

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 630*181:674.093

DOI: 10.18324/2077-5415-2024-2-111-118

Влияние территориально-географического расположения участков заготовки круглых лесоматериалов ели аянской (*Picea ajanensis*) на показатели качества конструкционных пиломатериалов

С.П. Исаев

Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, Россия

000350@pnu.edu.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1469-1300>

Статья поступила 29.03.2024, статья принята 04.04.2024

В статье приведены результаты исследования по определению влияния территориально-географического расположения участков заготовки круглых лесоматериалов на основные физико-механические показатели древесины при производстве конструкционных материалов. Для проведения исследования применяли специальные образцы радиальных разрезов ели аянской, которая произрастает в южных материковых лесах Дальнего Востока. По результатам обработки сканированных поверхностей радиальных разрезов установлено, что древесина ели аянской, произрастающей в высотных местностях Хабаровского края, характеризуется более стабильными показателями числа годичных слоев на 1 см древесины радиального разреза. Поэтому исследования свойств древесины, произрастающей на различной высоте над уровнем моря, выполнены для ели аянской, растущей в Приморском крае. Проведенные исследования показали, что толщина поздней зоны древесины ели аянской Приморского края мало зависит от высотности местности ее произрастания и составляет в среднем $0,13 \pm 0,04$ мм. Установлено, что круглые лесоматериалы, заготовленные в среднегорном массиве Сихотэ-Алиня Приморского края, по показателю плотности соответствуют требованиям ГОСТ 33080-2014 и могут быть использованы при производстве пиломатериалов конструкционного назначения. При этом класс прочности пиломатериалов по показателю плотности «марка С» ограничивается классом С24, и «марка Т» — классом Т14, поскольку значение средней плотности древесины ели аянской на исследуемых территориях не превышает 450 кг/м^3 . В целом пиломатериалы, производимые из бревен, заготовленных в условиях высотности местности в пределах 200...650 м над уровнем моря, можно классифицировать как конструкционные по физико-механическим показателям при соблюдении нормированных ограничений пороков и строения древесины, учитываемых при визуальной сортировке.

Ключевые слова: высота над уровнем моря; годичный слой древесины; доля поздней древесины; плотность; конструкционный пиломатериал; прочность при изгибе.

The influence of the territorial and geographical location of the roundwood preparation sites of the Ayan spruce (*Picea ajanensis*) on the quality indicators of structural lumber

S.P. Isaev

Pacific National University; 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, Russia

000350@pnu.edu

<https://orcid.org/0000-0003-1469-1300>

Received 29.03.2024, accepted 04.04.2024

The article presents the results of a study to determine the influence of the territorial and geographical location of roundwood harvesting sites on the main physical and mechanical parameters of wood in the production of structural materials. To conduct the study, special samples of radial sections of the Ayan spruce, which grows in the southern mainland forests of the Far East, are used. According to the results of processing the scanned surfaces of radial sections, it is found that the wood of the Ayan spruce growing in high-altitude areas of the Khabarovsk territory is characterized by more stable indicators of the number of annual layers per 1 cm of radial section wood. Therefore, the study of the properties of wood growing at different heights above sea level was performed for the Ayan spruce growing in the Primorsky territory. The conducted studies have shown that the thickness of the late zone of the Ayan spruce wood of the Primorsky territory does not depend much on the altitude of the area of its growth and averages 0.13 ± 0.04 mm. It has been established that round timber harvested in the Sikhote-Alin middle mountain massif of the Primorsky territory meets the requirements of GOST 33080-2014 in terms of density and can be used in the production of structural lumber. At the same time, the strength class of lumber in terms of density grade "C" is limited to class C24 and grade "T" to class T14, since the average density of Ayan spruce wood

in the studied territories does not exceed 450 kg/m³. In general, lumber produced from logs harvested in conditions of terrain altitude within 200 ... 650 m above sea level can be classified as structural in terms of physical and mechanical parameters, subject to the normalized limitations of defects and structure of wood, taken into account during visual sorting.

Keywords: height above sea level; annual layer of wood; share of late wood; density; structural lumber; bending strength.

Введение. Развитие строительной индустрии в стране требует увеличения производства различных видов материалов, включая продукцию деревообрабатывающей промышленности.

Известно, что лиственные породы в значительной мере уступают хвойным по таким показателям, как прочность, сопротивление деформациям под нагрузками, стойкость к разрушению от воздействия бактерий и грибов и др. В настоящее время ель аянская наряду с лиственницей даурской является одной из наиболее распространенных пород, заготовкой которых занимаются лесозаготовительные предприятия Дальнего Востока.

Принимая во внимание, что большинство деревообрабатывающих предприятий Хабаровского края расположены в его южной части, а также факт того, что деревообработка дальневосточного региона наиболее развита на территории Приморского края, в исследовании была принята к рассмотрению порода ели аянской, ареал произрастания которой характерен для данных территорий.

