

УДК 674.21

А. С. Пардаев, канд. техн. наук, ст. преподаватель (БГТУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРОКОВ ДРЕВЕСИНЫ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исследовано напряженно-деформированное состояние бруса из древесины сосны при статическом изгибе. Проведена оценка влияния пороков древесины на прочность элементов столярно-строительных конструкций на основе имитационного моделирования.

The stress-deformed condition of a beam from pine wood is investigated at a static bend. The estimation of influence of defects of wood on stress of elements of wood -building designs on the basis of imitating modelling.

Введение. В настоящее время в соответствии с социально ориентированной политикой Республики Беларусь и странах СНГ, расширением строительства, развитием инфраструктуры малых городов, строится и вводится в эксплуатацию все большее количество зданий и сооружений. Активизация и нарастающий темп жилищного строительства требует поставки все большего количества надежных и высокоэффективных деревянных конструкций и материалов. В связи с этим особое внимание должно быть обращено на качество и долговечность несущих элементов строительных конструкций, оценку механических свойств древесины как конструкционного материала.

Пороки древесины, особенности и недостатки отдельных участков древесины ухудшают ее качественные показатели и ограничивают возможность ее применения в изделиях и конструкциях из древесины.

Одним из направлений повышения эффективности использования древесных материалов, исследования и проектирования деревянных конструкций является имитационное моделирование [1, 2] нагрузок и воздействий, возникающих в процессе их эксплуатации, с учетом отклонений от нормы в строении древесины, т. е. имеющихся пороков.

Проектирование деревянных конструкций, сбалансированных по напряженно-деформированному состоянию, с учетом анизотропии древесины и наличия пороков в конструктивных элементах, представляет актуальную теоретическую и практическую задачу.

Цель данной работы заключается в оценке влияния пороков древесины на напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов столярно-строительных конструкций на основе имитационного моделирования.

Объектом исследования является брус из древесины сосны прямоугольного сечения с сучком на пласти.

Предметами исследования являются НДС бруса при статическом изгибе и зависимость ее прочности от места положения сучка на пласти.

Основная часть. Прочность конструктивных элементов из древесины зависит от направления действующей нагрузки, породы дерева, плотности, влажности, наличия пороков и характеризуется пределом прочности.

Пороки древесины являются важным признаком качества древесины. По их наличию и размерам определяется сорт лесоматериалов того или иного назначения. Степень влияния пороков на качество древесины зависит от вида порока, его размеров, количества, местоположения и назначения заготавливаемых лесоматериалов. Один и тот же порок в одних сортиментах совершенно недопустим, в других – возможен с теми или иными ограничениями, а в-третьих – наличие этого порока не имеет практического значения. Основные сортообразующие пороки древесины – сучки, гнили, трещины и кривизна [3, 4].

Наибольшее влияние на сортность лесоматериалов оказывают влияние сучки, представляющие собой часть живой или отмершей ветви, которая заключена в древесине ствола [5]. Древесина сучков отличается более темным цветом и имеет самостоятельную систему годичных слоев. Отрицательно сказываются на качестве лесоматериалов размеры сучков, их форма, положение в сортименте, взаимное расположение, степень срастания с окружающей древесиной и т. д. Сучки, особенно – ребровые, продолговатые, сшивные и групповые, снижают прочность пилопродукции и деталей при растяжении вдоль волокон и изгибе. При поперечном сжатии и продольном скалывании сучки повышают прочность древесины.

Деревянные несущие строительные конструкции, как правило, имеют большие габаритные размеры и изготавливаются из клееной древесины или из цельной древесины со здоровыми сросшимися твердыми сучками, число и размеры которых ограничены для каждого сорта материала в зависимости от их расположения.

Изучение громоздких и сложных конструкций путем проведения экспериментов на их математических моделях, реализованных на ЭВМ,

является средством быстрого, а иногда и единственно возможного решения инженерных задач. Использование систем конечно-элементного анализа делает возможным исследование НДС конструкций из древесины без изготовления ее материального прототипа, путем создания и решения адекватной математической модели. Это позволяет в несколько раз сократить период конструкторско-технологической подготовки производства, материальные расходы и оптимизировать конструкцию по определенным критериям.

Рассмотрим последовательность моделирования и результат решения задачи прогнозирования НДС элементов конструкций на примере цельного бруса из древесины сосны прямоугольного сечения со здоровым сросшимися твердым сучком на пласти (рис. 1), которое возникает вследствие нагрузок при статическом изгибе. Воспользоваться при этом можно различными компьютерными системами конечно-элементного анализа, например ANSYS, позволяющей учесть анизотропию механических свойств древесины, а также отклонение от нормы в строении дерева при рассмотрении сучков.

