутри слоя, к обогащению и углублению рисунка древесины. Для крашения рекомендуется применять следующие химические реактивы:

- а) 2,5—5%-ный раствор хлорного железа;
- б) раствор коричневого кислотного хрома (0,3%) с уксусной кислотой (2%) и алюминиевыми квасцами (1,1%);
- в) 2,0—5,0%-ный раствор двуххромовокислого калия с последующим нанесением 0,2%-ного раствора марганцевокислого калия;
- г) 2,5—5,0%-ный раствор двуххромовокислого калия;
- д) 2%-ный раствор резорцина с последующим нанесением 1—3%-ного раствора хромпика.

Древесина лиственницы при внесении красителей обогащается и приобретает приятную окраску, особенно при использовании растворов солей (а, г, д). Применением указанных растворов можно изменять цвет у древесины лиственницы до серо- (а), светло- (б), желто- (в, г), красно-коричневого (д). При окраске лиственницы синтетическими красителями цвет ее изменяется и текстура затушевывается.

На качество подкрашивания древесины лиственницы существенное влияние оказывают:

- физическое состояние древесины;
- неравномерность распределения дубильных веществ и их различный состав;
- вид красителей и состав рабочих растворов.

Не следует рекомендовать обязательное подкрашивание древесины, так как технологический процесс отделки может начинаться непосредственно при фанеровании древесины. Поскольку при фанеровании имеет место пробитие клеев, допускается пропитка строганой фанеры грунтовками, составленными на основе смолы МФ-17.

Приготовление рабочего красильного раствора заключается в непосредственном смешении компонентов в воде, нагретой до 60—80°С. Вода для этих целей должна быть мягкой или средней жесткости. Использование жесткой воды возможно при добавлении 1,25 г кальцинированной соды на 1 л воды с последующим отстаиванием и сливом без взмучивания осадка. В подогретой воде должно быть полное растворение смешиваемых компонентов. Приготовленные таким образом красители профильтровываются.

Для лучшего проникновения в поры древесины растворов солей допускается добавление нашатырного спирта 50 см³ на 1 л раствора.

Грунтование. После крашения ведется грунтование поверхности древесины грунтовками ГМ-11, ГМ-12, ЦНИИМОД, УкрНИИМОД. Сушка грунтованной поверхности ведется в течение 2 ч при температуре 18—20°С до полного высыхания.

Состав мебельной грунтовки в вес. частях следующий:

смола МФ-17 — 55; вазелиновое масло — 15; уайт-спирит — 10; ОП-10 — 10; 5%-ный раствор щавелевой кислоты — 10.

Отделка древесины лиственницы без грунтовки не рекомендуется, так как ранняя древесина годового слоя как бы набухает и выступает на поверхность, ухудшая качество отделки.

Лакирование заключается в нанесении применяемых лаков поверх порозаполнителей с их последующим шлифованием и разравниванием.

Рекомендуется проводить 3—4-кратное лакирование лаками ТК-3 и № 754 с вязкостью 25—27 сек по ВЗ-4. Нанесение лакового покрытия должно быть перекрестное во избежание дефектов отделки. Выдержка между покрытиями не менее 1 ч. Сушка лакового покрытия при температуре 18—20° ведется в течение двух суток. Наносить лак лучше из пистолета при давлении 4 атм с расстояния в 300 мм со скоростью разбрызгивания 16—20 м/сек. При лакировании не должно допускаться воздушных пузырей, подтеков и пропусков, а поверхность должна быть глянцевая с равномерно распределенной пленкой. Древесина лиственницы, грунтованная грунтовками ГМ-11, ГМ-12 и покрытая за 3—4 раза лаком № 754, имеет натуральный цвет, но тон получается слабее по сравнению с лаковым покрытием ТК-3.

Покрытую лаком поверхность древесины следует подвергать мокрому шлифованию шкуркой № 140—160 с уайт-спиритом,

Эту операцию выполняют как вручную, так и специальными механизмами.

Располировка и глянцеование. Лаковый слой располировывают полировочными пастами № 290 и полировочной жидкостью № 18, а гляncуют плюшем или мехом. Поверхность должна иметь зеркальный блеск без пропусков и шагрени.

Отделка древесины считается не законченной, если на поверхности лакового покрытия остаются масла. Для выведения масел может быть применена паста «Люкс» следующего состава в %: вода — 42; масла взмученного — 26; масла вазелинового — 3,2; глицерина — 8,8; веретенного масла — 20.

В результате выполнения всех технологических этапов пленка на поверхности древесины получается с зеркальным блеском (по рефлекторскопу 9-го класса).

Древесина лиственницы имеет в своем составе большое количество смолы (до 12%), однако специального обессмоливания проводить не следует, так как в этом случае древесина меняет естественный цвет и становится буровато-коричневой с неравномерным тоном.

ГЛАВА XI

ГНУТЬЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

В результате машинной обработки древесины образуется большое количество отходов, особенно при изготовлении криволинейных деталей. Один из видов рациональной обработки древесины — гнутье, которое позволяет не только сокращать расходы древесины на изготовление криволинейных деталей, но и избегать перерезания волокон, улучшать механические свойства деталей и конструкцию изделий мебели.

Различают два вида гнутья:

гнутье древесины с одновременным прессованием;

гнутье древесины с одновременным склеиванием.

Гнутье с одновременным склеиванием в сравнении с гнутьем, основанным на гидротермической обработке, имеет такие недостатки: возникают дополнительные затраты, связанные с расходом клеевых материалов; увеличивается объем работ по изготовлению элементов детали; требуется подбор склеиваемых пластин по текстуре и цвету; наличие клеевых швов повышает затупляемость режущего инструмента при обработке сторон с клеевыми швами.

Преимущества гнутья с одновременным склеиванием по сравнению с первым способом: возможно применение менее качественной древесины разных пород; увеличивается стабильность приданной формы; повышается прочность деталей и уменьшается неоднородность качества древесины; возможно

более рационально использовать технические свойства древесины в зависимости от ее качества и условий работы; сохраняется натуральный цвет древесины; возможно получение деталей с кривизной любого радиуса и любой толщины; сокращается продолжительность сушки деланок за счет уменьшения их толщины.

Как в первом, так и во втором случае режимы обработки каждой породы различные. Большая разница в режимах наблюдается при обработке лиственных и хвойных пород и особенно лиственницы.

При гнутье большое значение имеет процент ранней древесины в годовом слое (в лиственных он больше, чем в хвойных).

Гнутье с одновременным прессованием древесины лиственницы

Технологический процесс гнутья древесины лиственницы состоит из следующих основных технологических этапов [22], [23], [24], [25], [68]:

- раскрой пиломатериала на черновые заготовки;
- гидротермическая обработка заготовок;
- гнутье деталей;
- сушка согнутых заготовок;
- машинная обработка гнутых заготовок;
- сборка гнутых деталей.

Кряжи рекомендуется распиливать вразвал, чтобы наиболее полно использовать ценную заболонную древесину. С целью получения прямослойных заготовок каждую доску нужно раскраивать отдельно после разметки. При раскрое пиломатериала на заготовки следует обращать особое внимание на разметку и точность выпилки заготовок по длине. Неодинаковой длины заготовки при одновременном гнутье будут иметь разрывы волокон с выпуклой стороны. Длина заготовок предусматривается на 2 мм меньше длины шины, измеряемой между загнутыми концами с тем, чтобы шина воспринимала растягивающие усилия после небольшого изгиба заготовок.

Раскрой доски по ширине следует начинать вдоль обзола по сбегу, затем в размер до середины доски. Перевернув доску, вторую половину нужно раскроить так же, как и первую (рис. 38). Отход в виде конусообразного отрезка не используется в производстве гнутых деталей. Малосбежистые доски обрабатываются также с обзола.