Древесина ели достаточно широко применяется для изготовления различных изделий и элементов конструкций, используемых в малоэтажном домостроении, из всей номенклатуры которых можно выделить клееные многослойные брусья, предназначенные как для изготовления несущих конструкций, например, оконных блоков, так и для создания клееных деревянных конструкций, работающих в условиях различных внешних нагрузок. Такие конструкции применяют в качестве различных прогонов, балок, ферм и других строительных изделий, для которых требуется древесина, отвечающая определенным физико-механическим показателям.

Отсюда следует, что, поскольку диапазон практического применения клееных деревянных конструкций обладает определенной разнообразной применимостью, при их производстве следует применять полуфабрикаты, которые в конечном счете обеспечат требуемые показатели качества для конкретной области применения изделия. Следовательно, древесное сырье следует поставлять на деревообрабатывающие предприятия из таких районов, на местности которых произрастает древесина, обладающая требуемыми физико-механическими показателями.

В первую очередь это касается изготовления различных видов клееных деревянных конструкций, производство которых обязывает лесопромышленников осуществлять поставки пиломатериалов требуемого объема и качества.

В Российской Федерации требования к пиломатериалам конструкционного назначения определяются в соответствии с ГОСТ 33080-2014 [1]. Конструкционные пиломатериалы, производимые деревообрабатывающими предприятиями и предназначенные для изготовления строительных конструкций, должны иметь пока-

затели плотности, предела упругости и прочности, соответствующие ГОСТ 33080-2014.

Физико-механические показатели древесины, согласно требованиям ГОСТ 33080-2014, включают плотность, имеющую различные значения у разных пород. При этом следует отметить, что плотность древесины в значительной мере определяется совокупностью параметров древостоя, из которых можно выделить условия местности, ее геоклиматические особенности, выполнение или отсутствие плановых лесохозяйственных мероприятий [2]. Выбор плотности как важного физического показателя обусловлен тем, что, согласно исследованиям, проведенным в области технологий обработки и несущей способности конструкций [3–8], плотность древесины является определяющим фактором.

Морфологические особенности строения древесины во многом предопределяют нестабильность физико-механических показателей, таких как прочность и модуль упругости, в частности, эта изменчивость обусловлена шириной годичных слоев и долями в них поздней и ранней древесины. Изучению анатомического строения древесины и его влияния на физико-механические характеристики производимой древесной продукции посвящено большое количество исследовательских работ [9–18 и др.].

Исследованиями [3; 6], выполненными сотрудниками СПбГЛТУ, установлено, что при увеличении значений показателя плотности древесины наблюдается повышение прочности как ее самой, так и клееных изделий, изготовленных на ее основе. При этом оговаривается тот факт, что наличие различия в макроструктуре древесины (разница толщин ранней и поздней зоны на поверхности склеивания) существенно влияет на конечную прочность клеевого соединения.

Анализ материалов, представленных в работах [19–21], позволил сделать вывод о том, что одним из наиболее значимых факторов для прироста древесины является характер местности (высота над уровнем моря).

По данным учета лесного фонда [21], площадь распространения ели аянской (3 121,3 тыс. га) и запас ее древесины (556,4 млн м³) в лесах Приморского края определяют ее ведущее место среди основных лесообразующих пород. Ель аянская растет преимущественно на горных склонах и плоскогорьях, находящихся на различных высотах над уровнем моря.

Таким образом, производство конструкционных пиломатериалов, помимо выбора и применения эффективной схемы раскря елового пиловочного сырья, требует учета территориально-географических особенностей местности, на которой осуществляется заготовка лесоматериалов.

Цель и задачи исследования. Цель работы состоит в исследовании влияния условий гористой местности юга Дальнего Востока России на строение годичных слоев и физико-механических показателей ели аянской

(*Picea ajanensis*), заготавливаемой и перерабатываемой на конструкционные пиломатериалы.

Достижение указанной цели предполагало решение следующих задач: исследование влияния высотных условий местности произрастания ели аянской на количество годичных слоев в 1 см радиального разреза ствола; оценка качества древесины в соответствии с требованиями, предъявляемыми к пиломатериалам конструкционного назначения.

Технология исследования. Для реализации исследования были выбраны стволы ели аянской, заготовленные на лесозаготовительных предприятиях Приморского края, расположенных на различных высотах местности над уровнем моря.

Обработанные стволы раскраивали согласно схеме, приведенной на рис. 1, а, при этом получали цилиндрические образцы, из которых затем вырезали планки толщиной 10...12 мм (рис. 1, б).

Количество годичных слоев в 1 см радиального разреза определяли на трех образцах древесины планок, изготовленных из ствола, заготовленного на определенной высоте над уровнем моря. Всего было рассмотрено 14 высотных отметок в интервале от 110 до 660 м над уровнем моря. На каждой высотной отметке к исследованию было принято по семь стволов.

