

чениями $k_3 = k_1 k_2$ в пределах $1,0 \dots 3,0$, система управления должна обеспечивать вероятность безотказной работы в течение продолжительности смены не менее 0,996; пределы ограничений максимально допустимого числа сбоев составляют от 6 до 9 ед./смену.

Для систем управления сортировкой в составе лесотранспортера ЛТ-182, имеющего скорость тягового органа 1,2 м/с, значение S_{max} находится в пределах 4...6 ед./смену при обеспечении вероятности работы без сбоев за продолжительность смены не менее 0,998.

Предложенный метод, устанавливающий взаимосвязь между качеством функционирования системы управления сортировкой, распределением лесонакопителей по наименованиям сортиментов и изменчивостью средних объемов сортиментов, можно использовать на предварительном этапе обоснования структуры систем такого класса и нормирования показателей надежности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Оптимальное размещение накопителей на сортировочном конвейере / Д. К. Воевода, Л. М. Китайник, В. Е. Кузнецов и др. // Вопросы оптимизации технологических процессов и параметров машин для лесных складов.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1976.— С. 29—38. [2]. Петровский В. С., Харитонов В. В. Автоматика и автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— С. 240. [3]. Стародубец Б. Г. Точностный анализ автоматизированного процесса учета объемов круглых лесоматериалов // Метрология.— 1984.— № 5.— С. 7—14.

Поступила 24 октября 1988 г.

УДК 691.116

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Л. М. КОВАЛЬЧУК, А. В. БАЛТРУШАЙТИС

ЦНИИСК, Литовский НИИСиА

В пиломатериалах, используемых для изготовления деревянных конструкций, наиболее значимыми по встречаемости и влиянию на прочность конструкций дефектами строения древесины являются сучки. Выявлено [1, 6, 7], что дефекты неоднозначно влияют на прочность одно- и многослойных конструкций; последние обладают свойством снижать отрицательное влияние дефектов. Возрастание прочности многослойных клееных конструкций по сравнению с цельными однослойными объясняется рассредоточением сучков, приводящим к повышению однородности материала. Степень рассредоточения зависит от размеров сучков и количества слоев в элементе [4]. Однако в указанных работах не выявлена роль взаимного поддерживающего действия склеенных слоев и перераспределения напряжений в околосучковой зоне; не изучено влияние качества древесины на длительную прочность многослойных конструкций, однако для неклееных конструкций такая зависимость установлена [5].

В данной работе поставлена задача установить влияние взаимного поддерживающего действия склеенных слоев на распределение напряжений в околосучковой зоне и зависимость длительной прочности многослойных элементов конструкций от качества древесины.

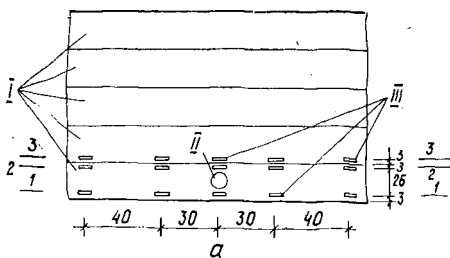
При изучении взаимного поддерживающего действия слоев были испытаны на изгиб до разрушения парные модельные балки размером $120 \times 160 \times 2140$ мм, склеенные из слоев древесины ели толщиной 32 мм. Сосредоточенные усилия прикладывали на расстоянии 750 мм от опор при пролете 2000 мм. Наиболее возможная идентичность парных балок была достигнута путем изготовления слоев из од-

ной доски. В нижних, растянутых при изгибе, слоях на расстоянии 120 мм от середины пролета имелись кромочные сучки диаметром 16 мм. Парные балки отличались между собой тем, что по всей длине зоны «чистого» изгиба (т. е. 500 мм) и на всю ширину одной из балок создавался искусственный непрочный слой между растянутым наружным и прилегающим к нему слоем путем укладки одного слоя полиэтиленовой пленки.

Деформации волокон древесины нижнего растянутого слоя в зоне изучаемого дефекта, а также прилегающего к нему слоя измеряли с помощью тензорезисторов (база 20 мм), наклеенных на боковые поверхности балок.

