

УДК 630\*812.7

**ОБ УЧЕТЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПРИ НОРМИРОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

*Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ*  
ЦНИИМОД

Основная характеристика прочности древесины — расчетное сопротивление, при нормировании которого исходят из данных кратковременных испытаний пиломатериалов. Изменение прочности древесины при переходе от кратковременных стандартных испытаний к режиму нагружения в условиях эксплуатации учитывают введением коэффициента  $m_{дл}$ , зависящего от характера и длительности нагружения. Он определяется по результатам испытаний малых чистых образцов в эксплуатационных условиях с температурой не выше 35 °С и относительной влажностью воздуха не более 75 %.

При отклонении от нормальных температурно-влажностных условий вводят предусмотренные нормами коэффициенты условий работы, вычисленные по результатам кратковременных испытаний на прочность малых чистых образцов древесины. Поскольку прочность материала — величина случайная, то нормативные и расчетные сопротивления задают с некоторой обеспеченностью, равной соответственно 0,95 и 0,99, что определяет необходимость оценки прочности крайних, наиболее слабых образцов выборки, а не их средних значений, как принято в настоящее время.

Для оценки правомерности существующего подхода к нормированию расчетных характеристик конструкционных пиломатериалов выполнен статистический анализ результатов испытаний малых чистых образцов древесины сосны и пиломатериалов, полученных рядом авторов [1—9], при различных видах напряженного состояния и температурно-влажностных условий.

Таблица 1

| Вид напряженного состояния | Влажность $W$ , % | Критерий Стьюдента* для аппроксимирующей функции |               |          |
|----------------------------|-------------------|--|---------------|----------|
|                            |                   | нормальной                                       | логнормальной | Вейбулла |
| Изгиб                      | 8,0 ... 12,0      | 1,010  | 0,609         | 1,741    |
|                            | 12,1 ... 15,0     | 0,729  | 0,429         | 1,610    |
|                            | 15,1 ... 17,9     | 0,548  | 0,317         | 1,198    |
|                            | 18,0 ... 21,0     | 0,603  | 1,809         | 1,026    |
|                            | 21,4 ... 30,0     | 0,304  | 0,364         | 0,370    |
| Сжатие                     | 4,0 ... 6,0       | 0,408  | 0,397         | 0,633    |
|                            | 6,4 ... 10,0      | 1,009  | 0,549         | 1,229    |
|                            | 10,4 ... 13,0     | 1,048  | 0,589         | 2,045    |
|                            | 13,4 ... 16,0     | 0,691  | 0,464         | 1,494    |
|                            | 16,6 ... 19,0     | 0,382  | 0,484         | 0,668    |
| Растяжение                 | 19,5 ... 24,7     | 0,383  | 0,545         | 0,40     |
|                            | 8,0               | 0,718  | 0,602         | 1,232    |
|                            | 16,0              | 0,824  | 1,092         | 0,542    |

\* Критерий Стьюдента  $t_{кр} = 1,96$ .

Так как в оценке обеспеченности нормируемых характеристик прочности определяющую роль играет обоснованный выбор вида функции распределения, то для аппроксимации экспериментальных данных, наряду с традиционным нормальным законом распределения, использовали логарифмически нормальный закон и распределение Вейбулла. Данные по выбору типа аппроксимирующей функции для выборок малых чистых образцов древесины, отличающихся влажностью, представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что, независимо от вида напряженного состояния, распределения прочности сухих образцов древесины несколько теснее соответствуют логарифмически нормальному, влажных образцов — нормальному законам. Поэтому при формировании расчетных характеристик не всегда обосновано применение нормального закона, который, как свидетельствуют приведенные в табл. 2 статистические показатели прочности анализируемых выборок образцов, предпола-