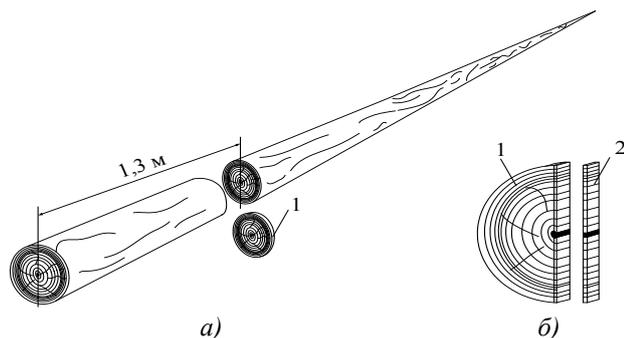


Рис. 1. Схема отбора образцов и планок при раскросе ствола: 1 — цилиндрический образец; 2 — планка

Полученные планки обрабатывали путем оптического сканирования их поверхностей с получением контрастных изображений макроструктуры древесины в радиальном разрезе ствола дерева. Определение и подсчет числа годичных слоев на срезе древесины выполняли с применением графического редактора *Microsoft Office Visio*, позволяющего обрабатывать изображения с получением данных о размерах рассматриваемых объектов.

По полученным изображениям поверхностей планок определяли годичные слои и учитывали их количество в 1 см радиального разреза. Дальнейшая обработка массива данных осуществлялась с использованием программы *Microsoft Excel* с построением графиков.

После проведения исследования зависимости количества годичных слоев на 1 см радиального разреза ствола от высотности местности произрастания деревьев часть данных с разных высотных отметок (например, данные с высоты 110 и 150 м, 328 и 330 м) были объединены, в результате чего в дальнейшем рассматривались 9 высотных отметок.

Определение плотности древесины, как предусмотрено условиями ГОСТ 16483.1-84 [22], производилось на образцах прямоугольной формы при уровне ее влажности на момент испытания. При этом для проведения измерений плотности древесины при влажности в момент испытания были изготовлены образцы сечением 20x20 мм и размером вдоль волокон 30 мм, с четко сформированными прямыми углами и гладко отфрезерованными поверхностями, в количестве 10 шт. из каждого ствола.

Прочность и модуль упругости при нагрузке изгиба подготовленных по стандартным методикам [23–25] образцов ели аянской определяли как среднее арифметическое значение рандомизированных результатов испытаний.

Результаты экспериментального исследования. На лесозаготовительных предприятиях Приморского и Хабаровского краев с учетом их высотной поясности из стволов ели аянской были изготовлены цилиндрические образцы и планки, используемые при проведении экспериментального исследования.

Территория лесов южных районов Хабаровского края так же, как и леса Приморского края, относится к климатической зоне, которая является частью умеренного Тихоокеанского муссонного региона.

Климатические условия, способствующие наиболее благоприятному росту ели аянской, локализуются на высоте до 400–500 м над уровнем моря. Здесь же отмечается годовое количество осадков в пределах 600–700 мм, а продолжительность положительных температур воздуха составляет 150–160 дней, что обеспечивает вегетационный период длительностью 150–160 дней.

После обработки сканов поверхностей планок и определения числа слоев ранней и поздней древесины на 1 см радиального разреза стволов ели аянской, заготовленных на территории Хабаровского края, получена графическая зависимость влияния высотности местности на макроструктуру древесины (рис. 2, зависимость 1).

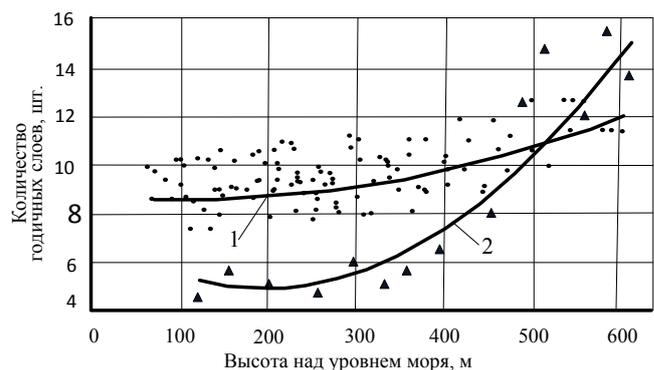


Рис. 2. Зависимость количества годичных слоев на 1 см радиального разреза от высотности местности произрастания деревьев: 1 — Хабаровский край; 2 — Приморский край

График 1, изображенный на рис. 2, характеризующий изменение макроструктуры древесины ели аянской, произрастающей на различных высотах местности в Хабаровском крае, однозначно свидетельствует о том, что с подъемом высотности местности число слоев

в радиальном разрезе ствола увеличивается. При этом следует отметить, что динамика изменения числа слоев несколько ниже по сравнению с аналогичным показателем, характерным для ели аянской, растущей на территории Приморского края.

Отличительной особенностью климата Приморского края является его умеренный муссонный характер. Главное своеобразие климата данной территории проявляется в сильных дождях и туманах в летнее время. Среднегодовая температура изменяется от +1 °С в северной части Сихотэ-Алиня до +7 °С в южной части региона. Длительность безморозного периода составляет 150–200 дней.

