

висимости от угла приложения нагрузки и относительных размеров штампа и могут быть использованы при подготовке новых норм.

2: Методика расчета и обработки результатов может быть использована при соответствующем обосновании для других пород древесины и условий нагружения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ашкенazi Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 224 с. [2]. Лабудин Б. В., Орлович Р. Б., Базенков Т. Н. Сопротивление элементов клееной древесины местному смятию под углом к волокнам // Лесн. журн.— 1991.— № 3.— С. 59—63.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Леонтьев Н. Л. Техника статистических вычислений.— 2-е изд., испр. и доп.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 250 с. [4]. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25—80) / ЦНИИСК.— М.: Стройиздат, 1986.— 216 с. [5]. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК.— М.: Стройиздат, 1976.— 28 с. [6]. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК.— М.: Стройиздат, 1980.— 40 с. [7]. Светозарова Е. И., Серов Е. Н., Лабудин Б. В. Некоторые вопросы совершенствования клееных деревянных конструкций в процессе изготовления // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 65—68.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. СНиП II-25—80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования.— Введ. 01.01.82.— М.: Стройиздат, 1982.— 65 с. [9]. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 248 с.

Поступила 19 июля 1991 г.

УДК 674.09

## НОРМИРОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОЧНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КЛЕЕННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В. В. ОГУРЦОВ

Сибирский технологический институт

Для оценки эффективности использования прочности древесины пиломатериалов клееных несущих конструкций (КНК) применяют коэффициент полезного использования прочности (КПИ), физический смысл и математическое описание которого даны в работах [2, 4].

При расчете КПИ, условно принимают, что при идеальном расположении пиломатериалов по слоям, когда прочность пиломатериалов пропорциональна расстоянию от нейтрального слоя, относительная прочность КНК, выраженная в стандартных отклонениях, равна единице. При этом используют гарантированные значения прочности КНК и показателей посортного выхода конструкционных пиломатериалов, найденные методом имитационного моделирования при различных значениях сортовых градаций  $L_{01}$ ,  $L_{02}$ , относительных ошибках измерения модуля упругости  $E$  и коэффициента корреляции  $r$  между  $E$  и  $\sigma$ . Алгоритм модели формирования и испытания представлен в работе [4].

Целью данной работы является обоснование эффективных методов формирования многослойных несущих конструкций с обеспечением заданной их прочности.

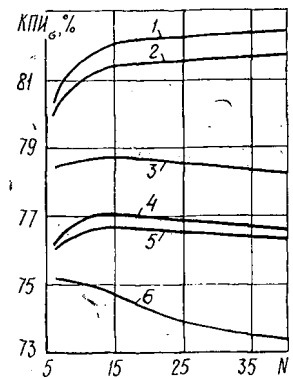
На ЭВМ ЕС-1036 имитировали четыре типа КНК при следующих условиях: 1) без учета результатов прочностной сортировки; 2) из пиломатериалов одного прочностного сорта (однозонные); 3) при формировании наружных слоев из пиломатериалов первого сорта, а внутренних — из второго сорта (трехзонные); 4) при формировании наружных слоев балки из пиломатериалов первого сорта, промежуточные — из второго, а внутренние — из третьего сорта (пятизонные).

Результаты расчетов при  $\sigma_{изм}^E/\sigma_E = 0,6$  представлены на рис. 1—3 для оптимальных сортовых градаций: 0; —1,5 [3].

Исследования показывают, что использование пиломатериалов только первого сорта для формирования однозонных КНК обеспечивает увеличение их прочности (по сравнению с пятизонными) на 7...13%. Применение пиломатериалов первого и второго сортов для формирования трехзонных КНК увеличивает их прочность менее чем на 3%. Таким образом, повышение прочности за счет использования пиломатериалов только высших сортов следует считать нецелесообразным, поскольку это приводит к дополнительным потерям древесины. Многослойные балки необходимо формировать по пятизонной схеме, регулируя их прочность путем подбора размеров поперечного сечения.

Предположение о том, что взаимная компенсация различной прочности пиломатериалов (при наличии метода определения интегральной прочности КНК) исключает необходимость сортировки по прочности, частично подтверждается для однозонных КНК (при  $N > 10$  потери древесины не превышают 1%) и не подтверждается для пятизонных. Наибольший экономический эффект приносит сортировка пиломатериалов по прочности для пятизонных КНК, а отказ от сортировки приводит к дополнительным потерям 4,5% пиломатериалов. Переход к трехзонным КНК при сортировке снижает КПИ<sub>с</sub> до 1,5%, а к однозонным — до 4%.

