

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НЕБОЛЬШИХ СЕЧЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В.И. Мелехов, В.Е. Бызов

Архангельский государственный технический университет
163002 Архангельск, наб.Северной Двины, 17, e-mail: marana@inbox.ru

В статье приведены результаты комплексных исследований, проведенных с целью разработки требований к качеству древесины брусков для строительных конструкций. Определены показатели, обеспечивающие заданные прочностные характеристики брусчатых строительных элементов несущих строительных конструкций при различных видах напряженно-деформированного состояния. Получены количественные оценки прочностных характеристик брусков из древесины ели и сосны Севера Европейской части России.

Анализ регрессионных моделей связи показателей прочности брусков с параметрами совокупного объема сучков участка разрушения позволил установить количественную связь, которая явилась основой расчета нормативов совокупного объема сучков, обеспечивающих прочность брусков с достаточной достоверностью.

Проведено сравнение выходов брусков рассортированных в соответствие с существующими требованиями к древесине пиломатериалов для строительных конструкций и по нормативам сучков участка разрушения. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что применение нормативов совокупного объема сучков участка разрушения для оценки прочности брусков, повышает достоверность контроля и расширяет ресурсы брусков для строительных конструкций.

Ключевые слова: конструкционные пиломатериалы, прочностные характеристики, совокупный объем сучков

In the article results of the complex researches, shown with the purpose of development of requirements to quality of bars wood for building designs are given. The parameters providing set strength characteristics bars building elements of bearing building designs at various kinds under intense-deformed condition are defined. Quantitative estimations of strength characteristics of bars from fir-tree wood of and pine of the North European part of Russia are received.

Regression models analysis of connection parameters of bars strength with parameters of a total knots volume of destruction area has allowed establish quantitative connection which was base for calculation of specifications of a total knots volume providing bars strength with sufficient reliability. Outputs of bars sorted in accordance with current requirements are compared with saw-timbers wood for building designs and under standards of knots destruction area.

From researches results may conclude that application of total volume knots norms of destruction area for estimation of bars durability has raised reliability of control and expanded resources of bars for building designs.

Key words: constructional bars wood, strength characteristics, combined volume of knots

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений эффективного ресурсосбережения является рациональное использование древесины. В тоже время, лесопиление ориентировано на достижение объемных показателей производства пиломатериалов, а выработанные пиломатериалы используются недостаточно эффективно. Большая часть пиломатериалов, находящихся в товарном обращении, поставляется потребителям как обезличенные полуфабрикаты, без учета их конкретного применения. Использование таких пиломатериалов для изготовления конкретных изделий сопряжено с повышенным расходом древесины. Повысить эффективность использования древесины возможно, если учитывать ее природные характеристики. Актуальность повышения эффективности использования пиломатериалов вызвана реализацией приоритетного национального проекта «Доступное жилье», предусматривающего развитие индустрии строительства малоэтажных домов. Экономическая эффективность деревянного домостроения обеспечивается оптимизацией конструкций, упрощением монтажа, сокращением сроков возведения объектов и экологичностью. Для выполнения этого проекта требуется большой объем пиломатериалов целевого назначения, в том числе и конструкционных пиломатериалов, способных выдерживать расчетные нагрузки в несущих строительных конст-

рукциях. Применение высококачественных пиломатериалов в строительстве возможно только при наличии действующей системы государственного контроля технологических процессов лесопильных предприятий. При гарантии надежности сортирования пиломатериалов, подтвержденной соответствующими сертификатами, в строительстве возможно использование для изготовления конструкций пиломатериалов с определенными прочностными характеристиками. Государственная система сертификации продукции и технологических процессов РФ, полностью соответствует принятым в мировой практике системам контроля производства конструкционных пиломатериалов. Потому имеется реальная возможность организации производства конструкционных пиломатериалов на ведущих лесопильных предприятиях.