Значительными положительными температурами воздуха в континентальных районах края отмечаются летние месяцы года, тогда как на побережье период теплых дней продолжается до начала октября.

Изменение температурного режима, зависящее от высотности местности, характерно тем, что в зимний период усиленный прогрев холодного воздуха, перемещающегося на прибрежные территории с высот, имеет значительно низшую влажность по сравнению с влажностью горного воздуха. В летний период воздух морского климата характеризуется повышенными значениями в сравнении с континентальной местностью, что обусловлено действием тихоокеанских муссонов.

Развитию мощного растительного покрова Приморского края способствует обилие влаги в летнее время. Осадки, количество которых тесно связано с движением воздушных масс, выпадают в пределах 550–920 мм в год.

Изменение макроструктуры древесины дерева в период активного роста зависит от температурно-климатических условий местности его произрастания, поэтому большая продолжительность теплого периода в Приморском крае в сравнении с периодом на территории Хабаровского края в значительной мере способствует формированию количества годовичных слоев в единице радиуса ствола.

Обработка результатов измерений числа годовичных слоев на 1 см радиального разреза ели аянской, стволы которой были заготовлены в Приморском крае, позволила установить взаимозависимость исследуемого показателя от высотности местности. График, характеризующий эту зависимость, изображен линией 2 на рис. 2.

Графики, изображенные на рис. 2 и характеризующие изменение числа годовичных слоев на 1 см радиального разреза в зависимости от высотности местности участков заготовки древесины, иллюстрируют тот факт, что с подъемом рельефа число годовичных слоев увеличивается. Но при этом следует отметить, что характер изменения графиков имеет региональный аспект. Так, для ели аянской, произрастающей в Приморском крае, характерен динамичный рост числа годовичных слоев на 1 см древесины радиального разреза, при этом резкое увеличение данного показателя наблюдается при изменении высотности в пределах 400–600 м. Следует отметить, что более стабильные показатели имеет макроструктура древесины ели аянской, произрастающей на территории Хабаровского края. Поэтому дальнейшее исследование свойств древесины, произрастающей на различной высоте над уровнем моря, вы-

полнено для ели аянской, растущей в Приморском крае.

На рис. 3 показано, что толщина годовичного слоя ели аянской, произрастающей в Приморском крае, уменьшается с повышением высотности участков заготовки пиловочного сырья.

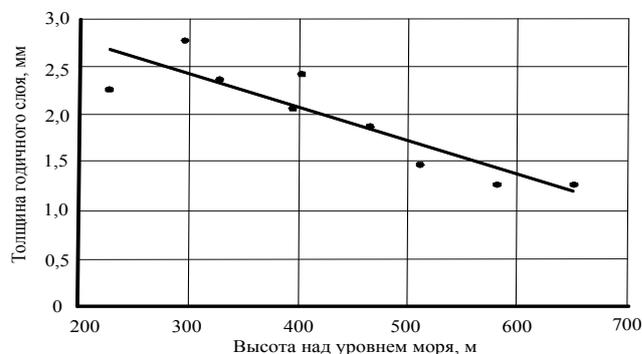


Рис. 3. Зависимость толщины годовичного слоя от высотности местности

Сокращение толщины годовичного слоя с повышением высоты над уровнем моря при одновременном увеличении показателя числа годовичных слоев на 1 см радиального разреза ствола объясняется тем, что чем ниже древесные растения произрастают над уровнем моря, тем раньше начинается прирост древесины и тем длительнее сезон ее роста. Здесь важное влияние на толщину годовичного слоя древесины оказывают сроки начала сезона.

Известно, и дальнейшими исследованиями подтверждено, что у древесины хвойных пород увеличение ширины годовичного слоя происходит преимущественно за счет увеличения зоны ранней древесины, и поэтому мелкослойная древесина хвойных пород часто считается лучшей [2].

Проведенные исследования показали, что толщина поздней зоны древесины ели аянской Приморского края мало зависит от высоты над уровнем моря и составляет в среднем $0,13 \pm 0,04$ мм.

Принимая во внимание, что с повышением высоты над уровнем моря района заготовки древесины толщина годовичного слоя древесины уменьшается, а толщина поздней древесины находится в некотором постоянном диапазоне значений, представляют интерес не только абсолютные значения величин ранней и поздней зоны древесины, но и относительный показатель их толщин к общей толщине годовичного слоя.

Графическая зависимость относительной толщины поздней зоны древесины от высотности местности, представленная на рис. 4, показывает, что в древесине ели аянской с повышением над уровнем моря района ее произрастания увеличивается доля поздней древесины.

Отсюда можно ожидать, что высотность местности произрастания деревьев вызывает изменчивость физико-механических показателей древесины, которые предъявляются к конструкционным пиломатериалам согласно ГОСТ 33080-2014.

Так, согласно требованиям ГОСТ 33080-2014, нормативное значение плотности древесины для конструкционных материалов марки «С» должно быть в интервале от 290 до 460 кг/м³.