Рис. 1. Зависимость КПИ<sub>с</sub> от числа слоев ( $N$ ) для пятизонных (кривые 1, 4), трехзонных (кривые 2, 5), однозонных (кривые 3, 6) КНК при  $r = 0,8$  (кривые 1, 2, 3) и  $r = 0,6$  (кривые 4, 5, 6)



Из рис. 1 видно, что КПИ<sub>с</sub> в значительной мере зависит от числа слоев КНК. Для пятизонных КНК при  $r > 0,7$  КПИ<sub>с</sub> резко возрастает с увеличением  $N$  до 10...15 и затем достигнув максимума, стабилизируется. Для других типов балок и при аналогичных условиях наблюдается менее интенсивное повышение КПИ<sub>с</sub>, после чего происходит его плавное снижение до минимального установившегося значения. Чем меньше  $r$  и число зон КНК, тем в большей мере с увеличением числа слоев снижается КПИ<sub>с</sub>, принимая меньшее установившееся значение. Объясняется это следующей композицией случайных процессов. При высоких значениях  $r$  и наличии принудительного распределения пиломатериалов по слоям доминирует взаимная компенсация послойной прочности. При низких значениях  $r$  и случайном распределении по слоям взаимная компенсация прочности преобладает лишь на участке интенсивного ее роста. С затуханием роста взаимной компенсации (кривые 1, 2) сказывается увеличение вероятности попадания слабых пиломатериалов во внешние зоны КНК, которые в основном определяют прочность многослойных балок и имеют тенденцию к увеличению относительной высоты с увеличением числа слоев до 30...40.

Коэффициент корреляции влияет не только на характер зависимости эффективности сортировки от числа слоев, но и непосредственно на величину КПИ<sub>с</sub> при любом значении  $N$ . Так, при  $N = 25$  увеличение  $r$  с 0,6 до 0,8 обеспечивает экономию 5...7% пиломатериалов.

Менее чувствителен КПИ<sub>0</sub> к погрешности измерения модуля упругости  $P_{изм}^E = \sigma_{изм}^E / \sigma_E$ . При  $P_{изм}^E \leq 0,6$  он варьирует около некоторых средних значений и не реагирует на изменение ошибки измерения  $E$ . И только при значениях  $P_{изм}^E$  0,6 и выше наблюдается регулярное снижение КПИ<sub>0</sub>. Поэтому имеет смысл установить максимальное допустимое значение погрешности измерения модуля упругости  $P_{изм}^E = 0,6$ . Тем более, что оно совпадает с ранее рекомендованным для сортировки пиломатериалов по модулю упругости [4].

Имитация КНК из нерассортированных по прочности пиломатериалов показывает, что в расчеты следует закладывать не минимальные ее значения ( $-3,0$ ), а расчетные ( $-1,9 \dots -1,4$ ). В результате этого может быть сэкономлено 12...17% пиломатериалов.

Следует отметить, что прочность многослойных балок зависит от коэффициента корреляции  $r$  даже в том случае, когда прочностную сортировку не применяют. Это объясняется следующим. Напряжения  $\sigma_i$ , возникающие в  $i$ -м слое КНК, пропорциональны деформации в этом слое  $\epsilon_i$  и модулю упругости древесины  $E_i$ , т. е.  $\sigma_i = \epsilon_i E_i$ . Наихудшим сочетанием  $E_i$  и  $\sigma_i$  является случай, когда древесина имеет максимальное значение  $E_i$  и минимальную прочность  $\sigma_i$ . Но вероятность такого сочетания тем меньше, чем выше  $r$ .

Исследования имитационной модели сортировки пиломатериалов по прочности и их испытания показывают, что достоверность прочности КНК  $D_{КНК}^c$  (в отличие от модуля упругости [5]) всегда ниже достоверности сортировки. Разность указанных достоверностей зависит от  $P_{изм}^E$ ,  $r$ , гарантированной прочности  $\sigma_{КНК}^g$ ,  $N$  (рис. 2), типа КНК и может достигать 20%. Поэтому установить нормативную достоверность сортировки пиломатериалов по прочности, автоматически обеспечивающую 95%-ю достоверность, не представляется возможным.