При раскрое досок в первую очередь надо заготавливать длинномерные детали. Короткие, как правило, можно получать из отбракованных крупномерных заготовок и концов досок.

Как показали исследования, проведенные в ЦНИИМОД, для гнутья может быть использована только заболонная часть: сердцевинная для этих целей не пригодна.

Заготовки для деталей с круглым сечением перед предварительной сушкой до влажности 25—30% необходимо обточить на круглопалочных или токарно-копировальных станках, так как

такие заготовки более транспортабельны и легче обрабатываются.

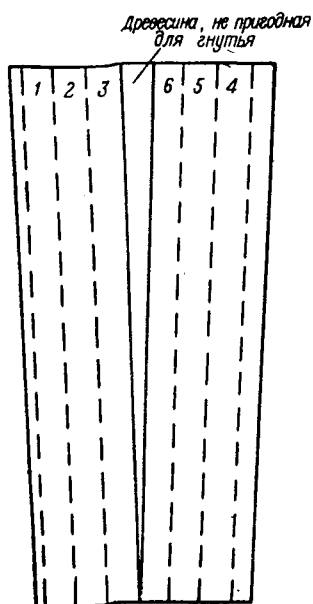


Рис. 38. Очередность выпилки деталей из необрезной доски

Перед гнутьем заготовки пропариваются в течение 40 мин для придания древесине пластичности за счет воздействия пара на лигнин и пектиновые вещества. Давление пара при этом должно быть 0,2—0,5 ати. Эта технологическая операция выполняется в полном соответствии с заданным режимом, так как перепарка вредна: она дает жмотины и продольный сдвиг. При недостаточной парке возникают разрывы волокон, сдвиги. Пропаренные перед гнутьем заготовки быстрее сушатся и в них не появляются внутренних напряжений. Предварительно подсушенные заготовки изгибаются лучше, чем влажные, и брак при гнутье сокращается [22].

При производстве гнутых деталей необходимо учитывать основные условия:

1. Отношение высоты бруска к радиусу изгиба. Чем больше это отношение, тем труднее заготовка поддается гнутью.

2. Длина изгибаемой части бруска должна быть определенной, а длина изгиба части бруска ко всей длине может колебаться от 20 до 100%.

3. Выбор места расположения изгибу должен быть определен в середине или по краям.

4. Форма поперечного сечения бруска может быть круглой, квадратной и прямоугольной, однако бруски круглой формы гнутся лучше.

Необходимо также учитывать неравномерность сопротивления нагрузки древесины различных пород, особенно хвойных (рис. 39).

Характеристикой неравномерности может служить отношение временного сопротивления древесины сжатию поперек волокон к временному сопротивлению сжатию вдоль волокон (табл. 19).

Показатели	Порода древесины						
	ель	лиственница	дуб	вяз	ясень	бук	сосна
Временное сопротивление сжатию вдоль волокон в кг/см^2 . . .	251	468	447	445	376	392	619
Временное сопротивление сжатию поперек волокон в кг/см^2 . . .	43	62	156	135	97	100	56
Отношение временного сопротивления сжатию поперек волокон к сжатию вдоль волокон	0,15	0,13	0,35	0,30	0,26	0,25	0,09

Из этого отношения следует, что для использования древесины лиственницы в производстве гнутых деталей необходима предварительная подпрессовка в поперечном направлении.

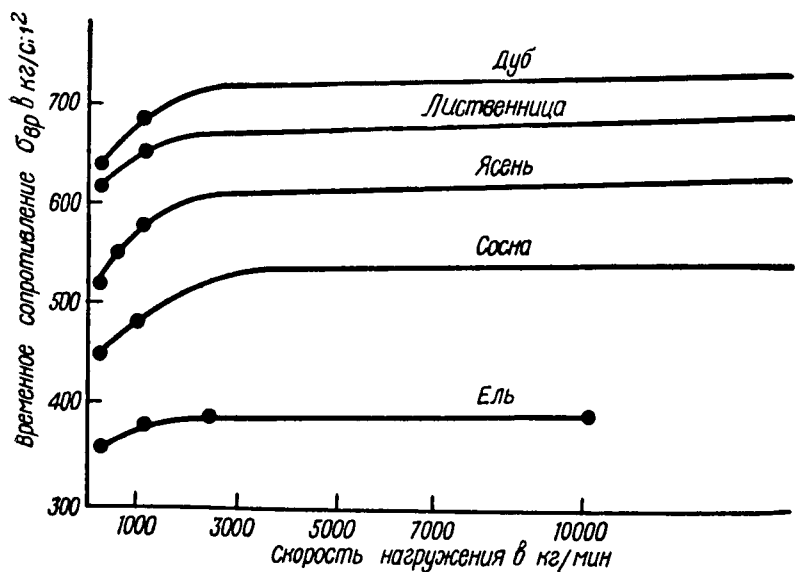


Рис. 39. Зависимость прочности древесных пород от скорости нагружения при испытаниях

Из наблюдений И. И. Леонтьева установлено, что при гнутье древесины лиственницы, лучшие результаты получаются с применением шаблонов с насечкой, шаг которой до 5 мм и высота

3 мм. Однако гнутье древесины лиственницы нельзя признать удовлетворительным из-за малых скоростей изгиба. Например, при гнутье бруска сечением 90×60 мм при условии, что после гнутья бруски будут спрессованы до размера 60×60 мм при радиусе изгиба 400 мм, скорости принимались 180 и 360° в минуту. Положительные результаты получены при 180° в минуту и менее желаемые при 360° в минуту.

Однако малые скорости не могут быть приняты, так как они способствуют значительному охлаждению пропаренных заготовок, а следовательно, потере пластичности лиственничной древесины. При малых скоростях гнутья пропускная способность гнута́рного оборудования соответственно меньше. Скорости гнутья могут быть значительно повышены при дальнейшем изучении этого вопроса.

Отношение $\frac{h}{R}$ — основной показатель при гнутье. С увеличением отношения $\frac{h}{R}$ увеличивается трудность изгиба, растет процент брака при гнутье и резко снижаются механические свойства древесины. Наибольший процент брака (от 25% и выше) будет при наибольшей величине отношения $\frac{h}{R} = 1$.

Отношение $\frac{h}{R} \leq \frac{1}{20}$ дает возможность проводить гнутье заготовок без специальных приспособлений, так как напряжения растяжения меньше напряжений, вызывающих разрыв волокон на выпуклой стороне. Разрыв волокон может происходить при отношении $\frac{h}{R} > \frac{1}{20}$, в этом случае потребуется применять шины.

Величина отношения толщины изгибаемого бруска к радиусу изгиба — показатель, характеризующий возможность появления дефектов при гнутье как с применением специальных приспособлений (шина, торцовое и боковое давление), так и без них. Наложение шин позволяет гнуть древесину при меньших радиусах и большей кривизне без появления брака.

Шины следует изготавливать из стали марки СТ.25, СТ.30 толщиной от 1,0 до 1,5 мм. При более высокой марке стали выбирают наименьшую толщину ленты. Длина шины принимается в зависимости от длины детали:

$$L_{\text{ш}} = L_{\text{д}} + 50 \text{ мм},$$

где:

$L_{\text{ш}}$ — длина шины в мм;

$L_{\text{д}}$ — длина детали в момент гнутья в мм.

На качество гнутья древесины оказывает существенное влияние величина торцового давления. Чем больше торцовое давление, тем активнее участвует шина в сопротивлении растягиваю-

щим усилиям, которые возникают в растянутой зоне изгибаемого бруска, и тем меньше возможность разрыва волокон. Чрезмерно большие торцовые давления вызывают перемещение нейтральной оси к выпуклой поверхности изгибаемого бруска.

Во избежание смещения оси рабочую длину шины в момент гнутья нужно увеличивать путем постепенного отвода торцового упора. Работа шины непосредственно связана с действием торцового упора. При изгибе древесины лиственницы без разрыва волокон допускаются деформации растяжения волокон в пределах 2%, а сжатия — 35% от первоначальной длины.