Таблица 2

| Автор      | Влажность W, % | Статистики* |      | Нормативы прочности с обеспеченностью 0,95/0,99 в соответствии с законом |               |
|------------|----------------|-------------|------|--|---------------|
|            |                | M           | v    | нормальным   | логнормальным |
| Изгиб      |                |             |      |  |               |
| [5]        | 8 ... 12       | 97,1        | 15,5 | 722/61,9   | 75,9/68,8     |
|            | 12 ... 15      | 82,6        | 18,3 | 63,6/55,7  | 68,6/59,8     |
|            | 15 ... 17      | 74,6        | 15,5 | 55,6/47,6  | 57,6/51,9     |
|            | 18 ... 21      | 72,0        | 18,4 | 50,2/41,2  | 53,1/47,0     |
|            | 21 ... 30      | 62,0        | 9,8  | 52,2/48,1  | 52,8/49,4     |
| [7]        | 14             | 76,6        | 21,0 | 50,0/39,1  | 54,1/46,7     |
|            | 30             | 49,9        | 9,0  | 42,5/39,4  | 42,7/40,7     |
|            | 111            | 43,4        | 9,2  | 36,8/34,0  | 37,2/35,2     |
| [2]        | 9              | 92,6        | 8,1  | 80,2/75,1  | 80,9/77,2     |
|            | 18             | 66,2        | 6,0  | 59,6/56,9  | 60,0/58,0     |
|            | 22             | 57,4        | 6,1  | 51,6/49,2  | 51,9/50,2     |
|            | 33 ... 51      | 53,3        | 7,9  | 46,3/43,5  | 46,7/44,7     |
| Сжатие     |                |             |      |  |               |
| [5]        | 4 ... 6        | 71,5        | 10,7 | 58,9/53,5  | 59,8/55,6     |
|            | 6 ... 10       | 59,7        | 22,1 | 37,9/28,9  | 42,1/36,6     |
|            | 10 ... 13      | 49,8        | 18,5 | 34,6/28,4  | 36,5/32,3     |
|            | 13 ... 16      | 40,3        | 13,1 | 31,6/28,0  | 32,4/29,7     |
|            | 16 ... 19      | 33,7        | 19,3 | 23,0/18,6  | 23,9/20,9     |
|            | 19 ... 25      | 29,3        | 14,3 | 22,4/19,5  | 22,7/20,6     |
| [3]        | 5              | 55,2        | 14,0 | 42,8/37,5  | 44,0/40,3     |
|            | 11             | 42,1        | 15,5 | 31,3/26,9  | 32,5/29,4     |
|            | 17             | 35,7        | 14,4 | 27,2/23,7  | 28,0/25,6     |
|            | 23             | 29,2        | 11,4 | 23,7/23,7  | 24,1/22,4     |
| [2]        | 10             | 43,4        | 13,0 | 34,1/30,2  | 34,9/31,3     |
|            | 20             | 27,8        | 9,4  | 23,5/21,7  | 28,7/22,4     |
|            | 27             | 22,0        | 8,8  | 18,8/17,5  | 19,8/18,0     |
|            | 88 ... 177     | 21,1        | 3,8  | 19,8/18,2  | 19,9/19,6     |
| Растяжение |                |             |      |  |               |
| [7]        | 10             | 86,7        | 18,6 | 60,1/49,1  | 63,8/56,3     |
|            | 23             | 76,8        | 10,2 | 63,8/58,4  | 64,5/60,6     |
|            | 158            | 63,3        | 12,9 | 49,8/44,3  | 50,9/47,1     |
| [5]        | 8              | 141,1       | 11,5 | 114,3/103,2  | 116,8/108,1   |
|            | 16             | 126,4       | 12,9 | 99,6/88,4  | 99,0/89,9     |

\* Статистики: M — среднее арифметическое, МПа; v — коэффициент вариации.