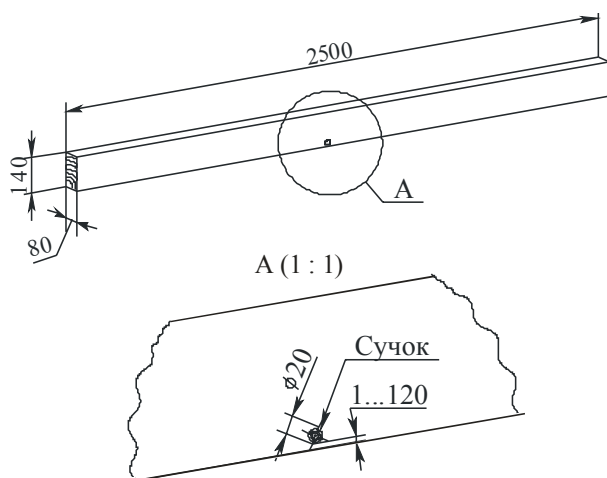


Рис. 1. Геометрическая модель бруса с указанием местоположения сучка на пласти

При разработке модели бруса принята ортогональная расчетная схема механической анизотропии, которая позволила учесть структурные особенности древесины. При моделировании сучка, расположенного на пласти бруса, принята криволинейная расчетная схема механической анизотропии древесины на основе цилиндрической системы координат, которая позволила учесть отклонение от нормы в строении древесины бруса, например изменение направления волокон в сучке.

В процессе имитационного моделирования НДС бруса при изгибе разработаны геометрическая трехмерная (рис. 1) и конечно-элементная

(рис. 2) модели бруса, определена схема нагружения и закрепления модели (рис. 3), указаны необходимые для решения исходные данные по механическим свойствам древесины сосны: $E_a = 11,3 \times 10^9$ Па, $E_t = 0,9 \times 10^9$ Па, $E_r = 1,74 \times 10^9$ Па, $G_{ra} = 1,23 \times 10^9$ Па, $G_{ta} = 0,8 \times 10^9$ Па, $G_{tr} = 0,42 \times 10^9$ Па, $\mu_{ra} = 0,078$, $\mu_{ar} = 0,504$, $\mu_{ta} = 0,045$, $\mu_{at} = 0,463$, $\mu_{tr} = 0,306$, $\mu_{rt} = 0,527$.

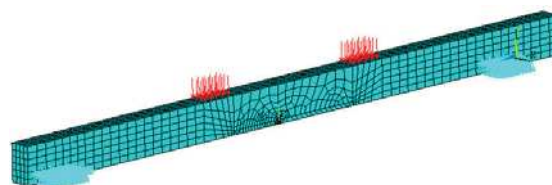


Рис. 2. Результат генерации объемной конечно-элементной сетки, приложения нагрузок и граничных условий к модели бруса

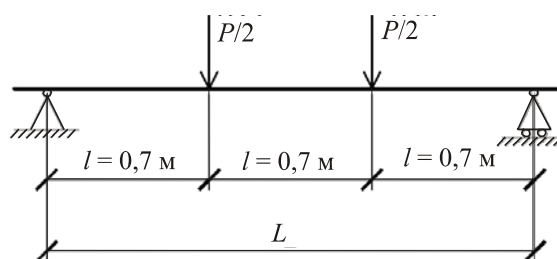


Рис. 3. Расчетная схема нагружения и закрепления бруса

Далее произвели расчет НДС модели бруса при изгибе. Результат расчета, для частного случая, представлен в виде изображения поля напряжений на рис. 4, 5. На рис. 6 показана зависимость величины растягивающих напряжений и прогиба бруса от места положения сучка на пласти при статическом изгибе.

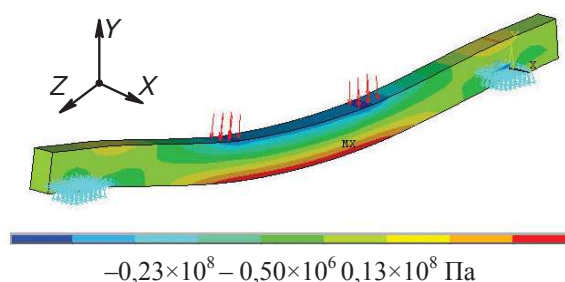


Рис. 4. Изображение поля напряжений в направлении Z (по длине бруса), возникающих в модели бруса под действием нагружения

Исследование НДС бруса показывает, что сучки снижают предел прочности при статическом изгибе. Наличие пороков древесины приводит к образованию около них в ослабленном сечении концентрации напряжений вместо предполагаемого в элементарных расчетах равномерного распределения напряжений. При этом особую роль

играет расстояние от нижней пласти бруса до сучка. Из результатов расчета (рис. 6) видно, что при расстоянии от нижней пласти бруса до сучка менее 30 мм возникают напряжения, превышающие предел прочности древесины сосны вдоль волокон. В частности, при выходе сучка на пласт влияние концентрации напряжений в ослабленном сечении бруса увеличивается, и возникающие напряжения могут превышать предел прочности древесины более чем в 2 раза.