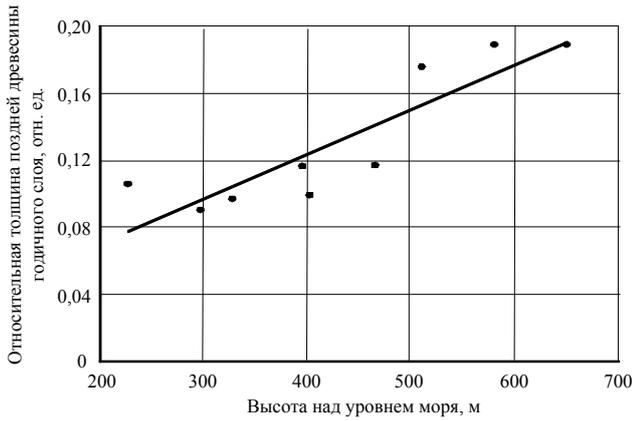


Рис. 4. Зависимость относительной толщины поздней древесины годичного слоя от высоты местности

На рис. 5 показана зависимость значений средней плотности древесины ели аянской от высоты территории расположения древостоя.

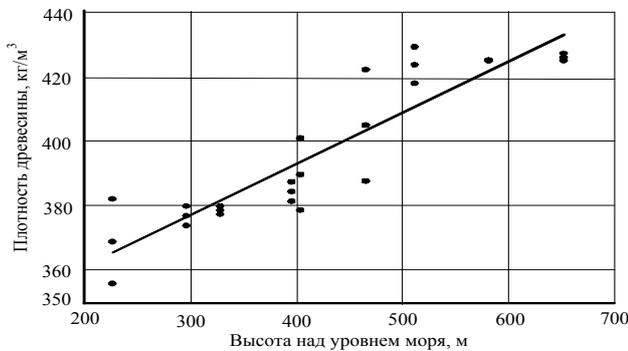


Рис. 5. Зависимость средней плотности древесины от высоты территории расположения древостоя

Проведенные исследования позволили установить, что круглые лесоматериалы, заготовленные в среднегорном массиве Сихотэ-Алиня, по показателю плотности соответствуют требованиям ГОСТ 33080-2014 и могут быть использованы при производстве пиломатериалов конструкционного назначения. При этом класс прочности по показателю плотности марки «С» ограничивается классом С24 и марки «Т» — классом Т14, поскольку значение средней плотности древесины ели аянской на исследуемых территориях не превышает 450 кг/м^3 .

На основании полученных данных можно предположить, что древесина в контактируемых слоях клееного соединения будет качественно импрегнирована клеем, что обеспечит надежную (требуемую) прочность склеивания.

Одним из важных механических параметров древесины, характеризующих показатель качества конструкционных пиломатериалов, согласно ГОСТ 33080-2014, является модуль упругости, который определяет ее способность противостоять деформациям. Данный фундаментальный показатель используют при расчете прогиба деревянной конструкции под нагрузками.

Графическая зависимость, изображенная на рис. 6, свидетельствует о том, что с повышением местности над уровнем моря модуль упругости древесины, растущей в ее пределах, увеличивается.

При рассмотрении графика зависимости модуля упругости от высотных условий местности можно сделать принципиально важный вывод о том, что не все производимые пиломатериалы могут быть использованы для изготовления балок и настилов, поскольку их показатели модуля упругости при изгибе варьируют в пределах 17 %. Поэтому пиломатериалы, полученные при раскросе пиловочника, поставляемого с высот местности 200–400 м, целесообразно использовать для изготовления столярных изделий. Для изготовления конструкционной клееной продукции желательнее применять пилопродукцию из бревен, заготовленных на высотах от 400 до 700 м.

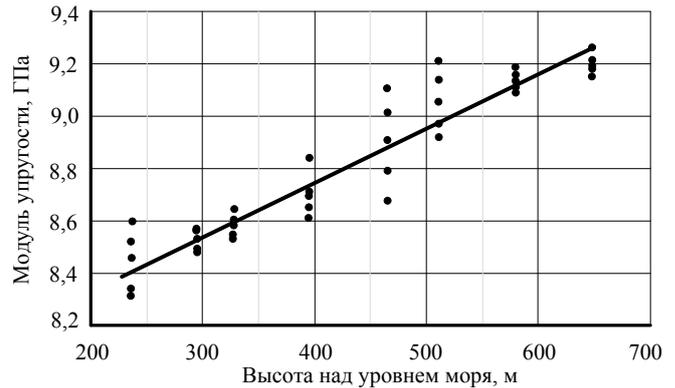


Рис. 6. Зависимость модуля упругости древесины от высоты территории расположения древостоя

Это наглядно подтверждает прямую тесную связь между толщиной годичных слоев, плотностью и модулем упругости (рис. 4, 5 и 6).