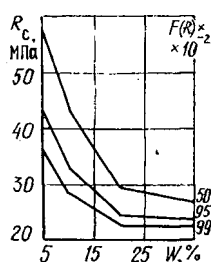


Рис. 1. Зависимость прочности малых чистых образцов древесины сосны  $R_c$  с заданной обеспеченностью при сжатии  $F(R)$  от влажности  $W$

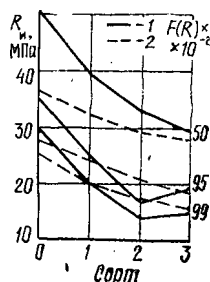


Рис. 2. Зависимость прочности пиломатериалов  $R_{и}$  с заданной обеспеченностью от сорта: 1 — сухая древесина; 2 — влажная

гает некоторый запас прочности. Наибольшие величины прочности при всех видах напряженного состояния обеспечиваются аппроксимацией эмпирических данных логарифмически нормальным законом распределения.

Графическая интерпретация зависимости расчетных характеристик прочности древесины от влажности приведена на рис. 1.

Кривые на рис. 1 представляют собой линии равных обеспеченностей прочности. Степень влияния влажности на показатели прочности зависит от уровня их обеспеченности. Поэтому при учете влажностных условий эксплуатации следует исходить из прочности с заданной обеспеченностью, принятой для расчетных сопротивлений древесины.

Отмеченные особенности влияния влажности на прочность древесины малых чистых образцов не в полной мере соблюдаются в пиломатериалах. Анализ результатов [6] показал, что при выборе типа распределения кратковременной прочности пиломатериалов следует учитывать не только их влажность, но и сорт. Согласно критерию Стьюдента, значения которого приведены в табл. 3, распределения прочности сухих пиломатериалов, независимо от сорта, наиболее точно аппроксимируются логарифмически нормальным законом. С повышением влажности для высших сортов пиломатериалов, как и древесины

Таблица 3

| Влажность $W, \%$ | Сорт пиломатериалов | Критерий Стьюдента $t_{кр}^*$ для аппроксимирующей функции |               |          |
|-------------------|---------------------|--|---------------|----------|
|                   |                     | нормальной   | логнормальной | Вейбулла |
| 8...15            | 0                   | 0,939  | 0,580         | 1,087    |
|                   | 1                   | 0,362  | 0,269         | 0,403    |
|                   | 2                   | 1,006  | 0,502         | 1,007    |
|                   | 3                   | 0,292  | 0,186         | 0,360    |
|                   | 0+1+2+3             | 0,678  | 0,721         | 0,713    |
| 30                | 0                   | 0,260  | 0,460         | 0,241    |
|                   | 1                   | 0,944  | 0,659         | 1,215    |
|                   | 2                   | 0,379  | 0,763         | 0,526    |
|                   | 3                   | 0,669  | 0,295         | 1,067    |
|                   | 0+1+2+3             | 0,482  | 0,580         | 1,441    |

\* Критерий Стьюдента  $t_{кр} = 1,94$ .

малых чистых образцов, наиболее приемлем нормальный, для низших — логарифмически нормальный закон распределения.

Из рис. 2, где представлена зависимость прочности конструкционных пиломатериалов от сорта, следует, что с возрастанием обеспеченности показателей прочности и повышением сорта различие прочности сухих ( $W = 15\%$ ) и влажных ( $W = 30\%$ ) пиломатериалов становится незначимым, оставаясь существенным только для отборного сорта. Поэтому к расчетным сопротивлениям конструкционных пиломатериалов не нужно вводить поправку, учитывающую влажностные условия эксплуатации.

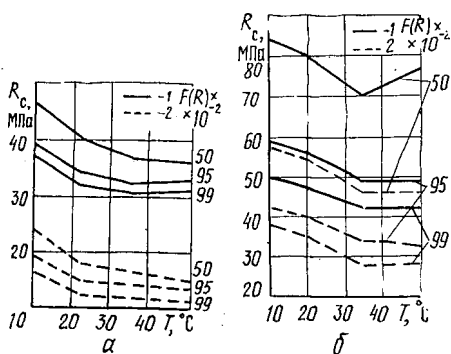


Рис. 3. Зависимость предела прочности древесины сосны  $R_c$  с заданной обеспеченностью  $F(R)$  от температуры  $T$  при сжатии (а), при скальвании (б): 1 — сухая древесина; 2 — влажная