Регулированием величины торцового давления в процессе гнутья древесины путем перемещения подвижного торцового упора достигается необходимое соотношение между напряжением растяжения и сжатия в изгибаемом бруске, которое обеспечивает требуемое качество при гнутье древесины. Осевое сжатие, необходимое при натяжении шины в целях плотного прилегания ее к поверхности бруска и создания требуемой силы трения между шиной и рейкой до гнутья, для древесины лиственницы составляет 18—20 кг. Величина торцового давления 180—200 кг.

На качество гнутья древесины лиственницы оказывает существенное влияние размер бокового и поперечного давления в точке, где брусок впервые соприкасается с шаблоном. При недостаточной силе трения и высоком торцовом давлении, из-за проскальзывания бруска по шаблону, неплотного прилегания шины к бруску и складок, возможно появление отщепов. При боковом поперечном давлении древесина непрерывно прижимается к шаблону, что предотвращает появление отщепов. Величина бокового прижима изгибаемой заготовки из древесины лиственницы к шаблону принимается 40—50 кг на 1 см ширины заготовки.

При гнутье древесины лиственницы необходима предварительная подпрессовка нажимным роликом. Прессование заготовки нажимным роликом проводится одновременно с гнутьем в момент касания ее к рифленому шаблону. Этот способ гнутья с прессованием дает положительные результаты при обработке древесины лиственницы.

Чтобы сохранить приданную заготовкам кривизну, их в шаблонах высушивают в сушильных камерах периодического или непрерывного действия до влажности 8—10%.

Основным требованием при сушке является установление такого режима, при котором без растрескивания и коробления можно достичь минимальных сроков сушки до необходимой влажности.

Правильно выбранные температура и влажность равномерно поступающего в камеру воздуха, а также правильно уло-

женный материал в камере позволяют достигнуть равномерного просыхания.

Конструкция сушильных камер должна обеспечивать возможность регулирования температуры и влажности воздуха и возможность создания требуемых скоростей движения воздуха по материалу.

Гнутые заготовки из древесины лиственницы в шаблонах сушат по режимам, указанным в табл. 20.

Таблица 20

Влажность материала в %	Температура по сухому термометру в °C	Температура по мокрому термометру в °C	Относительная влажность воздуха в %
30	70	68	91
25	70	65	78
20	70	61	63
15	70	57	52

Для сушки древесины лиственницы от влажности 30% до 10% по указанному режиму требуется 17—18 суток, в то время как для сосны в тех же условиях около 8 суток.

При сушке наблюдается уменьшение радиусов загиба в сравнении с тем радиусом, который был придан гнутьем. В этих целях радиусы загиба шаблонов проектируют заведомо большими.

После сушки гнутые заготовки от шин освобождаются не сразу, а через некоторое время, необходимое для остывания, т. е. через 4—5 ч.

Недосушенные заготовки не сохраняют приданную им кривизну, плохо склеиваются и обрабатываются режущими инструментами. В лучшем случае такие заготовки используются с дополнительными затратами труда (перед сборкой необходим подбор парных по кривизне деталей).

Как бы тщательно ни проводился процесс гнутья, некоторые дефекты неизбежны. Основные из них следующие: складки в сжатой зоне изгибаемых брусков; сдвиги годовичных слоев; разрывы волокон древесины в растянутой зоне; ромбовидность сечения в согнутой детали; боковые выпучины; неравномерность величины прессования в отдельных участках бруска.

Первый дефект возникает в том случае, когда заготовки имеют сучки. При отсутствии сучков такие дефекты могут быть при недостаточном удельном давлении в момент прессования, недостаточной пропарке древесины (недопарке), большом тор-

цовом давлении в процессе гнутья или недостатке сил трения между шаблоном и брусом.

Второй дефект, влияющий отрицательно на прочность гнутой детали, может получаться при неправильной форме прокладок между торцом бруса и задним торцовым упором, а также при перегибе бруса в конце изгиба.

Недостаточная натяжка подсобной шины после изгиба, неплавный отход подвижного торцового упора в процессе гнутья и имеющиеся пороки в древесине способствуют получению брака в виде сдвига годичных слоев.

Разрывы волокон в растянутой зоне получаются при недостаточном участии основной шины в сопротивлении растягивающим усилиям, недостаточном уплотнении волокон изгибаемого бруса в подшинной части в результате прессования со стороны бокового ролика, недостаточной пропарке древесины перед гнутьем или применении пропарки перегретым паром, при наличии пороков в древесине и малой величине высоты подсобной шины.

Ромбовидность сечения в согнутой детали получается, когда годовые слои в изгибаемой заготовке отклоняются от параллельности к оси гнутого вала больше чем на 40—50°. Если расстояние от накладки рифленого шаблона до диска станка не соответствует ширине изгибаемого бруса, ромбовидность неизбежна. Она будет и при недостаточной выдержке изогнутого бруса в шаблоне.

Боковые выпучины могут быть при высокой начальной влажности изгибаемого бруса и в тех случаях, когда направление годовых слоев в нем перпендикулярно оси гнутого вала или когда попадают сучки в сжатой зоне изгибающего бруса.

Неравномерность величины прессования в отдельных участках бруса при отсутствии других дефектов не является браком, но затрудняет машинную обработку деталей.

Изготовление гнутых деталей из древесины даурской лиственницы

Технические условия на изготовление гнутой мебели и других изделий из лиственничной древесины пока не выработаны, однако изготавливать изделия из древесины лиственницы необходимо, руководствуясь требованиями народного хозяйства.

Гнутые детали из древесины лиственницы должны регламентироваться в размерах и по качеству.

Размеры по высоте и ширине не должны отклоняться более чем на 2 мм.

В деталях не допустима гниль всех видов. Синевая и заболонь возможны, так как они не ухудшают качество детали.

Сучки несквозные можно допустить диаметром до 25 мм; здоровые, вполне сросшиеся с древесиной — не более двух штук на 1 пог. м; диаметром до 7 мм — без ограничения.

Трещины глубиной более 5 мм, получаемые при обработке, не допустимы, до 5 мм допускаются без ограничения размера по всей длине, ширине и количеству. Допускаются косослой, отщепы и отколы — до 30 мм на 1 пог. м; забитости и жмотины глубиной не более 6 мм — без ограничения; расколы с концов деталей — до 80 мм; ромбовидность сечения, если максимальное отклонение от прямоугольника не превышает 5 мм.

Необходимо, чтобы все детали при влажности 8–2% абс. имели требуемый радиус кривизны.

Можно рекомендовать переработку крупногабаритных деталей на более мелкие, если детали получились дефектными с превышением допустимых отклонений.

Гнутье древесины лиственницы с одновременным склеиванием

Древесина лиственницы, помимо гнутья с одновременным прессованием, может применяться в производстве гнутых деталей с одновременным склеиванием [27], [47], [68].

Сущность способа склеивания заключается в том, что намазанные клеем пластинки из древесины склеиваются при запрессовке, получая заданную конфигурацию. Кривизна обеспечивается посредством контршаблона с созданием давления при помощи клиньев, эксцентриков, гидравлического шланга, пневматических подушек и т. п.

Гнутье может быть с предварительными пропилами с применением заполнителей, а также с пропилами в заполнителе.

Закладка тонких деленок в шаблон и запрессовка должны вестись до схватывания клея по определенному режиму, соответствующему режиму склеивания клеем данного вида.

Получение криволинейных деталей способом гнутья с одновременным склеиванием принципиально отличается от обычного способа гнутья отсутствием предварительной гидротермической обработки с последующей сушкой заготовок для сохранения заданной конфигурации.

При гнутье со склеиванием возникшие упругие деформации нейтрализуются тем, что пласт с растянутыми волокнами древесины соединяется с пластом, имеющей сжатые волокна.