Модуль упругости, характеризующий жесткость слоев клееной конструкции под нагрузками, является не единственным показателем, определяющим применимость пиломатериала для изготовления данного вида продукции. Не менее важным показателем является прочность при изгибе, особенно для изделий пролетных строений, работающих как при статических нагрузках, так и в условиях переменных напряжений.

Средние показатели предела модуля упругости древесины при изгибе конструкционных пиломатериалов, применяемых для изготовления цельнодеревянных несущих конструкций, ГОСТ 33080-2014, определяются интервалом от 6,3 до 19,2 ГПа. Конструкционный пиломатериал марки С20 по классу прочности должен обладать показателями упругих характеристик в условиях изгиба древесины не менее 8,5 ГПа. При этом для следующей марки прочности С22 данный показатель должен быть 9,3 ГПа, что не подтверждается результатами испытаний древесины ели аянской.

Для многослойных клееных деревянных конструкций модуль упругости древесины пиломатериалов из ели аянской ограничивается маркой прочности Т11 (9,0 ГПа), так как показателю модуля упругости выше 9,5 ГПа соответствуют конструкционные пиломатериалы следующей марки Т12, а выполненные исследования не выявили таких значений.

Учитывая, что предел прочности древесины ели при растяжении вдоль волокон в стандартных чистых образцах (влажностью 12 %) в среднем составляет 100

МПа [2], а классы прочности пиломатериалов марки «Т» нормируют данный показатель в пределах от 8 до 30 МПа, было принято решение исследовать только зависимость прочности при изгибе древесины ели аянской от высотных условий местности ее произрастания.

Прочность древесины при изгибе с ростом высоты местности над уровнем моря увеличивается (рис. 7).

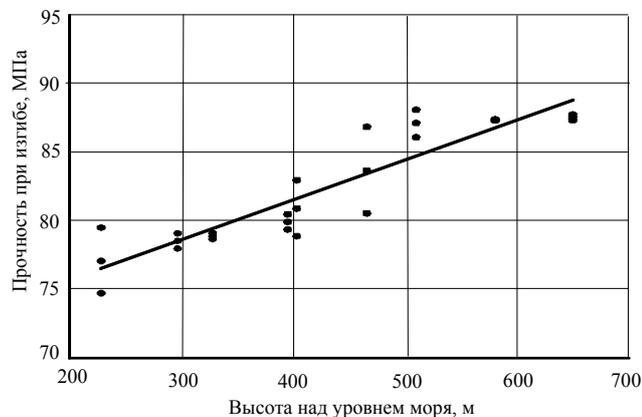


Рис. 7. Зависимость прочности древесины при изгибе от высотных условий местности ее произрастания

Такое увеличение можно объяснить соответствующими изменениями относительной толщины поздней древесины годичного слоя и средней плотности древесины от высотных условий местности ее произрастания. Пропорциональное увеличение доли поздней древесины и средней плотности древесины будет, несомненно, способствовать увеличению прочности древесины в целом.

Нормативные значения прочности древесины при изгибе конструкционных пиломатериалов, согласно требованиям ГОСТ 33080-2014, должны находиться в диапазоне от 14 до 50 МПа. Как видно на графике (рис. 6), прочностные показатели ели аянской, растущей в Приморском крае, достаточно высоки. Следовательно, пиломатериалы, производимые из бревен, заготовленных в условиях местности, высота которой изменяется с повышением от 200 до 650 м, можно классифицировать как конструкционные по физико-механическим показателям при соблюдении требований визуальной сортировки.

Целенаправленное применение пиломатериалов определенного качества и физико-механических показателей будет способствовать снижению материалоемкости клееных конструкций и сокращению расхода древесины на их производство, поскольку отмечаются завышенные коэффициенты запаса при расчете прочностных показателей готовых изделий.

Приведенные выше графические зависимости рассматриваемых свойств древесины от ее произрастания над уровнем моря показывают, что физико-механические свойства древесины ели аянской, произрастающей в Приморском крае, повышаются по мере подъема ее локации над уровнем моря. При этом характер приведенных графиков указывает на достаточно высокую степень корреляции рассматриваемых зависимостей. Расчетное значение коэффициента корреляции между высотой над уровнем моря и относительной толщиной годичного слоя поздней древесины состав-

ляет 0,884; средней плотностью древесины — 0,960; прочностью при изгибе — 0,950. При этом теснота корреляционной связи между прочностью при изгибе и плотностью определяется коэффициентом, значение которого равно 0,912, а коэффициент корреляции между значениями прочности при изгибе и значениями относительной толщины годичного слоя поздней древесины равен 0,858.

Проведенное исследование имеет определенный промышленный интерес, так как способствует целенаправленной работе лесозаготовительных предприятий по заготовке спецификационного сырья, что соответствует рациональному освоению лесосырьевой базы, а также применению ресурсосберегающих технологий на деревообрабатывающих предприятиях.