В реальных конструкциях любое изменение влажности связано с изменением температуры и их влияние на прочностные характеристики следует учитывать в комплексе. В СНиП II-25—80 влияние температуры в интервале от  $+35$  до  $+50$  °С на показатели прочности древесины учитывают понижающим коэффициентом  $m_t$ , который, независимо от влажностных условий, равен 0,8. Однако анализ экспериментальных данных [1] (рис. 3) свидетельствует о том, что для сухой древесины малых чистых образцов влияние температуры в указанных пределах незначимо и не оправдано введение поправочного коэффициента к прочности при температуре, отличной от нормальной. Что касается древесины повышенной влажности, то имеющиеся данные противоречивы и не позволяют сделать достоверный вывод.

Выявленные особенности влияния условий эксплуатации на характеристики кратковременной прочности древесины нельзя признать достаточными для формирования расчетных сопротивлений, поскольку они не характеризуют проявляющиеся во времени процессы релаксации и ползучести, которые играют существенную роль в обеспечении надежности деревянных конструкций. Участие условий эксплуатации в реологических процессах должно проследиваться при анализе зависимости прочности древесины от температуры и влажности при различных скоростях нагружения. Это объясняется тем, что чем быстрее возбуждаются напряжения, тем в меньшей степени у высокополимерного материала проявляются реологические свойства. Анализ имеющихся данных испытаний на прочность при изгибе малых чистых образцов [7] в диапазоне влажности от 12 до 32 % при двух скоростях нагружения (рис. 4) не выявил каких-либо закономерностей, хотя некоторые тенденции к уменьшению влияния влажности с ростом скорости нагружения наблюдаются. В пиломатериалах, согласно данным работ [8, 9], влияние влажности на реологические процессы существенно. В соответствии с рис. 5 достоверно различие прочности при изгибе сухих и сырых пиломатериалов 2-го сорта для стандартных скоростей нагружения. С ростом длительности испытаний, т. е. с уменьшением

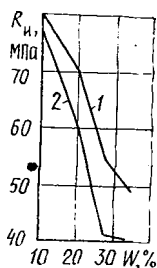


Рис. 4. Зависимость прочности пиломатериалов  $R_n$  от влажности  $W$  при разных скоростях нагружения: 1 — 16,9; 2 — 0,1 МПа/мин

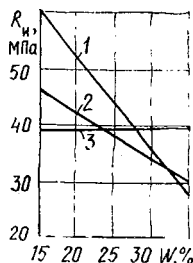


Рис. 5. Зависимость прочности пиломатериалов  $R_n$  с обеспеченностью 0,99 от влажности  $W$  при различных скоростях нагружения: 1 —  $2,1 \cdot 10^2$ ; 2 —  $2,1 \cdot 10$ ; 3 — 0,21 МПа/мин

скорости нагружения, прочность пиломатериалов с заданной обеспеченностью (0,95 и 0,99) утрачивает указанную зависимость. Эти данные подвергают сомнению необходимость введения поправки на влажность к расчетным сопротивлениям пиломатериалов.

