

УДК 539.42;53.083

И. Г. Федосенко, ассистент (БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ УМЕНЬШЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ

Статья посвящена изучению влияния влажности древесины на показатели ее прочности. Вопросы оценки взаимосвязи физических и механических свойств древесины для уменьшенных образцов рассматриваются впервые. Проведены исследования изменения предела прочности при статическом изгибе уменьшенных в масштабе образцов от их влажности. Итогом исследования стала обоснованная и экспериментально доказанная математическая модель, описывающая изменение предела прочности при статическом изгибе под действием влажности уменьшенных образцов древесины сосны. В полученной модели учитываются размеры образцов. Установлено, что чем меньше размеры образцов, тем чувствительнее значение предела прочности при статическом изгибе к влажности древесины.

This article is devoted study of a question of effect of a wood moisture on datas of its strength. Questions of an estimation of interconnection physical and strength properties of wood for the reduced specimens are observed for the first time. Are carried out investigated MOR change at a static bend of the specimens reduced in scale from their humidity. The proved and experimentally proved mathematical model presenting change of MOR under a humidity effect of reduced specimens of wood of a pine became a research summary. The gained model notes sizes of specimens. It is installed, that the less sizes of specimens, the meaning of MOR is more sensitive at a static bend to a wood moisture.

Введение. Методами испытаний предусмотрено моделирование физических явлений при использовании образцов в идеальном состоянии. На практике древесина в таком состоянии практически не встречается. В процессе эксплуатации она обладает влажностью, которая отличается от нормализованной. Причем чем выше влажность, тем ниже механические свойства древесины. Это вынуждает инженеров при расчете конструкций учитывать механические свойства материала при данной конкретной влажности его эксплуатации. Чтобы оценить запас прочности деревянных изделий в условиях реального температурно-влажностного состояния, необходимо производить пересчет показателей механических свойств древесины, определенных в лабораторных условиях на имеющих нормализованную влажность образцах, на влажность, характерную для конкретных эксплуатационных условий.

Формулы, регламентированные действующими стандартами ГОСТ 16483, для пересчета показателей физико-механических свойств при заданной влажности в момент испытания на нормализованную (12%) основаны на исследованиях Д. В. Мартинца [1] и Н. Л. Леонтьева [2]. Для предела прочности эти формулы имеют вид

$$\sigma_{12} = \sigma_W [1 + \alpha (W - 12)];$$

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_W}{K_{12}^W},$$

где σ_{12} – предел прочности древесины с нормализованной влажностью, равной 12%; σ_W – предел прочности древесины с влажностью W в момент испытания; α – поправочный коэф-

фициент; K_{12}^W – коэффициент пересчета, определенный для каждой породы древесины.

Приведенные формулы неоднократно изменялись и уточнялись. И по сей день существует множество конкурентных точек зрения по поводу корректности их использования для сравнения результатов испытаний, приведенных с их помощью к нормализованной влажности.

Чтобы избежать погрешностей, которые дает пересчет по приведенным формулам, целесообразно кондиционировать образцы до той влажности, при которой следует определять механические свойства древесины. Для сравнения показателей прочности с литературными данными эта влажность составляет 12%.

Широкомасштабные исследования, связанные с определением влияния влажности на прочность и деформативность древесины при статическом изгибе были проведены в СССР в 50-х годах XX века. Накопление экспериментального опыта в области определения влияния влажности на прочность древесины вызвало ряд затруднений. Так, например, для образцов с наибольшим линейным размером 300 мм эксикаторы были слишком малы. Это вынуждало экспериментатора для придания древесине заданной влажности использовать нестандартные и недостаточно герметичные емкости [3, 4], что усложняло проведение эксперимента и в конечном итоге отражалось на качестве полученных результатов.

Применение в емкостях или эксикаторах в качестве регулятора среды растворов серной кислоты различной концентрации могло оказывать дополнительное воздействие на изменение физико-механических свойств древесины.

В особых случаях, когда необходимо было получить абсолютно сухую древесину, прибегали к высушиванию при температуре более 100°C. Сегодня уже достоверно известно, что повышенные температуры оказывают влияние на снижение прочности древесины и это влияние является остаточным [5].

Основная часть. Для физико-механических испытаний удобно использовать малые чистые образцы уменьшенных размеров [6]. Так, например, для определения прочности при статическом изгибе использование образцов с уменьшенными размерами позволяет при кондиционировании пользоваться эксикаторами, что обеспечивает герметичность системы и стабильность поддерживаемой среды.

Влияние масштаба уменьшения размеров образца на физико-механические свойства древесины с нормализованной влажностью было установлено ранее [6]. На практике часто приходится испытывать древесину с влажностью, равной влажности пробы и отличающейся от нормализованной. В этой связи влажность является крайне важным фактором, влияющим на показатель прочности.

Коэффициент, учитывающий влажность древесины в момент испытания, регламентирован ГОСТ 16483.0-89. Этот коэффициент найден для образцов стандартных размеров, а в случае испытания уменьшенных в масштабе образцов он вполне может оказаться несправедлив.

На основании вышеизложенного целью исследования выступает оценка влияния влажности на прочность при статическом изгибе уменьшенных образцов древесины.

Для достижения цели сформулированы и решены следующие задачи:

- получить зависимость прочности древесины при статическом изгибе от влажности образцов в момент испытания. При этом провести эксперимент с минимальными временными затратами, погрешностью и трудоемкостью;
- определить поправочные коэффициенты показателя прочности на влажность.

Для решения поставленных задач сосновые образцы размерами 7×7×100 мм выдерживали в течение 30 сут в эксикаторах, обеспечивающих равновесную влажность древесины 0; 7,3; 12; 15; 30%.

Указанные значения влажности являются наиболее характерными и приняты исходя из следующих соображений:

0% – влажность абсолютно сухой древесины и минимально возможное значение;

7,3% – влажность комнатно-сухой древесины (при эксплуатации в помещении);

12% – нормализованная влажность, к которой, согласно стандартам, следует приводить

все механические показатели древесины для их последующего сравнения;

15% – влажность воздушно-сухой древесины (при эксплуатации вне помещения);

30% – предел гигроскопичности древесины за которым, согласно стандартам, влажность не оказывает влияния на механические свойства древесины.

С целью исключить вредное влияние среды на химический состав древесины, который, в свою очередь, влияет и на физико-механические ее свойства, было решено для создания и поддержания микроклимата в эксикаторах использовать доступные и безвредные вещества.

В качестве осушителя воздуха в эксикаторе для достижения равновесной влажности древесины 0% использовали кристаллизованный хлористый кальций (CaCl_2), который, являясь побочным продуктом производства пищевой соды, используется в пищевой промышленности Соединенных Штатов Америки для обезвоживания продуктов.

Для поддержания постоянной влажности 7,3% образцы укладывали в эксикатор с 6%-ным водным хлористым магнием ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), также известным как «Бишофит». Он используется в качестве косметической добавки к соли для ванн и даже обладает лечебным эффектом для кожи человека.

Для придания древесине нормализованной влажности (12%) в эксикатор заливали насыщенный водный раствор нитрата аммония (NH_4NO_3), который также имеет торговое название «Селитра аммиачная». Нитрат аммония широко используется в сельском хозяйстве в качестве удобрения, поэтому является тоже экологически безвредным.

Насыщенный водный раствор хлористого натрия (NaCl), представляющего собой пищевую поваренную соль, использовали для заправки эксикатора, где древесина достигала влажности 15%.

Насыщение влагой древесного волокна (30%) добивались выдержкой образцов в эксикаторе над дистиллированной водой.

Все образцы располагались в эксикаторе на керамической решетке и не имели контакта с рассмотренными солями и растворами.

Герметичность эксикаторов обеспечивали за счет сплошного нанесения вазелина на притертые поверхности контакта крышки с корпусом.

После выдержки в эксикаторах древесина приобрела устойчивую влажность: 4,2; 7,3; 11,2; 13,1; 19,9% и была испытана на изгиб по разработанному автором методу [6]. Согласно этому методу, образцы для испытаний в форме прямоугольной призмы сечением 7×7 мм и длиной вдоль волокон 100 мм укладывали на опоры приспособления ПСИУМ-4 [7], представляющие собой цилиндры с диаметром 10 мм, таким

образом, чтобы нагрузка была приложена в середине пролета между опорами 80 мм и направлена по касательной к годичным слоям древесины. Устройство крепления опор должно препятствовать их вращению. Нагрузка передавалась образцу посредством воздействия на него сосредоточенного груза в форме цилиндра диаметром, равным диаметру опор. При испытании нагрузка увеличивалась до максимального значения, при котором происходило разрушение образца.

Скорость возрастания нагрузки имела значение, необходимое для разрушения образца в течение $(1,5 \pm 0,5)$ мин с начала нагружения. Размеры сечения образца измеряли с погрешностью не более 0,1 мм, а максимальную нагрузку – 1%.

Предел прочности образцов σ_w , МПа, при влажности W в момент испытания вычисляли по формуле

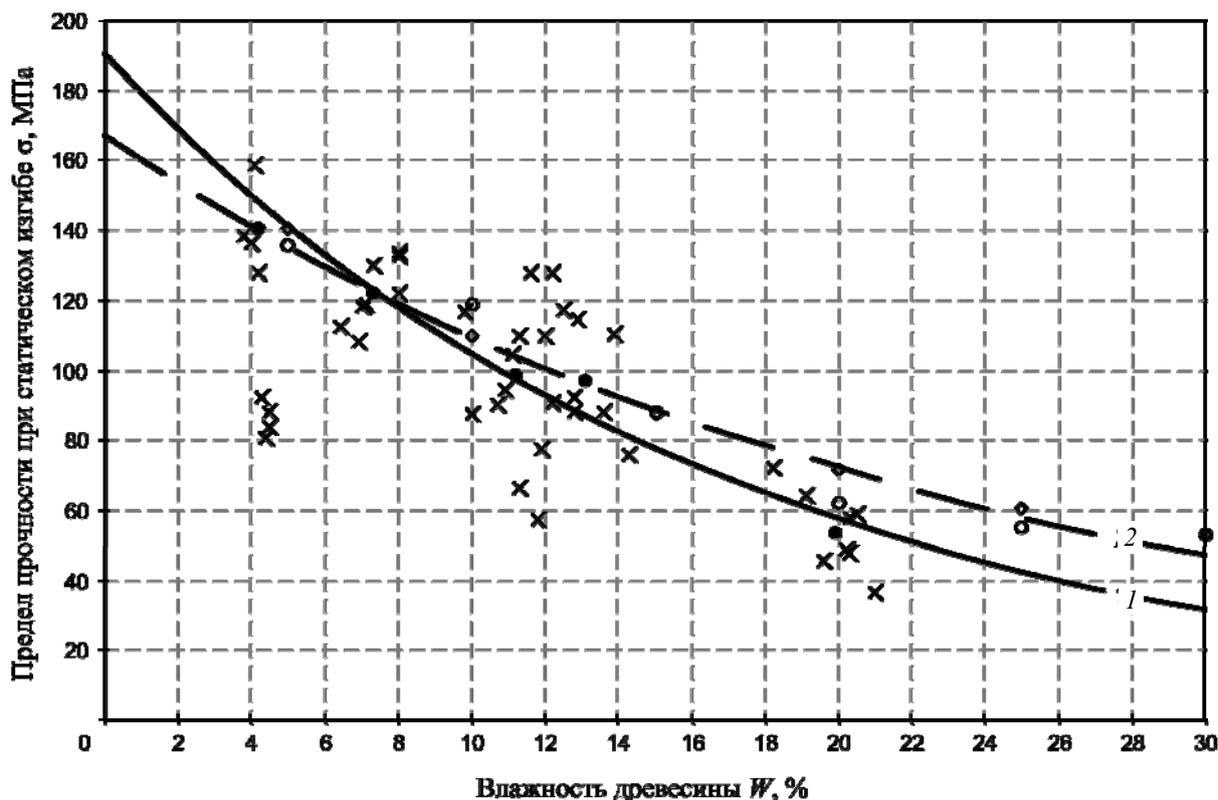
$$\sigma_w = \frac{3 \cdot F_{\max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2},$$

где F_{\max} – максимальная нагрузка, Н; L – расстояние между центрами опор, мм; b – фактическая ширина образцов, мм; h – фактическая высота образцов, мм.

Результат вычисляли и округляли до 1 МПа.

По полученным результатам построена зависимость предела прочности при статическом изгибе уменьшенных в масштабе образцов от влажности древесины (рисунок). На графике для сравнения приведена кривая, характеризующая значения предела прочности при статическом изгибе стандартных малых чистых образцов древесины при различной влажности. Эти значения взяты из книги Ф. Кольмана [8] и справочника ГСССД 69-84 [9]. Они являются усредненными на основании многолетнего экспериментального опыта.

Анализ графика показывает, что характер зависимости предела прочности от влажности для образцов стандартных и уменьшенных в масштабе размеров подобный, однако для последних угол наклона касательной к кривой имеет большее значение при одной и той же влажности. Это обстоятельство делает необходимым введение в формулу для пересчета показателей физико-механических свойств при заданной влажности в момент испытания на нормализованную дополнительную коэффициент, учитывающего размеры образцов.



Для получения модели, описывающей зависимость $\sigma_W = f(W)$, из формулы выражаем σ_W . Таким образом:

$$\sigma_W = \frac{\sigma_{12}}{[1 + \alpha(W - 12)]}$$

Эта модель хорошо описывает влияние влажности на прочность образцов стандартных размеров при значении поправочного коэффициента $\alpha = 0,04$. Для уменьшенных в масштабе образцов, как видно из графика, требуется ввести дополнительную поправку на влажность. Эту поправку можно учесть при помощи линейной составляющей R , которая также должна зависеть от влажности. Таким образом, уравнение примет вид

$$\sigma_W = \frac{\sigma_{12}}{[1 + \alpha(W - 12)]} - R$$

Ввиду того, что значения механических свойств древесины сравнимы при влажности 12%, целесообразно привести значение R к следующему виду:

$$R = \beta(W - 12)$$

Тогда уравнение принимает вид

$$\sigma_W = \frac{\sigma_{12}}{[1 + \alpha(W - 12)]} - \beta(W - 12)$$

Таким образом, для вычисления значения предела прочности при статическом изгибе древесины с влажностью 12% необходимо использовать формулу, полученную путем выражения значения σ_{12} из уравнения:

$$\sigma_{12} = [\sigma_W + \beta(W - 12)] [1 + \alpha(W - 12)]$$

Для образцов с размерами 7×7×100 мм найдено значение коэффициента β , которое составляет 1,424.

Заключение. Анализ полученной модели доказывает, что уравнение адекватно описывает процесс изменения предела прочности при статическом изгибе древесины сосны при изменении ее влажности в пределах 5–25%, что вполне достаточно для испытаний малых чистых образцов.

Подводя итог проведенным исследованиям, можно полагать, что чем меньше размеры образцов, тем чувствительнее прочность к влажности древесины.

Перспективной задачей является определить влияние масштаба и породы древесины на коэффициент β . Сегодня работы в этом направ-

лении ведутся, в т. ч. для уточнения и упрощения полученной модели.

Результаты исследования могут быть использованы для ускоренных испытаний отобранной древесины, т. к. благодаря полученной модели необходимость длительной операции кондиционирования образцов отсутствует.

Литература

1. Мартинец, Д. В. Влияние влажности на прочность древесины / Д. В. Мартинец // Сб. тр. Моск. инж.-строит. ин-та. – М., 1958. – Вып. 13. – С. 12–24.
2. Леонтьев, Н. Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины / Н. Л. Леонтьев. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 114 с.
3. Бойко, М. Д. Влияние температурно-влажностного состояния древесины на ее прочность / М. Д. Бойко: Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре. – Л.; М., 1952. – 96 с.
4. Перельгин, Л. М. Стандартизация методов физических и механических испытаний древесины / Л. М. Перельгин. – Л.: Стандартиз, 1936. – 248 с.
5. Отлев, И. А. Влияние кратковременного воздействия высоких температур на изменение химического состава и механические свойства древесины / И. А. Отлев, Ю. В. Лаптев // Современные проблемы древесиноведения: тез. докл. Всесоюз. конф., Красноярск, 22–24 сент. 1987 г. / Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева; редкол.: Б. С. Чудинов [и др.]. – Красноярск, 1987. – С. 134–136.
6. Федосенко, И. Г. Способы оценки механических свойств древесины в условиях ограниченного количества материала / И. Г. Федосенко // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 176–179.
7. Устройство для испытания образцов на изгиб: пат. 6879 Респ. Беларусь, МПК7 G 01 N 3/00 / И. Г. Федосенко, А. В. Дорожко, Н. А. Тычино; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № U 20100454; заявл. 13.05.10; опубл. 30.12.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6. – С. 213.
8. Kollmann, F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: in III Bd. – Berlin, 1951. – Bd. I. – 1050 s.
9. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов: ГСССД 69-84. – Введ. 01.06.1985. – Минск: Госстандарт СССР, 1984.

Поступила 14.03.2011