Организация производства и потребления конструкционных пиломатериалов должна осуществляться на базе научных методов нормирования качества пиломатериалов. Эти принципы теоретически и практически наиболее полно отражены в работах А.Н.Песоцкого, В.В.Огурцова, А.М.Боровикова, С.А.Кабакова, Л.М.Спивака и др. А.М.Боровиков (Боровиков, 1990) провел анализ существующей системы производства и потребления пиломатериалов, обосновал цели и задачи управления качеством пиломатериалов и переход на выпуск пиломатериалов специального назначе-

ния. Им раскрыты понятия потребительских и производственных показателей качества, предложена методика нормирования пороков. В основу нормирования качества пиломатериалов положено разделение показателей качества на потребительские и производственные показатели качества. Производственные показатели качества – совокупность показателей, подлежащих производственному контролю для гарантии потребительских свойств. Потребительские показатели неизменны для потребителей, использующих однородную продукцию. Потребительские показатели целесообразно нормировать на уровне стандарта или технических условий. При оценке качества, измерению подлежат потребительские показатели. Производственные показатели качества служат для оценки потребительских показателей в процессе производства пиломатериалов и должны являться компетенцией производителя. Производственные показатели качества отражаются в стандартах предприятия. Целью разработки стандарта предприятия является регламентация правил сортирования, при применении которых обеспечиваются требования технических условий по механическим и другим эксплуатационным характеристикам. Стандарт предприятия на правила сортирования разрабатывается на каждом предприятии-изготовителе пиломатериалов.

Потребительским свойством, однозначно определяющим возможность применения пиломатериалов для изготовления несущих строительных конструкций, является их механическая прочность. Поэтому, пиломатериалы, используемые в строительных конструкциях, стараются получать таким образом, чтобы исключить присутствие в них сердцевины. Сердцевина находится в непосредственной близости с осью круглого сортимента. К сердцевине примыкает ювенальная древесина, обладающая низкой прочностью (Боровиков, 1989). Для того, чтобы избежать понижения прочности пиломатериалов для изготовления несущих конструкций круглые сортименты распиливают, оставляя сердцевину в доске, которую в дальнейшем не используют. В связи с этим для получения пиломатериалов, которые используют при изготовлении элементов конструкций, имеющих большое поперечное сечение, существует несколько направлений. Первым направлением является их выпилка из круглых сортиментов диаметром не менее 26 см. Однако анализ пиловочного сырья показывает, что до 50 % от количества бревен, поступающих на лесопильные предприятия, составляют бревна диаметром до 20 см включительно. Вторым направлением является склеивание элементов из пиломатериалов небольших сечений. Применение склеивания повышает технологичность изготовления конструкций, но повышает их себестоимость и усложняет процесс изготовления (Ковальчук, 1987).

В условиях дефицита высококачественного пиловочного сырья больших диаметров одним из перспективных направлений является выработка пиломатериалов определенных сечений с нормированной прочностью для строительства из круглых пиловочных сортиментов небольших диаметров. Из-за

отсутствия дефицита высококачественного пиловочного сырья такие сортименты до определенного времени не принимались для распиловки и не использовались для производства высококачественных пиломатериалов. Выработка пиломатериалов из тонкомерного пиловочного сырья потребует внесения корректировки в технологический процесс производства.

Основным сортообразующим пороком и элементом, определяющим прочностные характеристики, являются сучки. В круглых сортиментах небольшого диаметра сучки имеют форму близкую к конусной. Вершины конусов располагаются вблизи сердцевины, которая совпадает с осью бревна. Поэтому, чем дальше от оси бревна будет располагаться пласт или кромка пиломатериалов, тем больше будет абсолютный размер сучка (рис. 1). При получении пиломатериалов из круглых сортиментов небольшого диаметра сучки будут присутствовать в большем количестве, однако размеры сучков на пласть и кромках пиломатериалов будут меньше.

При раскрое пиловочника диаметром от 14 до 20 см необходимо получать брус сечением, обладающим наибольшим моментом сопротивления. Размеры такого сечения находим решением задачи Парана (Михайлов, 1986). При сопоставимости моментов сопротивления пиломатериалов разных сечений можно отметить, что размеры сечений бруса и досок не адекватны, высота сечения досок, превосходит больший размер стороны бруса в полтора два раза. В тоже время доски таких сечений невозможно получить из сортиментов диаметра ограниченного размерами сечения бруса. Кроме того, следует обратить внимание на то, что в пиломатериалах больших сечений высших сортов, применяемых в строительстве, ограничивается кроме больших сучков присутствие сердцевины. Поэтому при получении пиломатериалов приходится делать вырезку сердцевинной зоны бревна. В брус, полученном из круглых сортиментов небольших диаметров, сердцевина обязательно присутствует и такие брус сечением здесь, и далее называем сердцевинными. В сердцевинных брус сечением сучки перерезаются один и редко два раза, а волокна перерезаны только на их поверхности. В досках же в большем количестве присутствуют перерезанные волокна древесины и сучки перерезаны до 3-х раз. Это снижает прочность строительных конструкций изготовленных из таких пиломатериалов.