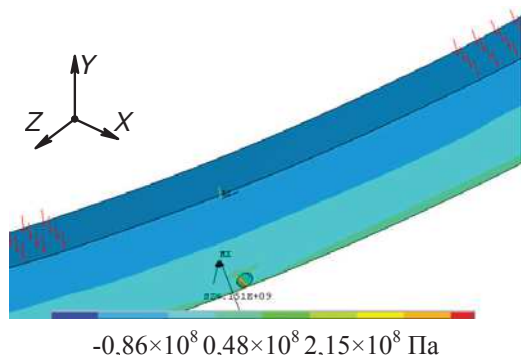


Рис. 5. Изображение поля напряжений в направлении Z (по длине бруса), возникающих в модели бруса в месте расположения сучка

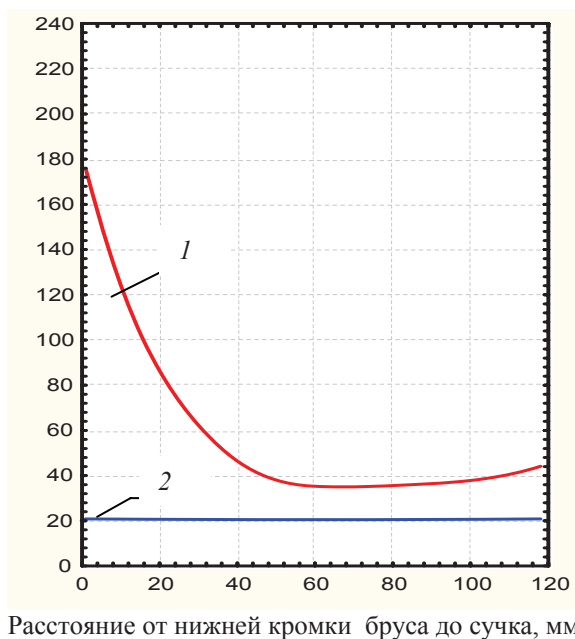


Рис. 6. Зависимость величины растягивающих напряжений (линия 1, МПа) и прогиба (линия 2, мм) бруса от места положения сучка на пласти при статическом изгибе

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью разработанных математических моделей [6], использованием известных положений фундаменталь-

ных наук, сходимостью полученных результатов моделирования с данными эксперимента, а также с результатами исследований других авторов [7].

Заключение. Таким образом, пороки древесины (сучки и др.) нарушают ее однородность, приводя к искривлению волокон и годичных слоев, что ухудшает механические свойства – снижает ее прочность. При этом степень влияния сучков на напряженно-деформированное состояние элементов столярно-строительных конструкций и изделий из древесины зависит от их размеров, разновидности и их расположения относительно кромки или пласти.

Приведенный анализ напряженно-деформированного состояния бруса из древесины сосны с сучком на пласти показывает, что применение методов имитационного моделирования позволяет выявить недостатки изделия на концептуальной стадии проекта и исправить их до начала изготовления и эксплуатации. Предложенная методика моделирования столярных изделий может быть применена также для исследования прочности, надежности и безопасности других изделий и конструкций из древесины и древесных материалов.

Литература

1. Пижурин, А. А. Основы научных исследований в деревообработке: учеб. для ВУЗов / А. А. Пижурин, А. А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2005. – 305 с.
2. Kent, L. L. ANSYS Tutorial Releases 10 / L. L. Kent. – University of Texas at Arlington: SDC Publications. – 2006. – 456 p.
3. Вакин, А. Т. Альбом пороков древесины / А. Т. Вакин, О. И. Полубоярин, В. А. Соловьев. – М.: Лесная пром-сть, 1969. – 164 с.
4. Сенкевич, А. Л. Пособие по порокам древесины / А. Л. Сенкевич. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 74 с.
5. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учеб. для лесотехнических вузов / Б. Н. Уголев. – 3-е изд. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
6. Пардаев, А. С., Обеспечение формоустойчивости неоднородных массивов древесины с учетом цилиндрической анизотропии их элементов при усушке и разбухании: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / А. С. Пардаев; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2008. – 21 с.
7. Селиверстов, А. А. Литературный обзор исследования по качеству древесины / А. А. Селиверстов. – Петр.: ПГУ, 2008. – 50 с.

Поступила 01.04.2010