Установленная форма заготовки при гнутье сохраняется благодаря склеиванию. Интересно, что при этом большая величина отношения $\frac{h}{R}$ достигается без специальных приспособлений (шины и торцового упора) и без гидротермической обработки.

Как правило, гнутье с одновременным склеиванием проводят холодным способом в специальных шаблонах.

Отношение $\frac{h}{R}$ для холодного гнутья лиственничной древесины указывается в табл. 21. Данные величины, установленные практикой, обеспечивают бездефектное гнутье набранных пластинок хвойных пород (сосны, лиственницы, пихты) при влажности от 8—10%, без специальных приспособлений.

Таблица 21

Толщина заготовок в мм	Радиус кривизны заготовки в мм	Количество пластинок в заготовке в шт.	Толщина пластинок в мм
8	50—100	4	2
10	50—100	5	2
15	101—200	5	3
20	201—300	5	4
25	301—500	5	5

Гнутоклееные детали нашли широкое применение, так как они устойчивы и прочны, а расход древесины при их изготовлении значительно сокращается в сравнении с изготовлением деталей из массива.

Наибольшее применение в производстве мебели находят гнуто-пропильные элементы. Способ получения таких элементов требует включения дополнительных операций (пропила, вставки шпона в пропилы и т. д.), но выгоден тем, что на гнутье не требуется большого расхода тепла и затрачивается меньше времени на пропарку и выдержку после гнутья.

Для качественного гнутья количество пропилов следует делать из расчета один пропил на толщину или ширину в 10 мм, — при этом условии можно избежать перенапряжения древесины. Пропилы рекомендуется делать набором пил на лобзиковых станках или пильных рамках. Толщина пропилов устанавливается от толщины применяемого для вставки шпона (1—1,5 мм). В пропилы вставляются намазанные клеем элементы из шпона и затем бруску придается необходимая форма путем изгиба.

Есть еще один способ изготовления гнутоклееных деталей — склейка их из реек с одновременным гнутьем. Толщина реек должна быть не более 9—10 мм. Лучше использовать рейки, полученные непосредственно от строгальных пил. Однако детали, выклеенные из различных реек, будут неоднородны по цвету и потребуют больших припусков на обработку. Последний недостаток можно избежать при условии выклейки блоков из

досок или шпона с последующей распиловкой на заготовки. Можно таким образом получить блоки и с замкнутым контуром. Для выклейки блоков требуется подбирать доски или шпон по ширине и затем комплектовать в пачки с дальнейшей обрезкой до заданного размера.

При изготовлении замкнутых контуров из листов шпона ширина этих листов, навиваемых на оправку, должна соответствовать длине оправки, которая в свою очередь должна быть кратной ширине деталей с учетом припуска на машинную обработку. Оправка должна быть длиной не более 500 мм. Ширина навиваемого на оправку шпона рекомендуется не более 300 мм. Толщина шпона — от 2 до 2,5 мм. Материал тоньше 2 мм и особенно менее 1 мм имеет большую гофристость, что затрудняет навивание его на оправку, увеличивает его расход и приводит к снижению производительности навивочного станка. При использовании шпона толщиной более 1 мм его концы следует заусовывать. Длина заусовки определяется по формуле

$$\frac{S}{l} = \frac{1}{15} \div \frac{1}{20},$$

где:

S — толщина шпона в мм;

l — длина усованной части листа в мм.

При изготовлении замкнутого контура количество листов, необходимых для образования блока с контуром правильной окружности, определяется по формуле

$$m = \frac{\pi (D + h) h}{lS},$$

где:

m — количество листов в шт.;

D — наружный диаметр правки в мм;

h — толщина стенки блока в мм;

l — длина листов шпона в мм.

Для трапециевидного блока количество листов можно определить по формуле

$$m = \frac{(L_1 + L_2) h}{2lS},$$

где:

L_1 — наружный периметр детали в мм;

L_2 — внутренний периметр детали в мм.

При сборке листов шпона в блоки клей рекомендуется для качественного склеивания намазывать только с одной стороны листа, так как плотное прилегание отдельных листов друг

к другу обеспечивается металлической лентой с величиной натяжения 0,10—0,15 кг/мм².

Процесс склеивания шпона или пластинок в блок с одновременным гнутьем должен проводиться с определенным удельным давлением, которое обеспечивало бы необходимое качество получаемых деталей. Удельного давления в 3—5 кг/см², принимаемого для обычного склеивания, оказывается недостаточно. При таком удельном давлении в результате дальнейшей обработки по контуру образуются трещины и отщепы. Поэтому при гнутье с одновременным склеиванием следует рекомендовать удельное давление 10—15 кг/см².

Технологический процесс изготовления гнутоклеевых деталей заканчивается машинной обработкой до придания детали окончательной формы, т. е. точной формы и размеров. Часть обработки рекомендуется проводить до гнутья, в частности, строгание. В этом случае, в результате уменьшения сечения блока, усилия для гнутья потребуются меньшие. Операции сверления и подобные им на гнутой части следует производить после гнутья, так как круглые отверстия и сечения, выполненные до гнутья, превращаются в эллиптические.

ГЛАВА XII

ПРЕССОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Прессование — обработка древесины давлением, приводящая к уплотнению ее структуры за счет сокращения внутриклеточных и межклеточных полостей. Основная цель прессования древесины — улучшение ее физико-механических свойств, т. е. уменьшение неоднородности строения и повышение прочности. Такое облагораживание древесины лиственницы дает возможность в ряде случаев заменять ею другие, более ценные древесные породы, такие как дуб и бук, а также цветные и черные металлы в ряде отраслей промышленности.

Прессование древесины давно уже нашло широкое применение в технике. В качестве исходного сырья для производства прессованной древесины и деталей наиболее выгодны лиственные рассеянопоровые древесные породы: береза, бук, граб, клен, осина, липа и ольха. Из кольцепоровых древесных пород находит применение ясень, из хвойных сосна, ель и пихта.

Особенности прессования древесины лиственницы

Использование древесины лиственницы для прессования началось сравнительно недавно.

Основные трудности прессования древесины лиственницы обусловлены особенностями ее анатомического строения. Ранее

было отмечено, что ни одна древесная порода не имеет столь резкого различия в плотности ранней и поздней древесины, как лиственница. Немаловажную роль играет также то, что между ранней и поздней древесиной у лиственницы переход не постепенный, как у древесины большинства других пород, а резко очерченный. Поэтому при сжатии древесины лиственницы поперек волокон, особенно в радиальном направлении, прочность ее определяется в основном прочностью ранней древесины, предел сопротивления которой сжатию поперек волокон значительно ниже, чем у поздней древесины.

В результате возникающих в древесине лиственницы напряжений сжатия деформации в ранней и поздней древесине разные. Наибольшие деформации происходят в ранней древесине. При прессовании в радиальном направлении уплотнение происходит в основном за счет упрессовки ранней древесины. Такое неравнозначное уплотнение ранней и поздней древесины при неправильном режиме прессования может привести к разрушению стенок трахeid ранней древесины, что повлечет за собой снижение механических свойств прессованной древесины.

Прессование основано на способности нагретой и увлажненной древесины значительно деформироваться без разрушений под воздействием приложенных сжимающих усилий. Способность древесины к таким деформациям в клеточных оболочках обусловлена повышенной эластичностью полимеров и других высокомолекулярных соединений, из которых состоит древесина. Существует неверное представление, что при гидротермической обработке древесины, например, при пропаривании или проваривании, повышается ее пластичность [7], [41], [48], [52]. В действительности, как это было доказано исследованиями в Институте леса АН СССР Ю. М. Ивановым, с повышением температуры и влажности пластичность древесины, наоборот, уменьшается, а упругость увеличивается [69]. Однако одновременно с увеличением упругости распаренной древесины в ней увеличивается также и эластичность, т. е. способность к повышенным деформациям (упругим) при приложении меньших усилий. Следовательно, нагретая и увлажненная древесина становится несколько похожей по своим свойствам на типичное эластичное тело из полимера — резину, которая способна к большим упругим деформациям при приложении к ней даже небольших усилий.