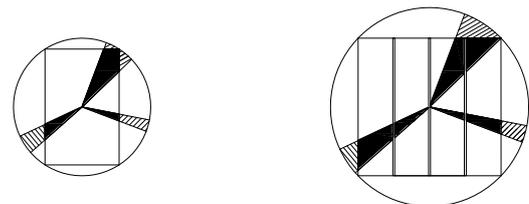


Рисунок 1 - Геометрическая модель расположения сучков в круглых сортиментах (пиловочнике) и пиломатериалах

Использование брусчатых элементов из сердцевинных брусьев позволяет расширить ресурсы пиломатериалов для изготовления несущих строительных конструкций. В то же время, количественные оценки механических характеристик таких брусьев до сих пор исследованы недостаточно и не определены. Непосредственное определение показателей прочности сопряжено с разрушением пиломатериалов, поэтому целесообразно проводить неразрушающий контроль. Для повышения достоверности неразрушающего контроля прочности брусьев, выработанных из тонкомерных пиловочных бревен с учетом особенностей макроструктуры, необходимо определить научно-обоснованные критерии нахождения наиболее значимых параметров и провести их нормирование для оценки прочности брусьев.

Нами были проведены комплексные исследования с целью разработки требований к качеству древесины сердцевинных брусьев, обеспечивающих заданные прочностные характеристики для различных видов напряженно-деформированного состояния. Получены количественные оценки прочностных характеристик брусьев из древесины хвойных пород путем проведения испытаний выборок брусьев при изгибе нагружением кромки и сжатии вдоль волокон. Брусья получены из пиловочника, заготовленного в лесах Севера Европейской части России. Для оценки прочностных характеристик

брусьев принят показатель – относительный совокупный объем сучков участка разрушения, который определяется как отношение суммы объемов сучков, расположенных на участке бруса длиной равной ширине бруса к объему этого участка. Этот параметр наиболее полно отражает снижение прочности от присутствия сучков в сердцевинном брусее. По результатам паспортизации пиломатериалов определены величины относительных совокупных объемов сучков участков разрушения. Проведены испытания с целью определения прочностных характеристик брусьев. Получены совокупности распределений пределов прочности брусьев при изгибе нагружением кромки и сжатии вдоль волокон, а также распределения значений относительного совокупного объема сучков участка разрушения. Проверка согласия опытных распределений с нормальным законом распределения, подтвердила возможность аппроксимации опытных распределений данным теоретическим законом. Результаты статистического анализа показателей прочности и параметров совокупного объема сучков приведены в табл.1, где показаны точечные оценки распределений значений пределов прочности и относительного совокупного объема сучков разрушения, определенных при испытаниях изгиба нагружением кромки и сжатия вдоль волокон образцов брусьев из древесины ели и сосны, а также сжатия вдоль волокон образцов из древесины сосны.

Таблица 1 - Статистические показатели пределов прочности брусьев и параметров совокупного объема сучков участка разрушения

Вид напряженно-деформированного состояния	Порода	Показатели ¹⁾	Статистики ²⁾ опытного распределения			
			\bar{X}	σ_x	$X_{0,95}$	ω^2
Изгиб нагружением кромки	ель	R , МПа	45,8	8,8	31,3	0,27
Изгиб нагружением кромки	сосна	R , МПа	35,9	9,5	20,2	0,36
Сжатие вдоль волокон	сосна	R , МПа	31,7	4,9	23,6	0,91
Изгиб нагружением кромки	ель	V , %	2,7	1,7	-	0,81
Изгиб нагружением кромки	сосна	V , %	7,6	4,8	-	1,04
Сжатие вдоль волокон	сосна	V , %	7,1	4,7	-	0,49

Примечание: 1. Показатели: R - предел прочности; V - совокупный объем сучков участка разрушения. 2. Статистики: \bar{X} - среднее арифметическое; σ_x - среднее квадратичное отклонение; $X_{0,95}$ - допустимая (нижняя толерантная) граница с обеспеченностью 0,95; ω^2 - критерий согласия опытного распределения с теоретическим законом распределения (если $\omega^2 \leq 1,94$, то принимается гипотеза о согласии при уровне значимости 0,1).