Выводы. В результате проведенного исследования установлено, что пиломатериалы, производимые из бревен, заготовленных в среднегорном массиве Сихотэ-Алиня, по физико-механическим показателям соответствуют требованиям ГОСТ 33080-2014, и их можно применять как конструкционные.

Анализ влияния территориально-географического расположения участков заготовки круглых лесоматериалов (высота над уровнем моря) показал, что:

1. Повышение отметки высотных условий местности произрастания ели аянской отражается на числе годичных слоев на 1 см радиального разреза. При этом изменения влажностно-температурного режима и продолжительность безморозного периода, характерные для Приморского края, способствуют большему числу годичных слоев на 1 см радиального разреза.

2. С повышением высоты над уровнем моря местности, на которой произрастает ель аянская, физико-механические характеристики древесины данной породы возрастают.

3. Интегрированная оценка нормативных значений определяющих свойств конструкционных пиломатериалов, отвечающих требованиям ГОСТ 33080-2014, указывает на то, что в качестве конструкционных пиломатериалов из ели аянской для цельнодеревянных несущих конструкций применимы пиломатериалы классов прочности марок С14 – С20, а в качестве конструкционных пиломатериалов из ели аянской для многослойных клееных конструкций применимы пиломатериалы классов прочности марок Т8 – Т11.

4. В целом физико-механические показатели древесины ели аянской, растущей в климатических условиях территории Приморского края, обеспечивают гарантированное применение получаемых из нее пиломатериалов как конструкционных, в пределах выше обозначенных классов прочности.

5. Полученные экспериментальные зависимости изменения физико-механических показателей древесины ели аянской, растущей на территории Приморского края в местностях с разной высотой, имеют достоверное статистическое обоснование, что подтверждается расчетными значениями коэффициентов корреляции.

6. Полученные результаты исследования способствуют развитию рационального технологического районирования процессов заготовки древесины при освоении лесных участков в условиях гористой местности. Поставку заготовленной древесины следует осуществ-

лять в соответствии с планом производимой деревообрабатывающим предприятием продукции на основе предварительных договоров, в которых отражены не-

обходимые объемы конструкционных пиломатериалов с заданными физико-механическими показателями.

Литература

- ГОСТ 33080-2014. Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения. Введ. 01.07.2015. М.: Стандартиформ, 2019. 14 с.
- Тамби А.А. Научные основы сортообразования пиломатериалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05. СПб., 2015. 320 с.
- Чубинский А.Н., Тамби А.А., Федяев А.А. Влияние строения и свойств древесины на прочность ее склеивания // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2010. Вып. 190. С. 155-163.
- Дунаев В.Ф. Об изменчивости модуля упругости и предела прочности древесины в технологическом цикле // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2014. № 3. С. 106-113.
- Кислый В.В. Оценка качества продукции лесной и деревообрабатывающей промышленности. М.: Лесная промышленность, 1975. 224 с.
- Чубинский А.Н., Федяев А.А., Тамби А.А. Влияние плотности древесины на качество формирования клеевых соединений // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2011. Вып. 195. С. 141-147.
- Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 160 с.
- Rao R.V., Ebisher D.P., Denne M.P. Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness, and fibre and vessel percentages in *Quercus robur* L. // IAWA Journal. 2022. 18 (2). P. 127-138.
- Moschler W.W., Dougal E.F., McRae D.D. Density and growth ring characteristics of *Pinus taeda* L. following thinning. *Wood Fiber Sci.* 1989. V. 21. P. 87-142.
- Санаев В.Г. Физико-механические свойства элементов макроструктуры древесины // Строение, свойства и качество древесины: сб. тр. конф. (13-17 нояб. 1990 г.). М., 1990. С. 171-176.
- Kollmann F. Kriechen von Holz und Holzwerkstoffen. *Hoiztechnologie*, 1972.
- Kollmann F. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: in III Bd. Berlin, 1951. Bd. I. 1050 p.*
- Panshin A.J., de Zeeuw C. *Textbook of Wood Technology*, 4 th ed. 1980. 705 p. McGraw-Hill, New York.
- Florisson S., Vessby J., Ormarsson S. A three-dimensional numerical analysis of moisture flow in wood and of the wood's hygromechanical and visco-elastic behaviour. *Wood Sci. Technol.* 2021. 55. P. 1269-1304.
- Färber J., Lichtenegger H.C., Reiterer A., Stanzl-Tschegg S., Fratzl P. Cellulose microfibril angles in a spruce branch and mechanical implications. *J. Mater. Sci.* 36. P. 5087-5092.
- Gindl W. Comparing mechanical properties of normal and compression wood in Norway spruce: the role of lignin in compression parallel to the grain. *Holzforschung*. 2002. 50. P. 395-401.
- Van Gelder H.A., Purter L., Sterk F.J. Wood Mechanics, Allometry and Life-History Variation in a Tropical Rain-Forest Tree Community. *Collection // New Phytologist Journal*. 2006. 171. P. 367-378.
- Антонова Г.Ф. Рост клеток хвойных. Новосибирск: Наука, 1999. 232 с.
- Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.
- Битвинкас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Наука, 1974. 172 с.