Схема расположения тензорезисторов и характер распределения деформаций волокон древесины растянутых слоев изгибаемых элементов при нагрузке $p = 20$ кН приведены на рис. 1.

Рис. 1. *a* — фрагмент средней части образца с расположением тензорезисторов; *b* — график относительных деформаций древесины обычного образца; *в* — то же с непрочным слоем; I — слои древесины; II — сучок; III — тензорезисторы; 1, 2, 3 — кривые распределения относительных деформаций древесины в сечениях 1—1, 2—2 и 3—3 соответственно

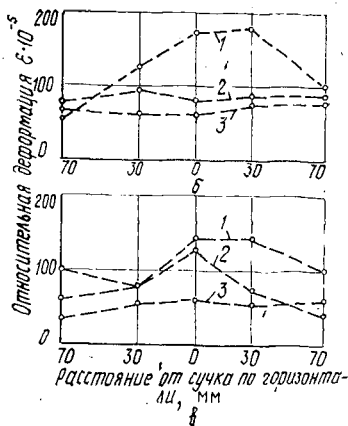


На рис. 1, *a* слои древесины пронумерованы, а пронумерованы сечения 1—1, 2—2, 3—3, в которых измеряли относительные деформации древесины. Даны также расстояния между тензорезисторами как по горизонтали (30, 40, ... мм), так и по вертикали (3, 26, ... мм).

При отсутствии клевого соединения между двумя растянутыми слоями (рис. 1, *в*) отмечаются повышенные деформации волокон древесины в околосучковой зоне в сечениях 1—1 и 2—2. Хотя точное определение действующих напряжений затруднено из-за изменчивости деформативных характеристик древесины в пределах одного слоя, столь значительное повышение относительных деформаций около сучка свидетельствует о наличии концентрации напряжений.

На рис. 1, *б* показано близкое к линейному распределение деформаций в сечениях 2—2 и 3—3, что свидетельствует о совместной работе склеенных слоев. В этом случае повышенные напряжения в околосучковой зоне воспринимаются прилегающими волокнами соседнего слоя. Концентрация напряжений отмечается только в сечении I × I, где поддержки нет. Эти испытания показали, что клеевые соединения обеспечивают совместную работу слоев клееных элементов, снижают степень концентрации напряжений в зоне дефектов и, следовательно, уменьшают отрицательное влияние последних на прочность многослойных элементов.

Для экспериментальных исследований прочности клееных элементов были изготовлены модельные балки размером 152 (*h*) × 120 × 2140 мм. Слои толщиной 19 мм склеивали с помощью фенолформальдегидного клея ФРФ-50. Для балок первого вида (Б-1) в наиболее напряженные зоны помещали два слоя из древесины 2-го сорта, в остальную зону — 3-го сорта. Несущая способность балок определя-



лась прочностью древесины 2-го сорта. Все слои балок второго вида (Б-2) были изготовлены из древесины 3-го сорта. Сучки, определяющие сортность слоев, располагались в зоне чистого изгиба при нагружении по вышеописанной схеме.

При получении показателей начальной прочности балок из древесины разного качества испытания проводили до разрушения при изгибе; определяли разрушающую нагрузку и, в соответствии со [2], приведенное время до разрушения.

Длительную прочность клееных образцов изучали при действии постоянной нагрузки в условиях переменных температуры и влажности окружающей среды.

В климатической камере с помощью рычажных установок были загружены две группы модельных балок; в каждой группе имелось по 6 балок видов Б-1 и Б-2. Для первой группы уровень постоянной нагрузки был назначен по результатам кратковременных испытаний и составлял около 0,4 начальной прочности. Во второй группе нагрузка была одинаковой для всех балок и вызывала нормальные напряжения в наиболее напряженном растянутом слое $\sigma = 18,2$ МПа. Нагружение осуществляли с соблюдением схемы кратковременных испытаний. Одновременно в климатическую камеру помещали третью группу по 6 модельных балок видов Б-1 и Б-2, которые экспонировали без действия внешней нагрузки.