Показатели регрессионных уравнений связи пределов прочности брусьев с параметрами относительного совокупного объема сучков участка разрушения при напряженно-деформированных состояниях изгиба нагружением кромки и сжатия вдоль волокон, приведены в таблице 2. Анализ регрессионных моделей связи показателей прочности брусьев с параметрами совокупного объема сучков участка разрушения позволил установить количественную связь, которая явилась основой расчета

нормативов совокупного объема сучков, обеспечивающих заданный уровень прочности брусьев, при напряженно-деформированных состояниях изгиба нагружением кромки и сжатия вдоль волокон. На основе полученных нормативов были разработаны правила контроля прочности брусьев для строительных конструкций и принята система нормативных сопротивлений древесины брусьев для изготовления элементов несущих строительных конструкций, испытывающих различные напряженно-

деформированные состояния. Рассчитаны нормативные значения совокупного объема сучков, обеспечивающие прочность брусьев с достаточной достоверностью.

При разработке правил контроля прочности брусьев учитывали следующие условия: показатели прочности сортовых групп брусьев; практические возможности контроля прочности брусьев и выход брусьев различных групп прочности. Первое условие предполагает, что показатели прочности брусьев, соответствующие различным видам напряженно-деформированного состояния и их прочностным сортам, должны быть взаимосвязанными. Кроме этого, они должны отвечать фактическим потребностям производства изготовления элементов несущих строительных конструкций. Второе условие определяется экономической целесообразностью и необходимостью достаточной достоверности оценки прочности брусьев. Третье предполагает, что

потребность производства в брусьях различных прочностных сортов в количественном отношении должна соответствовать возможностям производства. Нами принята следующая градация нормативов прочности брусьев при напряженно-деформированном состоянии изгиба нагружением кромки и сжатии вдоль волокон: 30; 24 и 15 МПа. Эти прочностные сорта обозначили соответственно, 1К, 2К и 3К. Определены контрольные границы предела прочности для сортов брусьев и, обеспечивающих эту прочность, параметров совокупного объема сучков для прочностных сортов. Контрольные границы для разделения пиломатериалов на сорта установили с применением методики, предложенной В.В.Огурцовым (Огурцов, 1980), в которой рассмотрены зависимости для оценки посортной достоверности. Определение границ допуска проведено исходя из допускаемого уровня дефектности.

Таблица 2 - Показатели регрессионных моделей для контроля прочности брусьев по совокупному объему сучков

Вид напряженно-деформированного состояния	Порода	Показатели регрессии			
		b	a	r	S_{yx}
Изгиб нагружением кромки	ель	-3,565	55,182	0,707	5,843
Изгиб нагружением кромки	сосна	-0,988	43,480	0,485	7,889
Сжатие вдоль волокон	сосна	-0,574	35,051	0,496	4,468

Примечание: b - коэффициент регрессионного уравнения; a - свободный член уравнения регрессии; r - коэффициент корреляции; S_{yx} - стандартная ошибка оценки.

Нормативы относительного совокупного объема сучков были пересчитаны в нормативы сучков на поверхностях брусьев, определяемых визуально. Все сучки подразделены на три категории: кромочные, прикромочные и осевые (терминология авт.). Кромочные сучки расположены на кромках брусьев. Прикромочные сучки расположены на пласти бруса на расстоянии не более двух третей диаметра от ребра бруса. Остальные сучки на пласти бруса отнесены к осевым. Размер кромочного сучка определяется как расстояние между касательными к контуру сучка, проведенными параллельно ребрам бруса. Размер прикромочного сучка определяется по его меньшему диаметру. Размер ребрового сучка определяется по наименьшему диаметру или так же как размер кромочного сучка. Размер осевого сучка определяется как среднее арифметическое его большего и меньшего диаметра на пласти бруса. Определены допустимые размеры кромочных, при-

