

Упруго-вязкие свойства модифицированной фенолоспиртами древесины березы при ее изгибе

Г. М. ХВЕСЬКО, С. С. МАКАРЕВИЧ — Белорусский технологический институт имени С. М. Кирова

С целью определения реологических характеристик модифицированной фенолоспиртами древесины березы в лабораторных условиях проведены экспериментальные исследования ее ползучести при длительном действии изгибающей нагрузки. Для этого использовались образцы размером $10 \times 10 \times 150$ мм (последний размер вдоль волокон). Расстояние между опорами при нагружении составляло 120 мм. Изгиб происходил в продольно-тангенциальной плоскости образца. Величину нагрузки выбирали по условию $\sigma = (0,3-0,7) \sigma_B$ при изгибе.

Экспериментально установлено, что для исследуемой модифицированной древесины среднее значение предела прочности при изгибе $\sigma_B = 168,8$ МПа. Длительность испытаний образцов — от месяца до полутора лет.

По экспериментальным данным были построены кривые ползучести модифицированной древесины (см. поз. а на рисунке).

На всех кривых наблюдается общая тенденция роста деформаций во времени, но она по-разному проявляется для каждого деформируемого образца — в зависимости от величины нагрузки и неоднородностей в строении древесины. При постоянной нагрузке, не превышающей $0,6 \sigma_B$ при изгибе, скорость деформирования постепенно уменьшается, стремясь к нулю. На графиках зависимости прогиба δ от продолжительности действия нагрузки можно провести асимптоты, характеризующие максимальную суммарную деформацию $\delta_{\text{сум}}$.

По известным из учебников формулам можем определить относительную деформацию ϵ в растянутой зоне образца, равную

$$\epsilon = (6h\delta) / l^2,$$

где h — высота поперечного сечения образца;

l — расстояние между опорами.

Вид кривых ползучести при уровне нагружения, составляющем $0,7 \sigma_B$ при изгибе, говорит о том, что при длительном действии такой нагрузки образцы, как правило, разрушаются, хотя могут быть и исключения.

Уровнем нагружения, разделяющим область затухания деформации и область ее неограниченного роста — вплоть до разрушения образца, следует считать $0,6 \sigma_B$ при изгибе.

Результаты исследований ползучести различных композитных материалов показывают, что в одних случаях находит применение линейная теория вязко-упругости, в других — нелинейная. В зависимости от этого подход к определению реологических характеристик будет различным.

Наглядное представление о линейности или нелинейности связи между напряжениями и деформациями дают **изохронные** кривые ползучести [1], перестроенные с кривых прямой ползучести (см. поз. б на рисунке).

Для используемого нами материала и вида нагружения линейная зависимость деформации от напряжения имеет место при $\sigma < 0,6 \sigma_B$. При $\sigma \geq 0,6 \sigma_B$ характер кривых ползучести резко меняется и на изохронных кривых хорошо видно отклонение от линейной зависимости.

Таким образом, поведение модифицированной древесины березы при изгибе в области нагружения $\sigma < 0,6 \sigma_B$ рассматри-

ваем как поведение линейного вязко-упругого материала.

Если принять в интегральном уравнении Больцмана — Вольтерра [2], которое используется в таких случаях,

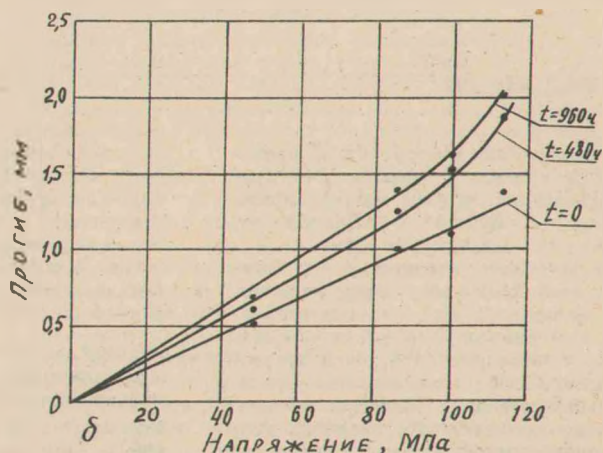
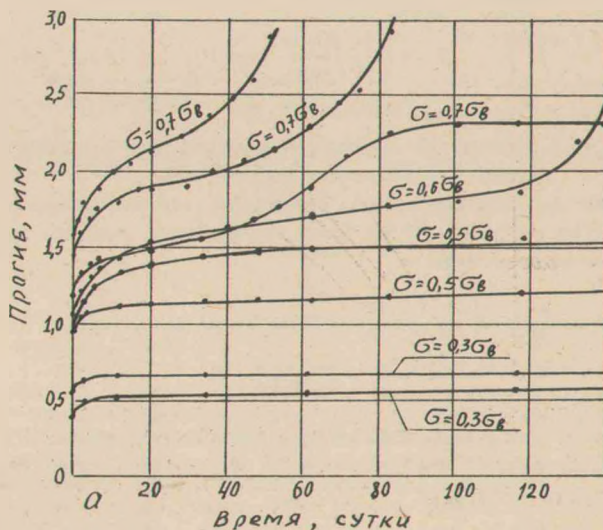
$$\epsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \int_0^t K(t-\theta) \sigma(\theta) d\theta$$

функцию влияния

$$K(t-\theta) = \frac{E-H}{nE^2} \exp\left(-\frac{Ht}{nE}\right),$$

то уравнение ползучести при $\sigma = \text{const}$, $\theta = 0$ имеет вид

$$\epsilon(t) = \frac{\sigma}{H} + \sigma \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{H} \right) \exp\left(-\frac{Ht}{nE} \right).$$



Изменение показателей ползучести древесины березы, модифицированной фенолоспиртами, при изгибе:

а — кривые ползучести; б — изохронные кривые ползучести

Этим уравнением описывается поведение реологической модели «типичного тела» при $\sigma = \text{const}$.

Реологические характеристики E (мгновенный модуль упругости), H (длительный модуль упругости), n (продолжительность релаксации) находим по методике, изложенной в работе [3].

Мгновенный модуль упругости определяется по мгновенной деформации, образовавшейся в момент $t=0$, т. е. по упругой деформации, которая мгновенно исчезает при снятии нагрузки:

$$E = \sigma / [\varepsilon(0)] = \sigma / \varepsilon_y.$$

Длительный модуль упругости определяется по формуле

$$H = \sigma / [\varepsilon(\infty)] = \sigma / (\varepsilon_y + \varepsilon_n) = \sigma / \varepsilon_{\text{сум}}.$$

Данной формулой можно воспользоваться только тогда, когда опыт продолжается достаточно долго, скорость деформирования упала до нуля и на графике с изображением кривой ползучести можно точно провести асимптоту, отсекающую на оси деформации отрезок, определяющий суммарную деформацию (упругую и ползучесть).

Если опыт прекращен до полного затухания процесса ползучести, то при определении $\varepsilon(\infty)$ возможны грубые ошибки. В этом случае лучше воспользоваться формулой, приведенной в работе [3]:

$$H = \sigma \frac{2\varepsilon_1 - \varepsilon_0 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1^2 - \varepsilon_0\varepsilon_2}, \quad t_2 = 2t_1,$$

где ε_0 — деформация в момент $t=0$;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ — деформация в некоторые моменты времени, находящиеся в определенном соответствии.

Образец, оставленный под постоянной нагрузкой в течение времени $\tau = (nE)/H$, будет иметь деформацию, определяемую уравнением ползучести:

$$\varepsilon(\tau) = \frac{\sigma}{H} + \sigma \left(\frac{1}{E} - \frac{1}{H} \right) e^{-1} = \varepsilon_y + \varepsilon_n + (\varepsilon_y - \varepsilon_n) e^{-1} = \varepsilon_y + 0,632\varepsilon_n.$$

По опытным кривым ползучести находят значение τ , которое соответствует деформации $\varepsilon(\tau)$, и вычисляют продолжительность релаксации:

$$n = (H\tau)/E.$$

Полученные таким образом средние значения реологических характеристик модифицированной фенолоспиртами древесины березы для двух уравнений нагрузки при изгибе приведены в таблице.

Уровень нагрузки (от σ_B)	σ , МПа	$E \cdot 10^{-4}$, МПа	$H \cdot 10^{-4}$, МПа	n , ч
0,3	50,6	2,27	1,72	854
0,5	84,4	2,08	1,27	587

Реологические характеристики вычислены при нагрузке 0,3 σ_B и 0,5 σ_B , так как при нагрузке (0,6—0,7) σ_B начинается разрушение образцов.

В области (0,3—0,5) σ_B среднее значение мгновенного модуля упругости модифицированной древесины при изгибе оказалось равным $2,16 \cdot 10^{-4}$ МПа, длительного модуля упругости — $1,45 \cdot 10^{-4}$ МПа. Степень уменьшения численного значения длительного модуля упругости по сравнению с мгновенным практически одинакова для всех уровней нагружения (~1,5). Для сравнения: у исходной натуральной древесины березы, по проведенным нами исследованиям, этот показатель оказался равным ~2. Продолжительность релаксации, как видно из таблицы, уменьшается с увеличением нагрузки.

Таким образом, в указанной области нагружения при изгибе модифицированная древесина ведет себя как линейное вязко-упругое тело, и можно пользоваться изложенной методикой для определения ее реологических характеристик.

Полученные авторами результаты могут оказать помощь в разработке рекомендаций или ГОСТа для определения длительного модуля упругости модифицированной древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций.— М., 1966.— 752 с.
2. Ржаницын А. Р. Теория ползучести.— М., Стройиздат, 1968.— 416 с.
3. Малмейстер А. К., Тамуж В. П., Тетерс Г. А. Сопrotивление жестких полимерных материалов.— Рига, Зинатне, 1967.— 498 с.

Новые книги

Технологическая инструкция по производству твердых и сверхтвердых древесноволокнистых плит мокрым способом. / ВНИИдрев. — Балабаново, 1989.— 127 с. Без цены.

Представлена характеристика изготовляемой продукции, сырья и основных материалов. Описаны приготовление технологической шепы, способ размола технологической шепы и древесноволокнистой массы, а также приготовления раствора химических добавок. Изложены способы проклеивания древесноволокнистой массы, формирования древесноволокнистых ковров и горя-

чего прессования древесноволокнистых плит. Рассмотрены технология производства сверхтвердых древесноволокнистых плит, а также их термическая обработка, увлажнение и форматное резание. Для инженерно-технических работников предприятий и цехов по производству древесноволокнистых плит.

Рекомендации по разработке программы технического перевооружения лесопильных предприятий на период 1990—1995 гг. / ЦНИИМОД.— Архангельск, 1989.— 76 с. Бесплатно.

Дана краткая характеристика состоя-

ния и основных задач отрасли в тринадцатой пятилетке. Проанализированы действующие мощности по производству пиломатериалов и технологической шепы. Рассмотрены объем производства продукции, обеспеченность отрасли сырьем, критерии и основные направления ее технического перевооружения. Определены потребности в основном оборудовании и источники покрытия, а также объемы потребных капложений и источники их покрытия.

Для инженерно-технических работников лесопильных предприятий.