При охлаждении и высушивании древесина, испытывавшая в результате прессования упруго-эластическую деформацию, теряет эластичность и после снятия приспособлений, фиксировавших ее форму и размеры, уже не может восстановить форму и размеры, которые имела до прессования. Однако при воздействии влаги эластичность и упругость такой древесины снова восстанавливаются, и она может распрессоваться и восстано-

вить первоначальные форму и размеры, которые имела до прессования. Для стабилизации формы и размеров прессованной древесины применяют различные способы химической обработки.

Технические свойства прессованной древесины лиственницы

Технические свойства прессованной древесины лиственницы зависят от принятых режимов прессования, видов прессования и от специальной обработки древесины до или после прессования с целью придания ей новых ценных свойств. Прессованная древесина лиственницы характеризуется устойчивой механической прочностью на скалывание, высоким сопротивлением ударным нагрузкам и большой устойчивостью при работе на трение. При исследовании механических свойств прессованной древесины лиственницы сибирской было установлено, что ее прочность резко возрастает с увеличением степени упрессовки (это справедливо для древесины всех пород). В табл. 22 приводятся показатели прочности натуральной и прессованной древесины лиственницы сибирской со степенью упрессовки 35% [62].

Таблица 22

Состояние древесины	Объемный вес в $г/см^3$	Предел прочности в $кг/см^2$ на		
		сжатие вдоль волокон	статический изгиб	скалывание в тангенциаль- ном направле- нии
Натуральная древесина	0,65	611	974	83
Прессованная древесина	1,12	1561	1630	158
Увеличение показателей прессованной древе- сины в %	72	155	67	90

Износостойкость прессованной древесины лиственницы сибирской при сухом трении о наждачную поверхность по торцовому срезу в 16 раз выше, чем стойкость натурального дуба, и в 2—3 раза выше стойкости прессованной ели и пихты. При трении о радиальный и тангенциальный срезы износ древесины лиственницы в 2—4 раза меньше, чем в аналогичных условиях для березы, осины или ели. Очень хорошо прессованная древесина лиственницы работает на истирание в абразивной среде и в условиях динамических нагрузок, так как обладает высокой упругостью, смягчая эти нагрузки. Износ валов при этом уменьшается.

Гигроскопичность и водопоглощение прессованной древесины лиственницы, а также усушка и набухание ее меньше по сравнению с натуральной древесиной. Это имеет большое значение при работе деталей во влажной среде. Исследованиями в Сибирском технологическом институте было установлено, что после вымачивания образцов из прессованной древесины лиственницы в воде при комнатной температуре в течение 148 ч распрессовка ее составила всего 9,1%. Распрессовка образцов из прессованной березы и осины в тех же условиях доходит до 90% [61].

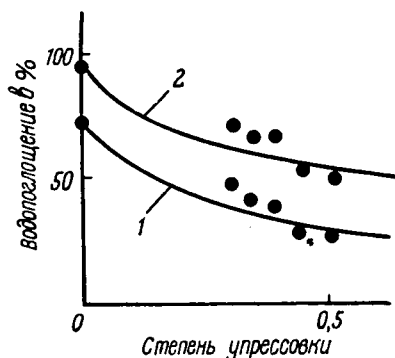


Рис. 40. Зависимость водопоглощения древесины лиственницы от степени упрессовки:

1 — через 1 сутки; 2 — максимальное водопоглощение (по В. Ф. Ушанову и А. А. Позднякову)

максимальное водопоглощение прессованной древесины лиственницы почти в 2 раза меньше, чем натуральной.

Причина высокой стабильности формы и размеров древесины лиственницы в условиях переменной температуры и влажности заключается в особенностях ее химического состава. Ранее уже было сказано, что древесина лиственницы содержит большое количество водорастворимых веществ, состоящих главным образом из полисахарида — арабогалактана (камедь). С водой арабогалактан образует коллоидный раствор, способный при нагревании превращаться в клей (гумми). Поэтому при горячем прессовании древесины лиственницы находящийся в ней арабогалактан, очевидно, склеивает между собой сомкнувшиеся полости трахеид и не дает им возможности впоследствии распрямиться при воздействии влаги. Отсюда распрессовка деталей из прессованной древесины лиственницы невелика по сравнению с распрессовкой других древесных пород. С этой точки зрения наиболее перспективна древесина не сибирской лиственницы, а даурской, содержащей в отдельных случаях до 33% арабогалактана, тогда как в древесине лиственницы сибирской содержание его не превышает 19%. В ядровой древесине лиственницы даурской в среднем содержится 10—15% арабогалактана, причем в зоне, примыкающей к заболони, его в 2 раза больше, чем в центре.

Объемный вес прессованной древесины лиственницы находится в прямой зависимости от степени упрессовки и может быть выражен следующим уравнением прямой линии [63]:

$$\gamma_{\text{п}} = 0,640 + 0,978y, \quad (25)$$

где:

$\gamma_{\text{п}}$ — объемный вес прессованной древесины лиственницы в г/см³;

y — степень упрессовки, представляющая собой отношение величины линейной упрессовки к начальному размеру древесины.

По исследованиям В. Ф. Ушанова и А. А. Позднякова (Сибирский технологический институт), оптимальная степень упрессовки для древесины лиственницы сибирской находится в пределах 0,3—0,4. При дальнейшем увеличении степени упрессовки физико-механические свойства прессованной древесины улучшаются медленно, а затраты энергии увеличиваются значительно.

Подготовка древесины лиственницы к прессованию

Лиственничное сырье, поступающее обычно в кряжах, раскраивается по длине на чураки необходимой длины, из которых затем вырезаются, а еще лучше, если выкалываются заготовки нужной формы и размеров. В древесине не должно быть таких пороков, как крупные сучки, косослой, гниль и трещины; заболонь и сердцевину необходимо удалять. Далее заготовки подвергаются подсушке в камерах или на открытом воздухе до влажности 10—20% в зависимости от назначения изделий и принятой технологии прессования. Например, если заготовки предполагается до прессования пропитать маслами или искусственными смолами, влажность их должна быть в пределах 6—10% в зависимости от того, какое количество веществ нужно ввести в древесину.

Сушить заготовки из лиственничной древесины следует особенно осторожно ввиду ее большой склонности к растрескиванию. Для предупреждения растрескивания торцы заготовок рекомендуется покрывать масляной краской, лаком, парафиновыми, битумными или пековыми замазками. Процесс подсушки лиственничных заготовок можно совместить с операцией пропитки ее петролатумом или маслами, так как смола, расплавляющаяся при нагревании ядровой древесины лиственницы, освобождает пути для проникновения в нее жидкостей, и проницаемость ядра становится повышенной [3].

После подсушки заготовки обрабатываются на фрезерном или токарном станках, где им придается форма брусков или

цилиндров (сплошных или пустотелых). Размеры таких чистовых заготовок должны назначаться в соответствии с желательными размерами прессованных деталей и плотностью. При одноосном прессовании начальный размер бруска S_0 в направлении прессования определится по необходимому размеру бруска в этом направлении после прессования S и степени упрессовки в том же направлении y_S :

$$S_0 = \frac{S}{1 - y_S}. \quad (26)$$

При двуосном прессовании начальные размеры бруска S_0 и B_0 могут быть подобраны, исходя из желательных конечных размеров бруска S и B и степени упрессовки в соответствующих направлениях y_S и y_B . Для этого нами предлагается следующая система уравнений:

$$S_0 = \frac{S}{1 - y_S}; \quad (27)$$

$$B_0 = \frac{B}{1 - y_B}; \quad (28)$$

$$B_0 S_0 = \frac{BS}{1 - y_0}; \quad (29)$$

$$y_0 = y_B + y_S - y_B y_S, \quad (30)$$

где y_0 — общая степень упрессовки бруска.