Все балки, находящиеся в климатической камере, подвергали циклическим увлажнению и высушиванию, что примерно соответствовало влажностному состоянию клееных конструкций, эксплуатируемых в жестких температурно-влажностных условиях [3]. Балки первой группы подвергали семи циклам температурно-влажностных воздействий в течение 147 сут, а второй и третьей групп — десяти циклам с общей продолжительностью 210 сут.

Во время испытаний измеряли прогибы в середине пролета и регистрировали момент разрушения балок. По истечении намеченного срока длительных воздействий модельные балки, сохранившие целостность, доводили до разрушения по методике кратковременных испытаний. Следовательно, определяли степень накопления повреждений и, как следствие, изменение прочности клееных элементов в результате длительных температурно-влажностных воздействий как при действии внешней нагрузки, так и без нее.

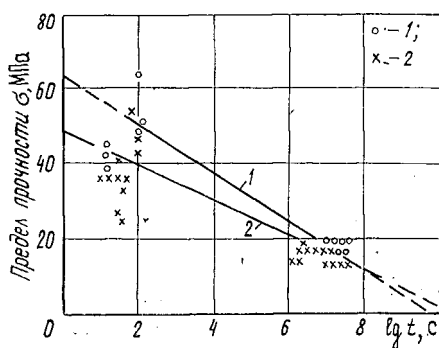


Рис. 2. Зависимость прочности от продолжительности воздействий ($\sigma - \lg t$): 1 — для балок Б-1; 2 — Б-2

Результаты испытаний приведены в таблице и изображены на графике (рис. 2), ордината которого представляет предел прочности, а абсцисса — логарифм приведенного времени до разрушения.

Установлено (см. табл.), что начальная кратковременная прочность многослойных элементов, изготовленных из древесины 3-го сорта, в среднем на 19,2 % ниже прочности элементов из древесины 2-го сорта.

По результатам кратковременных и длительных испытаний на графике нанесены прямые, отражающие снижение прочности балок двух видов во времени. При определении уравнений прямых учтены данные и четырех балок, которые не разрушились во время длительных испытаний. Реальные показатели времени до разрушения в логарифмической шкале не привели бы к существенному изменению положения экспериментальных точек, так как последующие кратковремен-

Вид балок	Кратковременные испытания		Длительные испытания					
	Предел прочности σ , МПа	Приведенное время до разрушения, с	I группа		II группа		III группа	
			Продолжительность воздействия (или время до разрушения), сут	Предел прочности после воздействия σ , МПа	Продолжительность воздействия (или время до разрушения), сут	Предел прочности после воздействия σ , МПа	Продолжительность воздействия, сут	Предел прочности после воздействия σ , МПа
Б-1	48,7	107,6	61	—	210	33,0	210	48,4
	39,0	54,6	84	—	60	—	210	52,3
	44,5	60,6	32*	—	78	—	210	45,8
	64,6	107,6	52	—	60	—	210	47,8
	57,6	216,6	147	44,3*	210	41,3	210	59,6
	50,0	270,0	42	—	115	—	210	32,9
Среднее	50,7							47,8
Б-2	41,5	60,2	16	—	42	—	210	28,5
	50,0	93,6	84	—	21	—	210	33,1
	52,7	75,6	147	32,5	94	—	210	52,6
	30,7	48,4	79	—	91	—	210	28,8
	47,9	104,6	22	—	34	—	210	40,6
	40,7	60,7	107	—	54	—	210	30,4
	32,0	42,6	—	—	—	—	—	—
	37,7	56,6	—	—	—	—	—	—
	44,6	85,6	—	—	—	—	—	—
	37,1	54,4	—	—	—	—	—	—
	35,8	53,6	—	—	—	—	—	—
	40,8	58,6	—	—	—	—	—	—
Среднее	40,9							35,7

Примечание. Звездочка показывает, что разрушение этих образцов произошло от действия касательных напряжений. (Остальные образцы разрушились от действия нормальных напряжений в растянутой зоне).

ные испытания выявили наличие в балках значительного накопления повреждений: пределы прочности всех балок значительно ниже средних показателей начальной прочности.