Выполненный анализ показал недостаточность имеющихся данных для оценки общих закономерностей связи прочности пиломатериалов с присущими пороками во времени с учетом температурно-влажностных условий эксплуатации в реальных конструкциях, что является необходимым условием для нормирования расчетных характеристик прочности конструкционного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Болденков Р. П. Пересчет показателей механических свойств древесины к стандартной температуре.— М.: ЦНИИМОД, 1957.— 39 с. [2]. Мартинец Д. В. Влияние влажности на прочность древесины // Тр. МИСИ, 1958.— Вып. 13. [3]. Поправочные коэффициенты для проведения результатов испытания древесины на ударную твердость по методу Певцова и сжатие вдоль волокон к 15 % влажности: Отчет о НИР; Руководитель А. Х. Певцов.— № Т-256.— 1935.— 6 с. [4]. Разработка методов испытаний древесины во влажном состоянии: Отчет о НИР; Руководитель Н. Л. Леонтьев.— № 39.— Химки, 1958.— 72 с. [5]. Савков Е. И. Исследование физико-механических свойств древесины сосны // Тр. ЦАГИ, 1930.— Вып. 62.— 68 с. [6]. Савков Е. И. Прочность пиломатериалов.— М.: Гослесбумиздат, 1962.— 87 с. [7]. Янушевич Л. В. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины лиственницы, сосны и дуба.— М.: Стройиздат, 1940.— 71 с. [8]. Madsen B. Duration of load tests for dry lumber in bending // Forest Products Journal.— 1973.— Vol. 23, n. 2.— P. 21—28. [9]. Madsen B. Duration of load tests for wet lumber in bending // Forest Products Journal.— 1975.— Vol. 25, n. 2.— P. 33—40.

Поступила 12 июня 1987 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.2 : 54.148

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БУМАГИ,  
ПРОКЛЕЕННОЙ КАТИОННОЙ ПАРАФИНОВОЙ ДИСПЕРСИЕЙ  
И ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТАМИ

П. Ф. ВАЛЕНДО

Белорусский технологический институт

Исследования, проведенные в Белорусском технологическом институте [2, 3], показали, что катионные водорастворимые полиэлектролиты позволяют провести процесс проклейки в массе анионными гидрофобизирующими дисперсиями в нейтрально-щелочной среде.

В табл. 1 приведены показатели качества опытных образцов бумаги, изготовленной из сульфатной небеленой целлюлозы массой 100 г/м<sup>2</sup> (степень помола 36 °ШР). Проклейку опытной бумаги проводили в массе катионными дисперсиями (стабилизатор — алкилтриметиламмонийхлорид — с массовым содержанием 1 % от абс. сухого парафина) в нейтрально-щелочной среде.

Таблица 1

Влияние добавок катионной парафиновой дисперсии на физико-механические показатели опытной бумаги

| Мас-<br>совый<br>расход<br>дис-<br>персии,<br>% | Впитывае-<br>мость<br>при одно-<br>стороннем<br>смачи-<br>вании,<br>г/м <sup>2</sup> | Про-<br>клейка<br>по<br>штри-<br>ховому<br>мето-<br>ду, мм | Раз-<br>рыв-<br>ная<br>длина,<br>м | Сопротив-<br>ление<br>излому,<br>число<br>двойных<br>пере-<br>гибов |
|---|--|--|------------------------------------|---|
| 0,5   | 146,5  | 0,75   | 8 800                              | 462   |
| 1   | 131,5  | 1,25   | 8 090                              | 429   |
| 2   | 64,5   | 2,0  | 8 480                              | 313   |
| 3   | 55,0   | 2,0  | 7 880                              | 379   |
| 4   | 50,2   | 2,0  | 6 840                              | 405   |
| 5   | 47,5   | 2,0  | 7 900                              | 400   |

Из данных табл. 1 следует, что при возрастании массового расхода дисперсии снижается показатель впитываемости при одностороннем смачивании и при расходе 5 %\* составляет 47 г/м<sup>2</sup>. Проклейка опытной бумаги по штриховому методу при массовом расходе дисперсии 2 % достигает 2 мм.

Полученные результаты свидетельствуют о непосредственной гетероадагуляции частиц парафиновой дисперсии в волокнистой массе. Прочностные показатели бумаги — разрывная длина и сопротивление излому — снижаются из-за отрицательного воздействия частиц парафиновой дисперсии, как и других гидрофобных добавок, на межволоконные силы связи в бумаге [4].

Было изучено влияние катионных химических добавок меламинаформальдегидной смолы (МлФС), полиаминоэпихлоргидринного водорастворимого полиэлектролита (ПЭВП) и полиэтиленimina (ПЭИ) на

\* Здесь и далее — в процентах от абс. сухого волокна.