Пользуясь этими уравнениями, нетрудно определить начальные размеры бруска с учетом желательной степени упрессовки, как общей, так и по соответствующим осям. Полученные размеры бруска S_0 и B_0 , а также степени упрессовки y_S и y_B должны удовлетворять всем четырем уравнениям.

Если принята одинаковая степень упрессовки в обоих направлениях, т. е. справедливо условие $y_B = y_S = y$, то в этом случае, как следует из уравнения (30), должно соблюдаться условие

$$y_0 = 2y - y^2, \quad (31)$$

откуда

$$y = 1 - \sqrt{1 - y_0}. \quad (32)$$

При контурном прессовании древесины в форме полого цилиндра начальные размеры заготовки нами предлагается определять, исходя из отношения изменения площади поперечного

сечения полого цилиндра к его первоначальной площади сечения:

$$y = \frac{(D_0^2 - d_0^2) - (D^2 - d^2)}{D_0^2 - d_0^2}, \quad (33)$$

где:

D_0 и d_0 — соответственно наружный и внутренний диаметры заготовки до прессования;

D и d — те же диаметры, но после прессования.

Если принять, что средний диаметр кольца до прессования и после него не изменяется, т. е. соблюдается условие

$$D_0 + d_0 = D + d, \quad (34)$$

то после ряда алгебраических преобразований и подстановок получаем

$$D_0 - d_0 = \frac{D - d}{1 - y}. \quad (35)$$

По разности начальных диаметров поперечного сечения цилиндра получаем абсолютные значения их из соотношений

$$D_0 = D + \frac{(D_0 - d_0) - (D - d)}{2}; \quad (36)$$

$$d_0 = d + \frac{(D_0 - d_0) - (D - d)}{2}. \quad (37)$$

Приведенный в нашей статье [61] прежний расчет начального диаметра цилиндрической полой заготовки неполный и не совсем верен. Приведенный выше новый наш расчет хорошо согласуется с опытом.

Полученные в результате обработки чистовые заготовки помещаются в автоклав, где распариваются в среде насыщенного водяного пара при давлении 1,1—1,5 ата и прогреваются до температуры 100—110°С на поверхности и до 75—85°С в центре.

Продолжительность пропарки заготовок устанавливается в зависимости от их размеров, температурных условий пропарки, от начальной температуры и влажности заготовок. Для определения продолжительности пропарки заготовок можно воспользоваться расчетом, подробно изложенным нами в статье [72]. Этот расчет хорошо согласуется с опытными данными для древесины лиственницы Сибирского технологического института (В. Ф. Ушанов и А. А. Поздняков), приведенными в табл. 23 и 24 [63].

Таблица 23

Размер прямолинейных заготовок в мм			Время пропарки в мин
длина	толщина	ширина	
330—350	20—50	50—120	30—40
330—350	50—100	До 200	50—60

Таблица 24

Размер полых цилиндрических заготовок в мм			Время пропарки в мин
наружный диаметр	внутренний диаметр	длина заготовки	
50—80	10—20	150	35—40
80—100	20—30	150—200	40—50
100—120	30—50	До 200	50—60
120—150	30—50	До 300	60—80

Прессование древесины лиственницы

В принципе для древесины лиственницы пригодны все известные способы прессования — одноосное, дуосное, контурное, торцовое, горячей прокаткой и др. Возможно также сочетание прессования древесины лиственницы с пропиткой ее различными жидкими веществами, с термообработкой, окраской и т. д.

Все перечисленные способы прессования, общие для древесины любых применяющихся пород, хорошо и достаточно полно изложены в трудах П. Н. Хухрянского [68], Н. Т. Нысенко и С. В. Генеля [41]. Поэтому подробно на них мы останавливаться не будем, а укажем только некоторые особенности прессования древесины лиственницы.

Запрессовку заготовок из древесины лиственницы удобно осуществлять на гидравлических прессах с усилием 50—60 т при контурном прессовании или 60—100 т при одноосном прессовании, если площадь прессования не превышает 200 см². Удельное давление для одноосного прессования рекомендуется 120—150 кг/см² и для контурного 60—120 кг/см². Оптимальная скорость прессования 1 мм/сек.

На рис. 41 показана схема контурного прессования, по которой в Сибирском технологическом институте прессовались де-

тали из древесины лиственницы сибирской [62]. Процесс прессования по этой схеме проходит в две стадии. На первой стадии на один из торцов распаренной заготовки, имеющей форму полого цилиндра, нагоняется с натягом стальное кольцо, предохраняющее заготовку от растрескивания при прессовании. Внутренний диаметр кольца должен быть на 1—2 мм меньше расчетного диаметра D_0 , высота 10—12 мм и толщина стенок 3—6 мм.

Затем заготовка вставляется в конический приемник пресс-формы и запрессовывается (рис. 41, а). После того как заготовка будет вдавлена в пресс-форму, предохранительное кольцо

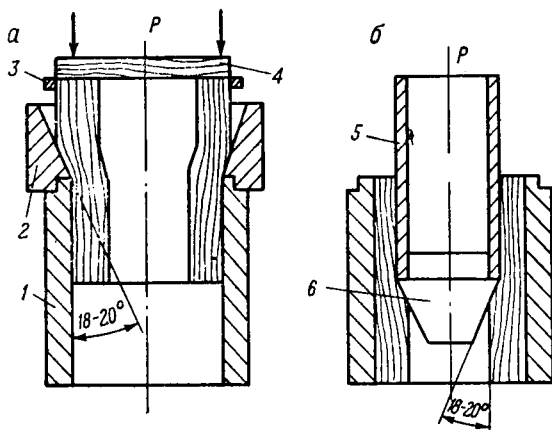


Рис. 41. Схема контурного прессования древесины:

а— первая стадия—прессование наружного контура; б— вторая стадия— прессование внутреннего контура; 1—цилиндрическая пресс-форма; 2—конический съемный приемник; 3—предохранительное кольцо; 4—прокладка; 5—стержень или труба-сердечник; 6—съемный наконечник

останется в коническом приемнике. На этом первая стадия заканчивается, и сразу же, пока еще деталь не остыла, начинается вторая стадия — прессование внутреннего контура втулки (рис. 41, б) путем вдавливания в полость заготовки сердечника со съемным наконечником.

Недостатком втулок, изготовленных по описанной технологии контурного прессования, является то, что древесина в них работает на истирание боковыми сторонами, тогда как лучше всего на истирание она работает в торцовом направлении. Более совершенен в этом отношении другой способ — торцовое прессование, совмещенное с гнутьем. По этому способу прессования из чурака выпиливается сначала брус сечением $B_0 \times L$, который затем раскраивается по длине на заготовки толщиной S , согласно схеме, приведенной на рис. 42, а.

Полученная заготовка после пропарки помещается в специальную подсобную шинку, вставляется вместе с ней в обжимное устройство и изгибается в направлении, показанном на рис. 42, б.