Разница в прочности многослойных изгибаемых элементов, изготовленных из древесины разного качества, уменьшается с увеличением длительности действия нагрузки. Данное явление, по-видимому, связано с релаксационными процессами, происходящими в многослойных элементах в режиме длительного нагружения: ползучесть наиболее напряженных волокон древесины при одновременной поддержке прилегающими слоями приводит к снижению концентрации напряжений в зоне сучков. Поэтому отрицательное влияние пороков на прочность многослойных элементов при действии длительной нагрузки проявляется в меньшей степени, чем при кратковременном нагружении.

Проведенные испытания показали следующее.

1. Сучки в меньшей степени влияют на прочность многослойных элементов, чем цельных, что является следствием взаимного поддерживающего действия склеенных слоев.

2. Разница в прочности разносортных многослойных элементов сокращается с увеличением времени действия нагрузки, что указывает на наличие связи длительной прочности с качеством древесины.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Губенко А. Б. Изготовление клееных деревянных конструкций и деталей.— М.— Л.: Гослесбумиздат, 1957.— 348 с. [2]. Иванов Ю. М. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций.— М., 1976.— 28 с. [3]. Ломакин А. Д., Мартинец Д. В., Прилепский Е. А. Клееные деревянные конструкции в сельскохозяйственных зданиях.— М.: Стройиздат, 1982.— 104 с. [4]. Ясинский В. С. К вопросу определения вероятности совпадения сучков в многослойных клееных несущих конструкциях // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр.— 1974.— Вып. 3.— С. 710. [5]. Madsen B. Duration of load test for wet lumber in bending // Forest Products Journal.— 1975.— V. 25.— N 5.— P. 33—40. [6]. Peterson J., Madson G., Moody R. C. Tensile strength of one-, two- and three-ply glulam members of 2 b b Douglas fir // Forest Products Journal.— 1981.— V. 31.— N 1.— P. 42—48. [7]. Suchland O. Theoretical analysis of yield and strength potential of two-ply lumber // Forest Products Journal.— 1980.— V. 30.— P. 41—47.

Поступила 25 июля 1988 г.

УДК 630* 812

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ ПО МАССЕ ШТАБЕЛЯ

Е. С. БОГДАНОВ, И. Г. РЯБОКОБЫЛЕНКО, Л. А. ЯНҚОВСКИЙ

ЦНИИМОД, Архангельский лесотехнический институт

Наиболее перспективный метод контроля средней влажности штабеля в процессе сушки — весовой, основанный на измерении убыли массы штабеля.

Ранее [3] было предложено измерять убыль массы штабеля путем установки датчиков массы под специально устроенные подвижные участки рельсового пути. Подобная схема реализована Калининским политехническим институтом (КПИ) с применением гидравлического весового устройства [5]. Известный недостаток этого метода — необходимость определения средней начальной влажности высушиваемых пиломатериалов по секциям влажности для нахождения «сухой» массы штабеля, что уменьшает точность контроля текущей влажности. Этот недостаток сказался и при испытаниях экспериментальной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) сушки пиломатериалов, разработанной и внедренной Калининским политехническим институтом на Пеновском ДОКе. Точность контроля текущей влажности оказалась равной $\pm 2,5\%$, что не удовлетворяет технологическим требованиям [2]. В испытываемой системе сухую массу штабеля определяли по средней плотности высушиваемой древесины и ее объему.

Один из авторов данной статьи (совместно с В. А. Лебедевым, В. А. Григорьевым, В. Н. Прутенским [1]) предложил устройство для автоматического контроля влажности пиломатериалов при камерной сушке, в котором использование вычислительных блоков позволяет по измеренным в процессе сушки значениям убывающей массы штабеля прогнозировать ход кривой сушки и вычислять массу штабеля, соответствующую равновесной влажности на данной ступени режима. Однако реализация этого устройства требует разработки специальной программы для вычислительных машин, так как типовых подобных программ нет.

В. Н. Прутенский [4] сделал попытку дать алгоритм прогнозирования кривой изменения массы штабеля в процессе сушки. Однако при этом особенности процесса сушки пиломатериалов не были учтены: