

УДК 630*812.73

Э. Э. Пауль, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (БГТУ);
А. В. Козел, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент (БГТУ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Согласно ГОСТ 16483.17–81, определение твердости древесины возможно по двум методам: основному – при вдавливании в древесину стандартного пуансона на глубину 5,64 мм и дополнительному – при вдавливании на 2,82 мм с последующим расчетом показателей твердости по соответствующим формулам. Однако, как показано в работе, численные значения твердости древесины, определенные по разным методам, существенно различаются. В частности, дополнительный метод по сравнению с основным дает завышенные значения при определении торцевой твердости сухой древесины в среднем на 12,1%, мокрой – в пределах 5–6%, а при определении радиальной твердости, наоборот, – заниженные: для сухой древесины на 20,3%, для мокрой – 27,7%. В работе дается объяснение различию в показателях твердости, полученных по разным методам. Таким образом, при определении твердости древесины дополнительный метод из-за большой его погрешности не может быть использован в качестве замены основного.

According to the Standard wood hardness is found by two methods: the main one – by pressing the standard puncheon into 5.64 mm in wood and the additional one by pressing the puncheon into 2.82 mm; the calculation of numerical values of hardness is done according to the formulas. The investigations found out that the numerical data received by the mentioned above methods differ essentially. The additional method gives overstating value in determining cross section hardness of dry wood by 12.1% and by 5–6% of moist wood; and in determining radial section hardness it gives understating values by 20.3% of dry wood and by 27.7% of moist wood. The paper gives an explanation of the difference in values received by both methods. Thus in defining wood hardness the additional method cannot be used instead of the main one due to its large error.

Введение. Твердость – одна из важнейших качественных характеристик древесины. Принимая во внимание тот факт, что процедура определения твердости древесины отличается простотой и не требует сложных приспособлений, на основе определения твердости и знания характера корреляционной связи твердости с другими свойствами древесины можно получать сразу полную характеристику свойств древесины.

В соответствии с ГОСТ 16483.17–81 «Метод определения статической твердости древесины» [1] сущность метода определения твердости древесины состоит в установлении величины нагрузки при внедрении стального пуансона в древесину на заданную глубину и вычислении статической твердости (H_w) как отношения величины нагрузки к площади проекции полученного отпечатка:

$$H_w = \frac{F}{\pi r^2}, \quad (1)$$

где F – нагрузка при вдавливании пуансона в образец, Н; r – радиус полусферы пуансона, мм.

Расчет твердости по указанной формуле выполняется, когда диаметр пуансона составляет 11,28 мм и его внедрение осуществляется на глубину радиуса, равную 5,64 мм. Однако при испытаниях образцов древесины стандартных размеров, имеющих высокую твердость, часто происходит их раскалывание до момента заглупления пуансона на требуемую глубину. Не

представляется возможным также избежать разрушения образцов при использовании пуансона стандартного диаметра и тогда, когда по тем или иным причинам возникает необходимость испытывать образцы небольших размеров, т. е. со стороной менее 50 мм. В таких случаях ГОСТом рекомендуется заглублять стандартный пуансон не на 5,64 мм, а на глубину 2,82 мм и вычисление твердости производить по формуле

$$F_w = \frac{F}{3\pi r^2}, \quad (2)$$

где F_w – нагрузка при вдавливании в образец пуансона на глубину 2,82 мм, Н; r – радиус полусферы стандартного пуансона, мм.

Основная часть. Таким образом, в действующем стандарте для определения твердости древесины по существу предлагаются два равнозначных метода. Для удобства дальнейшего их рассмотрения первый из них – *основной* обозначим как метод № 1 с формулой расчета твердости (1) и второй – *дополнительный* – метод № 2 с формулой расчета (2).

В формуле (2) коэффициент $4/3$ введен с целью преобразования численного показателя твердости при вдавливании пуансона на 2,82 мм на показатель, соответствующий при вдавливании на глубину 5,64 мм. При этом исходили из соображений, что сопротивление древесины внедрению пуансона, а следовательно, и прилагаемая нагрузка для преодоления этого

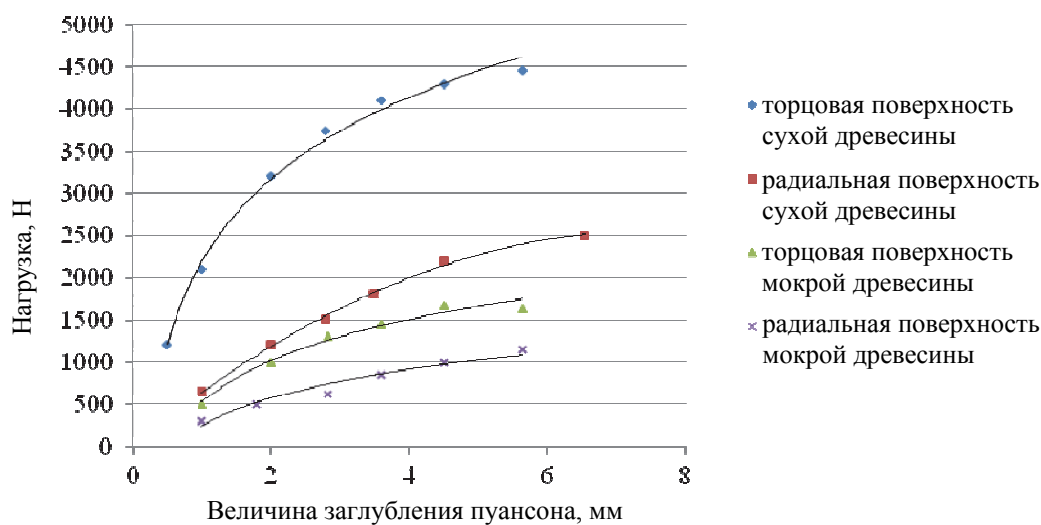
сопротивления и площадь проекции получаемого отпечатка при вдавливании пуансона возрастают пропорционально величине его заглужения. Площадь проекции отпечатка, полученного при вдавливании пуансона на глубину 5,64 мм, равняется 100 мм^2 , а при вдавливании на глубину 2,82 мм – 75 мм^2 . Соотношение этих площадей составляет величину $\frac{4}{3}$ ($100 / 75$). Таким образом, путем введения в формулу (2) коэффициента $\frac{4}{3}$ фактическая нагрузка, полученная при меньшей глубине вдавливания, пересчитывается на нагрузку при вдавливании на глубину 5,64 мм только на основе соотношения площадей проекций отпечатков у разных методов. Однако такой пересчет не является правильным, так как наши исследования показали, что зависимость между заглужением пуансона и необходимой для этого нагрузкой не является линейной, а имеет вид характерных кривых (рисунок).

Кроме того, удельное давление от приложенной нагрузки на сферическую поверхность отпечатка у разных методов существенно отличается (табл. 1 и 2), что также не соответствует линейному характеру зависимости между глубиной вдавливания пуансона и необходимой нагрузкой. Поэтому представляет интерес исследовать, насколько точно совпадают значения твердости, определенные по методу № 1 и методу № 2 для одной и той же поверхности древесины. С этой целью была изготовлена серия стандартных образцов для испытания твердости торцевой и радиальной поверхности древесины сосны в комнатно-сухом состоянии и при влажности более 30%. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Как видно из приведенных данных, показатели твердости древесины, определенные по разным методам, существенно различаются как для разных поверхностей древесины, так и в

разном ее влажностном состоянии. Причем при испытаниях торцевой твердости применение метода № 2 дает завышенные значения твердости. Это завышение для древесины в сухом состоянии составляет 7,1–17,4% при среднем значении 12,1%, а для мокрой – 5–6%.

Более высокие расчетные значения твердости при вдавливании пуансона на меньшую глубину (2,82 мм) можно объяснить более значительным сопротивлением древесины внедрению пуансона в начальный период его заглужения, что, соответственно, приводит и к более высокому удельному давлению на сферическую поверхность отпечатка в этот период. Как видно из приведенных таблиц, среднее удельное давление при применении метода № 2 превышает давление при методе № 1 примерно в 1,6–1,8 раза. Если для торцевой поверхности метод № 2 по сравнению с методом № 1 дает завышенные показатели твердости, то для радиальной, наоборот, – значительно заниженные. Так, например, для исследованных образцов это занижение для сухой древесины в среднем составило 20,3%, а для мокрой – 27,7%. Для отдельных мокрых образцов снижение расчетных показателей твердости было весьма значительным и достигало 36%. Такое большое расхождение в показателях твердости при применении рассматриваемых методов для радиальной поверхности древесины объясняется тем, что при вдавливании пуансона на небольшую глубину под пуансоном происходит только поперечное местное смятие волокон древесины, сопротивление которому у древесины незначительное (предел прочности древесины сосны влажностью более 30% при местном смятии составляет 5,6 МПа) [2]. Следовательно, необходимое усилие для внедрения пуансона будет также незначительным.



Кривые возрастания нагрузки от глубины внедрения пуансона

Таблица 1

**Отклонения показателей твердости древесины, определенных по методу № 2,
по сравнению с показателями метода № 1 для комнатно-сухой древесины**

| Номер образца | Базисная плотность, кг/м ³ | Торцовая поверхность | | | | | Радиальная поверхность | | | | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | | Метод № 1 | | Метод № 2 | | Отклонение, % | Метод № 1 | | Метод № 2 | | Отклонение, % |
| | | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | |
| 1 | 397 | 44,3 | 22,2 | 50,6 | 37,9 | +14,2 | 27,4 | 13,7 | 21,4 | 16,0 | -22,1 |
| 2 | 352 | 42,6 | 21,3 | 45,9 | 34,4 | +7,7 | 24,1 | 12,0 | 19,0 | 14,2 | -21,1 |
| 3 | 353 | 42,0 | 21,0 | 45,8 | 34,4 | +9,2 | 22,3 | 11,1 | 18,8 | 14,1 | -16,0 |
| 4 | 384 | 45,3 | 22,6 | 49,9 | 37,4 | +10,1 | 23,4 | 11,7 | 20,7 | 15,6 | -11,6 |
| 5 | 483 | 48,9 | 24,5 | 55,8 | 41,8 | +14,1 | 26,7 | 15,6 | 20,9 | 17,7 | -24,3 |
| 6 | 400 | 44,1 | 22,1 | 49,3 | 37,1 | +11,8 | 25,4 | 12,7 | 18,0 | 13,5 | -29,0 |
| 7 | 408 | 43,7 | 21,9 | 46,8 | 35,2 | +7,1 | 24,7 | 12,0 | 20,1 | 15,0 | -16,5 |
| 8 | 380 | 43,7 | 21,9 | 51,0 | 38,3 | +16,8 | 25,5 | 12,8 | 19,7 | 14,7 | -22,7 |
| 9 | 423 | 45,4 | 22,7 | 53,3 | 40,0 | +17,4 | 24,7 | 12,4 | 20,5 | 15,0 | -18,9 |
| 10 | 415 | 43,6 | 21,8 | 48,9 | 38,4 | +12,2 | 26,2 | 13,1 | 20,9 | 14,5 | -20,2 |
| Среднее | — | 44,4 | — | 49,7 | — | +12,1 | 25,1 | — | 20,0 | — | -20,3 |

Таблица 2

**Отклонение показателей твердости древесины, определенных по методу № 2,
по сравнению с показателями метода № 1 для мокрой древесины**

| Номер образца | Базисная плотность, кг/м ³ | Торцовая поверхность | | | | | Радиальная поверхность | | | | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | | Метод № 1 | | Метод № 2 | | Отклонение, % | Метод № 1 | | Метод № 2 | | Отклонение, % |
| | | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | Твердость, Н/мм ² | Удельное давление, Н/мм ² | |
| 1 | 368 | 14,7 | 7,4 | 15,5 | 11,7 | +5,5 | 11,5 | 5,8 | 7,4 | 5,5 | -35,9 |
| 2 | 353 | 13,7 | 6,8 | 14,7 | 10,2 | +6,9 | 10,2 | 5,1 | 6,8 | 5,1 | -32,9 |
| 3 | 483 | 17,5 | 8,8 | 18,4 | 13,8 | +5,0 | 13,7 | 6,9 | 10,5 | 7,9 | -23,4 |
| 4 | 425 | 19,0 | 9,5 | 20,1 | 15,1 | +5,8 | 14,1 | 7,1 | 10,0 | 7,5 | -29,1 |
| 5 | 432 | 19,6 | 9,8 | 20,8 | 15,1 | +6,1 | 13,9 | 7,0 | 9,8 | 7,4 | -29,5 |
| 6 | 413 | 18,0 | 9,0 | 18,8 | 14,1 | +4,4 | 11,8 | 5,9 | 7,5 | 5,6 | -36,4 |
| 7 | 379 | 13,5 | 6,8 | 14,3 | 11,1 | +5,9 | 9,4 | 4,7 | 7,3 | 5,5 | -22,3 |
| 8 | 404 | 15,0 | 7,5 | 15,6 | 11,7 | +4,0 | 9,2 | 4,6 | 7,8 | 5,9 | -15,2 |
| 9 | 418 | 15,0 | 7,5 | 16,0 | 12,0 | +6,7 | 8,8 | 4,4 | 6,9 | 5,2 | -21,6 |
| 10 | 408 | 16,8 | 8,4 | 17,7 | 13,0 | +5,4 | 12,6 | 6,3 | 8,7 | 6,8 | -31,0 |
| Среднее | — | 16,3 | — | 17,2 | — | +5,5 | 11,5 | — | 8,3 | — | -27,8 |

При вдавливании пуансона на глубину 5,64 мм вслед за смятием наступает и поперечное перерезание волокон, требующее значительно большего усилия (17,6 МПа) [2] по сравнению со смятием, а поэтому показатель твердости, полученный при вдавливании пуансона на глубину 5,64 мм, из-за разного характера разрушения древесины не может быть сопоставимым с показателем при вдавливании пуансона на глубину 2,82 мм.

Заключение. Таким образом, при определении твердости древесины метод № 2 с его пересчетной формулой (2) из-за большой по-

грешности не может быть использован в качестве заменяющего основной метод № 1.

Литература

1. Древесина. Метод определения статической твердости: ГОСТ 16483.17-81. Введ. 01.01.83. М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1986. 4 с.
2. Уголев Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 351 с.

Поступила 21.01.2014