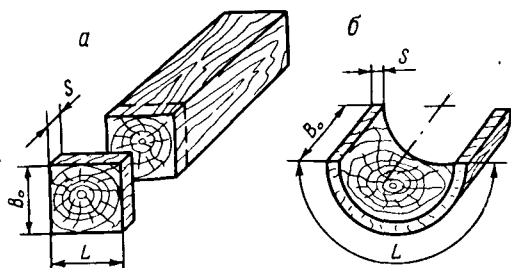


Рис. 42. Схема раскроя бруса на заготовки при торцовом гнутье:

а—схема; б—направление гнутья заготовок

Вследствие ограниченности размера бруса L при этом способе прессования гнутые заготовки обычно получают в виде полуколец. Загнутая заготовка вместе с подсобной шинкой закрепляется скобками и в таком виде поступает на сушку. После сушки полукольца обрабатываются до получения точного заданного радиуса и закладываются в стальные трубы, вместе с ко-

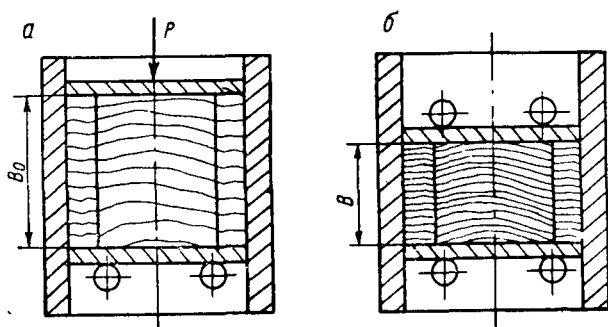


Рис. 43. Осевая подпрессовка заготовок после торцового гнутья:

а—заготовка перед прессованием; б—заготовка после прессования

торыми вторично подвергаются распариванию. После распаривания заготовки прессуются поперек волокон до необходимой ширины полукольца B_0 , как показано на рис. 43. Подпрессованные заготовки в зафиксированном положении далее сушатся.

Сушку прессованной древесины лиственницы рекомендуется начинать при температуре 60°C , доводя в конце до 120°C . При таком режиме в конце сушки происходит термическая обработка древесины, которая способствует стабилизации формы и размеров деталей после сушки. Высушенные детали выдерживаются в течение 1—5 суток (в зависимости от их объема) при комнатной температуре для выравнивания влажности и внутренних напряжений, возникающих в них при прессовании и сушке.

В дальнейшем детали для придания им окончательной формы и размеров обрабатываются на токарных, фрезерных и других станках. Скорость резания при обработке прессованных деталей из лиственницы может быть принята 100—150 м/мин. Скорость подачи при фрезеровании и точении деталей рекомендуется в пределах 0,3—0,5 мм на один оборот и при сверлении 0,1—0,2 мм на оборот. Резцы для обработки прессованной древесины лиственницы изготавливаются из быстрорежущей стали и должны иметь дополнительную режущую кромку.

Использование прессованной древесины лиственницы

Наиболее богатый опыт по использованию прессованной древесины лиственницы имеется в Красноярском крае, где по инициативе Сибирского технологического института (В. Ф. Ушаков) ведутся исследования технических и эксплуатационных свойств деталей из прессованной древесины лиственницы. В настоящее время уже на многих заводах успешно применяются подшипники из прессованной древесины. Так, хорошую стойкость показали подшипники, установленные на ленточных транспортерах при транспортировке формовочной земли и каменного угля, где они работают в неблагоприятных условиях.

Прессованная древесина лиственницы может с успехом применяться в машинах текстильной, суконной, кожевенной промышленности (втулки, подшипники, катушки, клапаны челночных коробок, призмы кареток); в сельскохозяйственных и строительных машинах (вкладыши, подшипники, втулки); в моторных лодках и пароходах (дейдвудные втулки и втулки бабкок гребных колес), а также на транспортерах, элеваторах и во множестве других машин и механизмов.

Детали из прессованной древесины лиственницы могут успешно применяться в подшипниках скольжения со скоростью до 1,0 м/сек и при удельном давлении до 35 кг/см^2 .

Проведенные производственные испытания деталей из прессованной древесины показали, что втулки гребных колес работали по 1200 ч; при этом износ по внутреннему диаметру

ставил около 0,5 мм, а износ пальцев не наблюдался. Стали были сняты при капитальном ремонте в хорошем состоянии [61].

Было установлено, что многие детали из прессованной древесины лиственницы сибирской служат в 1,5—2,5 раза дольше, чем обычно применяемые, а стоимость изготовления их на 30—40% ниже [63].

Проводимые исследовательские работы по замене цветных сталей и других дефицитных материалов прессованной древесиной лиственницы показали целесообразность и экономическую выгоду такой замены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьин П. И. и Петри В. Н. Высокотемпературная сушка древесины, Гослесбумиздат, 1963.
2. Баженов В. А. Пьезоэлектрические свойства древесины, изд. АН СССР, 1959.
3. Баженов В. А. и Харук Е. В. Исследование древесины сосны на проницаемость азотом и растворами антисептиков, Труды Института леса и древесины, т. 65, «Древесиноведение и защита древесины», изд. АН СССР, 1963.
4. Бахман Л. Р. Исследование крепости соединения гвоздями и шурупами древесины, ВИАМ, 1961.
5. Бершадский А. Л. Резание древесины, Гослесбумиздат, 1956.
6. Бокшанин Ю. Р. Пути расширения переработки и потребления лиственницы, Свердловск, Свердловское НТО БИДП, 1962.
7. Ванин С. И. Древесиноведение, Гослесбумиздат, 1949.
8. Вахрушева И. А. и Петри В. Н. Об использовании опилок и стружек лиственницы для изготовления древесных пластиков без связующих, журн. «Деревообрабатывающая промышленность», 1962, № 11.
9. Вихров В. Е. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы, Труды Института леса, т. 4, изд. АН СССР, 1949.
10. ВСНИПИЛесдрев. Отчет по теме № 25, 1959.
11. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты, Гослесбумиздат, 1958.
12. Гущина В. В. О влагопроницаемости древесины лиственницы даурской, произрастающей на Камчатке, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
13. Исаков А. И. и Познаев А. П. Автоматическое устройство для контроля и сортировки паркетных досок, журн. «Деревообрабатывающая промышленность», 1962, № 4.
14. Киреев Е. В. Коэффициент влагoпроводности лиственницы сибирской, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
15. Кириллов Н. М. Резание древесины на фанерострогальных станках, Л., изд. РИО ВЗЛТИ, 1959.
16. Кириллов Н. М. Расчет процессов тепловой обработки древесины при интенсивном теплообмене, Гослесбумиздат, 1959.
17. Ковальчук Л. М. Склеивание древесины в поле токов высокой частоты, Гослесбумиздат, 1960.
18. Красновский Н. В. Искусственная сушка лиственницы, Информационный листок № 14, ЦНИИМОД, 1936.
19. Кротов Л. Н. и Ослонович В. Н. Отчет по теме «Разработка технологии и режимов сушки пиломатериалов из лиственницы даурской в паровых сушилках», Красноярск, НИС СТИ, 1962.
20. Кротов Л. Н. Способ определения оптимальных размеров шпаций при атмосферной сушке пиломатериалов, Красноярск, изд. СТИ, 1957.
21. Левченко В. П. Строение и физико-механические свойства дре-