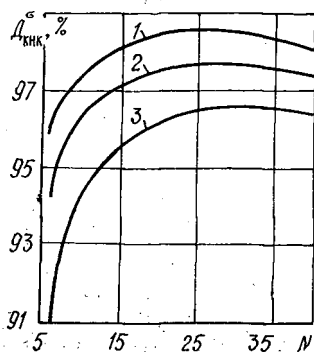


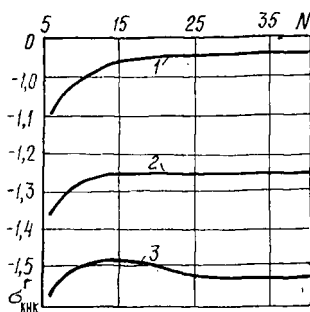
Рис. 2. Зависимость  $D_{КНК}^c$  пятизонных КНК от  $N$  при  $r = 0,8$  и гарантированных значениях  $\sigma_{КНК}^g$ :  $-1,2$  (1);  $-1,1$  (2);  $-1,0$  (3)

Предлагаются два варианта обеспечения 95%-й достоверности прочности КНК.

**В а р и а н т 1.** Нормируют допустимую погрешность измерения модуля упругости ( $P_{изм}^E = 0,6$ ). В паспорте на партию пиломатериалов указывают фактический коэффициент корреляции, который в установленном порядке периодически контролируют. Гарантированную прочность КНК определяют по графикам, представленным на рис. 3. Этот вариант главным образом можно рекомендовать для предприятий, производящих КНК и имеющих лесопильное производство.

**В а р и а н т 2.** Нормируют прочность пиломатериалов с 95%-й достоверностью, которая обеспечивается введением ужесточающих допусков [1]. Для установленных сортовых градаций определяют относи-

Рис. 3. Зависимость гарантированного значения  $\sigma_{\text{КНК}}^r$  от  $N$  при различных значениях  $r$ : 0,8(1); 0,7(2); 0,6(3)



тельную ошибку измерения прочности  $\sigma_{\text{изм}}^{\sigma} / \sigma_{\sigma}$ . Гарантированную прочность КНК находят по графикам, аналогичным представленным в работе [4] для модуля упругости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Огурцов В. В. Принципы определения допусков при автоматической сортировке пиломатериалов по механическим свойствам // Лесн. журн.—1980.—№ 1.—С. 98—102.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Огурцов В. В. Коэффициент полезного использования конструктивных пиломатериалов как критерий оптимизации процесса их сортировки по прочности // Там же.—1980.—№ 4.—С. 97—102. [3]. Огурцов В. В. Определение оптимальных величин градаций при сортировке конструктивных пиломатериалов по прочности // Там же.—1980.—№ 5.—С. 91—96. [4]. Огурцов В. В. Принципы нормирования достоверности сортировки пиломатериалов по механическим свойствам // Там же.—1989.—№ 5.—С. 59—63. [5]. Огурцов В. В. Нормирование достоверности модуля упругости пиломатериалов для клееных несущих конструкций // Там же.—1989.—№ 6.—С. 68—71.

УДК 630\*812

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ЕЕ ПЛОТНОСТИ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Ранее [4] было показано, что зависимости пределов прочности и модуля упругости чистой древесины от ее влажности можно выразить функцией вида:

$$Y_w = Y_{\text{min}} + (100 - Y_{\text{min}}) \exp(-w^2/C_w^2), \quad (1)$$

где  $Y_w$  — показатель при влажности древесины  $w$ , %;  
 $Y_{\text{min}}$  — показатель при  $w > 30$  %;  
 $C_w$  — эмпирический коэффициент.

Уравнение (1) действительно для любого значения влажности  $w$  и хорошо отражает факт стабилизации механических показателей древесины при увеличении ее влажности свыше 30 %.

На рис. 1 представлен график функции  $Y(w)$ , где за 100 % принят показатель для абсолютно сухой древесины ( $Y_0 = 100$  %).

Из литературных источников [1, 9] известно, что характер кривых  $Y(w)$  может отличаться от графика, показанного на рис. 1. На наш взгляд, это связано с появлением внутренних напряжений при высокотемпературной сушке образцов для влажности, близкой к нулю. Поэтому сжатие вдоль волокон дает завышенные результаты из-за того, что волокна древесины предварительно деформированы, а растяжение вдоль