кромочных сучков и сучков, расположенных на осевой линии брусьев, при выполнении условия соблюдения предложенных нами нормативов параметра относительного совокупного размера сучков для каждого из прочностных сортов. Значения определяемых визуально допускаемых размеров сучков приведены в таблице 3. В соответствии с предлагаемыми рекомендациями по сортированию брусья были рассортированы на прочностные сорта 1К, 2К и 3К. В результате сортирования было выявлено, что вся совокупность еловых брусьев относится к прочностному сорту 1К. Прочность сосновых брусьев позволяет разделить их на прочностные сорта 1К и 2К. С целью оценки эффективности применения разработанных рекомендаций по сортированию брусьев для несущих строительных конструкций брусья были рассортированы по ГОСТ 8486-86. Получены относительные соотношения еловых и сосновых брусьев 1, 2, 3 и 4 сортов.

Таблица 3 -

Порода	Прочностной сорт	Размеры сучков в долях ширины стороны		
		кромочные	прикромочные	осевые
Ель	1К	1/3	1/5	1/5
	1К	1/3	1/6	1/6
Сосна	2К	1/2	1/3	1/3

Сравнительный анализ выходов брусьев сортов по ГОСТ 8486-86 и прочностным сортам показали, что прочность всех еловых брусьев, рассортированных по разработанным нормативам с обеспе-

ченностью 0,95, при изгибе нагружением на кромку, не менее 30 МПа. В то же время только 37 % брусьев из древесины ели соответствует требованиям 1-го сорта по ГОСТ 8486-86. Нормативное со-

противление брусев 1-го сорта составляет 26 МПа.

Прочностному сорту 2К с нормативным сопротивлением при изгибе нагружением на кромку 24 МПа, соответствует 83 % сосновых брусев, а требованиям 2-го сорта по ГОСТ 8486-86 40 % сосновых брусев. Таким образом, по сравнению с сортированием по ГОСТ 8486-86, при сортировании по параметрам относительного совокупного объема сучков, выход брусев, имеющих одинаковые значения прочности больше.

Основные выводы:

Доказано, что использование в строительстве брусчатых деревянных элементов небольшого сечения, выработанных из тонкомерного пиловочника, позволяет привлечь дополнительные сырьевые ресурсы и способствует решению задачи ресурсосбережения.

Экспериментально доказано, что визуальным сортированием можно обеспечить, с требуемой достоверительной вероятностью, заданные нормативные сопротивления брусев.

Распределение прочностных характеристик брусев, рассортированных по разработанным нами нормативам, качественно превосходят распределение прочностных характеристик брусев, рассортированных по ГОСТ 8486-86. При сортировании по

параметрам совокупного объема сучков 100 % еловых брусев имеют прочность не менее 30 МПа, и 83 % сосновых брусев имеют прочность не менее 24 МПа. При сортировании по ГОСТ 8486-86 выход брусев 2-го сорта, имеющих прочность при изгибе на кромку не менее 24 МПа, составляет 63 % для брусев из древесины ели и 40% для сосновых брусев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Боровиков, А.М. Качество пиломатериалов [Текст] / А.М.Боровиков. – М.: Лесн. пром-сть, 1990.- 254 с.
- Боровиков, А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине [Текст] / А.М.Боровиков, Б.Н.Уголев; под ред. Б.Н.Уголева.- М.: Лесн. пром-сть, 1989.- 239с.
- Ковальчук, Л.М. Производство деревянных клееных конструкций [Текст] / Л.М.Ковальчук. - 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Лесн. пром-сть, 1987.- 386 с.
- Михайлов, А.М. Основы расчета элементов строительных конструкций в примерах [Текст]: Учебное пособие для техникумов / А.М.Михайлов.- 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1986.- 416 с.
- Огурцов, В.В. Принципы определения допусков при автоматической сортировке пиломатериалов по механическим свойствам [Текст] / В.В.Огурцов // Изв.вузов. Лесн.журн.- 1980.- № 1.- С. 98-102.

Поступила в редакцию 24 сентября 2009 г.
Принята к печати 13 октября 2010 г.