- есины лиственницы европейской, произрастающей в культурах Украинской СР, автореферат диссертации, Киев, Украинская академия сельскохозяйственных наук, 1958.
22. Леонтьев И. И. Гнущее с одновременным прессованием деталей енского стула, Отчет ЦНИИМОД, Химки, 1935.
23. Леонтьев И. И. Гнущее с одновременным прессованием полубодьев колес из древесины хвойных пород, Гослесбумиздат, 1938.
24. Леонтьев И. И. и Абухов Л. Г. Производство гнутой мебели, Гослесбумиздат, 1954.
25. Леонтьев Н. Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины, Гослесбумиздат, 1962.
26. Липкинд Е. И. Механизация пропарки древесины твердых лиственных пород, журн. «Деревообрабатывающая промышленность», 1960, № 6.
27. Манкевич Л. А. Основы гнущее древесины, МВ и ССПО БССР, Минск, 1961.
28. Маркарянц В. П. Макростроение и некоторые физические свойства древесины лиственницы сибирской, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
29. Маркарянц В. П. и Гушина В. В. К характеристике механических свойств древесины лиственницы сибирской, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
30. Минин А. Н. О комбинированном способе строгания фанеры, журн. «Деревообрабатывающая промышленность», 1960, № 6.
31. Миронова Т. Н., Зархина Е. М. и Волкова В. И. Изучение и использование лесосечных отходов и коры лиственницы сибирской, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
32. Михайлов В. Н. Столярно-механическое производство, Гослесбумиздат, 1951.
33. Михайлов В. Н. Технология деревообрабатывающих производств, Гослесбумиздат, 1957.
34. Михайлов В. Н., Куликов В. А. и Власов Г. Д. Технология механической обработки древесины, Гослесбумиздат, 1961.
35. Михайловская К. П. Диэлектрическая проницаемость древесины лиственницы сибирской при частоте 50 герц, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
36. Москалева В. Е. Физико-механические свойства древесины вейных пород Западной Сибири и Дальнего Востока, сборник трудов ЦНИИМОД, «Физико-механические свойства древесины», Гослесбумиздат, 1953.
37. Москалева В. Е. Строение и физико-механические свойства древесины даурской лиственницы, труды Института леса, т. 45, изд. АН СССР, 1958.
38. Москалева В. Е. Строение клеточной стенки древесины, труды Института леса и древесины, т. 51, изд. АН СССР, 1962.
39. Никитин Н. И. Химия древесины, изд. АН СССР, 1951.
40. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы, изд. АН СССР, 1962.
41. Нысенко Н. Т. и Генель С. В. Пластификация цельной древесины, Гослесбумиздат, 1958.
42. Пейч Н. Н. и Бороненко З. В. Справочник по сушке древесины, Гослесбумиздат, 1961.
43. Перелыгин Л. М. Древесиноведение, изд. «Советская наука», 1957.
44. Перелыгин Л. М. Строение древесины, изд. АН СССР, 1954.
45. Першанов Н. А. Конвективно-высоочастотная сушка древесины, Гослесбумиздат, 1963.
46. Романов Н. Т. Клеи и склеивание древесины, М., ЦБТИ лесной промышленности, 1960.

47. Сахаров М. Д. Гнутье древесины с одновременным склеиванием, Гослесбумиздат, 1949.
48. Селюгин Н. С. Сушка древесины, Гослесбумиздат, 1949.
49. Серговский П. С. Гидротермическая обработка древесины, Гослесбумиздат, 1958.
50. Свердлов И. П. Древ. Исследование производства и применения листовенного шпона для мебели, Отчет по теме № 3/2, 1962.
51. Скуридин А. В. Склеивание и сращивание деталей стандартных домов и столярных изделий, М., ЦБТИ БДП, 1962.
52. Смирнов А. В. Технология и механизация фанерного производства, Гослесбумиздат, 1961.
53. Соколов П. В. Сушка древесины, Гослесбумиздат, 1960.
54. Солечник Н. Я. Производство древесно-волокнистых плит, Гослесбумиздат, 1959.
55. Стриха И. А. Рациональная технология производства строганой фанеры из древесины бука и дуба, Информационный листок № 3 (26), Киев, 1956.
56. Темкина Р. З. и др. Клеящие карбамидные смолы для мебельной промышленности, ЦБТИ Главстандартдома, М., 1959.
57. Тихомиров Б. Н. и Фалалеев Э. Н. Лиственные леса СССР, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
58. Труды Сибирского технологического института, сборник 26, Красноярск, 1959.
59. Тюриков Ф. Т. Сравнительный анализ ускоренных способов изготовления легких древесно-стружечных плит, труды ЗСФ АС и А СССР, вып. 5, Новосибирск, 1961.
60. Тюриков Ф. Т. К вопросу о влиянии размеров древесных частиц на свойства стружечных плит, Материалы 2-й научной конференции комплексной проблемной лаборатории, Красноярск, СТИ, 1962.
61. Ушанов В. Ф. и Чудинов Б. С. Прессованная древесина — взамен металла, Техничко-экономический бюллетень Красноярского СНХ, № 11, 1960.
62. Ушанов В. Ф. и Чудинов Б. С. Использование ливтенницы сибирской для изготовления прессованных деталей, сборник «Лиственница», т. 29, Красноярск, СТИ, 1962.
63. Ушанов В. Ф. и Поздняков А. А. Детали машин из прессованной древесины сибирской ливтенницы, «Механическая обработка древесины», сборник 15, 1963.
64. Фонкин В. Д. и Мальчук Т. В. Поверхностное травление ливтенничной строганой фанеры, журн. «Деревообрабатывающая промышленность», 1961, № 6.
65. Химия древесины. Под редакцией Л. Э. Уайза и Э. С. Джана, т. 1, Гослесбумиздат, 1959.
66. Хрулев В. М. и др. Склеивание древесины за рубежом, Гослесбумиздат, 1961.
67. Хрулев В. М. и Тюриков Ф. Т. Ускоренный способ изготовления легких стружечных плит, журн. «Деревообрабатывающая промышленность», 1961, № 12.
68. Хухрянский П. Н. Прессование и гнутье древесины, Гослесбумиздат, 1956.
69. Хухрянский П. Н. Прочность древесины, Гослесбумиздат, 1955.
70. ЦНИИФМ. Справочник фанерщика, т. 2, Гослесбумиздат, 1959.
71. Чудинов Б. С. Тепловые свойства мерзлой древесины, сборник трудов СибЛТИ, № 9, Красноярское книжное издательство, 1954.
72. Чудинов Б. С. Расчет продолжительности нагрева тонких сортиментов, Научные доклады высшей школы «Лесоинженерное дело», 1958, № 2.

73. Чудинов Б. С. Усреднение эффективных тепловых коэффициентов древесины, труды Института леса и древесины «Древесиноведение и защита древесины», т. 65, изд. АН СССР, 1963.

74. Чудинов Б. С. Расчет процессов полного и неполного оттаивания древесины, труды Института леса и древесины «Древесиноведение и защита древесины», т. 65, изд. АН СССР, 1963.

75. Шоде Г. А. Краткая инструкция по распиловке лиственницы на лесорамах, Информационный листок № 92, Химки, ЦНИИМОД, 1939.

76. H. Harada, Y. Mijazaki, T. Wakashima, Electromicroscopic investigation on the cell wall structure of wood Bulletin of the Government Forest Experiment Station, № 104, Meguro, Tokyo, Japan, January, 1958.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
<i>Часть первая</i>	
Глава I. Строение древесины лиственницы (Б. С. Чудинов) . .	5
Макроскопическое строение	5
Микроскопическое строение	8
Строение стенки зрелой трахеиды древесины лиственницы . .	10
Глава II. Химический состав древесины лиственницы (Б. С. Чудинов)	13
Глава III. Физические свойства древесины лиственницы (Б. С. Чудинов)	19
Пористость	19
Влажность	22
Объемный вес	24
Гигроскопичность	27
Водопоглощение	29
Усушка и набухание	29
Влагопроводность	34
Теплофизические свойства	35
Электрические свойства	40
Глава IV. Механические свойства древесины лиственницы (Б. С. Чудинов)	42
Растяжение	42
Сжатие	43
Сдвиг	46
Раскалывание	46
Статический изгиб	47
Ударный изгиб	48
Твердость	49
Модуль упругости	50
<i>Часть вторая</i>	
Глава V. Пиление лиственничного сырья (Ф. Т. Тюриков) . .	52
Размерная характеристика лиственничного пиловочного сырья .	52
Распространение различных пороков в лиственничных бревнах и пиломатериалах	54
Сортировка лиственничного пиловочного сырья по качеству и посортный состав получаемых пиломатериалов	58
Режимы распиловки лиственничной древесины	62
Глава VI. Строганая фанера из древесины лиственницы (П. Е. Зубань)	63
Характеристика строганой фанеры из древесины лиственницы	65
Раскрой сырья на ванчesy и брусья	66
Гидротермическая обработка древесины лиственницы перед строганием	71
Строгание фанеры из лиственничной древесины	76