- Лесной комплекс Дальнего Востока России: аналитический обзор. 2-е изд., пересмотр. и доп. Хабаровск: РИО-ТИП, 2008. 192 с.
- ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. Введ. 01.07.1985. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 5 с.
- ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. Введ. 01.07.1985. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 6 с.
- ГОСТ 16483.9-73. Древесина. Метод определения модуля упругости при статическом изгибе. Введ. 01.07.1974. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 6 с.
- ГОСТ 16483.0-89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям. Введ. 01.07.1990. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 10 с.

References

- GOST 33080-2014. *Wooden structures. Strength classes of structural lumber and methods of their determination.* Vved. 01.07.2015. M.: Standartinform, 2019. 14 p.
- Tambi A.A. *Scientific foundations of lumber variety formation: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.21.05. SPb., 2015. 320 p.*
- Chubinskij A.N., Tambi A.A., Fedyaev A.A. *The influence of the structure and properties of wood on the strength of its bonding // Izvestia SPbLTA. 2010. Vyp. 190. P. 155-163.*
- Dunaev V.F. *On the variability of the modulus of elasticity and the ultimate strength of wood in the technological cycle // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal). 2014. № 3. P. 106-113.*
- Kislyj V.V. *Assessment of the quality of products of the forest and woodworking industry. M.: Lesnaya prom-st', 1975. 224 p.*
- Chubinskij A.N., Fedyaev A.A., Tambi A.A. *Influence of wood density on the quality of formation of adhesive joints // Izvestia SPbLTA. 2011. Vyp. 195. P. 141-147.*
- Poluboyarinov O.I. *Wood density. M.: Lesnaya prom-st', 1976. 160 p.*
- Rao R.V., Ebisher D.P., Denne M.P. *Latewood density in relation to wood fibre diameter, wall thickness, and fibre and vessel percentages in Quercus robur L. // IAWA Journal. 2022. 18 (2). P. 127-138.*
- Moschler W.W., Dougal E.F., McRae D.D. *Density and growth ring characteristics of Pinus taeda L. following thinning. Wood Fiber Sci. 1989. V. 21. P. 87-142.*
- Sanaev V.G. *Physico-mechanical properties of wood macrostructure elements // Stroenie, svojstva i kachestvo drevesiny: sb. tr. konf. (13-17 noyab. 1990 g.). M., 1990. P. 171-176.*
- Kollmann F. *Kriechen von Holz und Holzwerkstoffen. Hoiztechnologie, 1972.*
- Kollmann F. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: in III Bd. Berlin, 1951. Bd. I. 1050 p.*
- Panshin A.J., de Zeeuw C. *Textbook of Wood Technology*, 4 th ed. 1980. 705 p. McGraw-Hill, New York.
- Florisson S., Vessby J., Ormarsson S. *A three-dimensional numerical analysis of moisture flow in wood and of the wood's hygromechanical and visco-elastic behaviour. Wood Sci. Technol. 2021. 55. P. 1269-1304.*
- Färber J., Lichtenegger H.C., Reiterer A., Stanzl-Tschegg S., Fratzl P. *Cellulose microfibril angles in a spruce branch and mechanical implications. J. Mater. Sci. 36. P. 5087-5092.*
- Gindl W. *Comparing mechanical properties of normal and compression wood in Norway spruce: the role of lignin in*

- compression parallel to the grain. *Holzforschung*. 2002. 50. P. 395-401.
17. Van Gelder H.A., Purter L., Sterk F.J. Wood Mechanics, Allometry and Life-History Variation in a Tropical Rain-Forest Tree Community. *Collection // New Phytologist Journal*. 2006. 171. P. 367-378.
 18. Antonova G.F. Growth of coniferous cells. Novosibirsk: Nauka, 1999. 232 p.
 19. Vaganov E.A., Shashkin A.V. Growth and structure of annual rings of conifers. Novosibirsk: Nauka, 2000. 232 p.
 20. Bitvinskas T.T. Dendroclimatic studies. L.: Nauka, 1974. 172 p.
 21. The forest complex of the Russian Far East: analytical review. 2-e izd., peresmotr. i dop. Habarovsk: RIOTIP, 2008. 192 p.
 22. GOST 16483.1-84. WOOD. The method of determining density. Vved. 01.07.1985. M.: IPK Izd-vo standartov, 1999. 5 p.
 23. GOST 16483.3-84. WOOD. Method for determining the ultimate strength in static bending. Vved. 01.07.1985. M.: IPK Izd-vo standartov, 1999. 6 p.
 24. GOST 16483.9-73. WOOD. Method for determining the modulus of elasticity in static bending. Vved. 01.07.1974. M.: IPK Izd-vo standartov, 1999. 6 p.
 25. GOST 16483.0-89. WOOD. General requirements for physical and mechanical tests. Vved. 01.07.1990. M.: IPK Izd-vo standartov, 1999. 10 p.