

ки, а также концентрацию этого состава и его плотность, можно установить, какая часть воды заместила консервирующим составом, и не только необходимое время выдержки в консервирующем составе археологической находки, но и способность консервирующего состава проникать в древесину, вытесняя из нее воду, т.е. его пригодность для консервации.

Литература

1. А.с. 329006 СССР, М Кл В 27 к 3/34. Состав для консервации и стабилизации археологических находок из деградированной древесины.

УДК 674.048

А.В.ДОРОЖКО

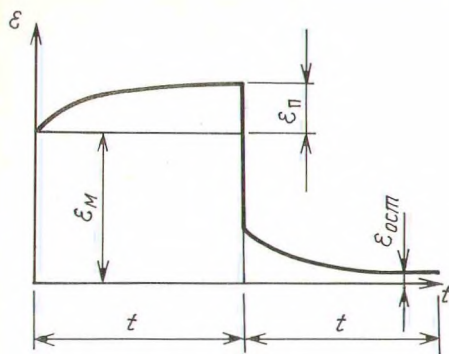
КРАТКОВРЕМЕННАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ НАТУРАЛЬНОЙ И МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Использование модифицированной древесины как технологического и конструкционного материала требует определения ее реологических характеристик. Основные сведения о ползучести получают в результате стандартных испытаний на растяжение постоянной нагрузкой. При напряжениях и длительностях, которые допускаются в качестве рабочих для изделий из древесины и полимерных материалов, скорость ползучести со временем убывает. Возрастание скорости предшествует разрушению и, как правило, недопустимо. Поэтому наибольший практический интерес представляет описание кривых ползучести на начальном участке [1].

В данной работе исследовалась кратковременная ползучесть натуральной и модифицированной древесины березы и ольхи при растяжении поперек волокон. Модифицирование древесины проводилось фенолоспиртами 35 %-й концентрации и смолой ПН-1.

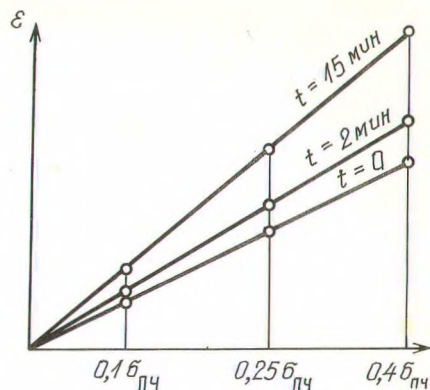
Испытания осуществлялись на разрывной машине Р-5, доработанной для проведения испытаний на ползучесть. С этой целью маятниковая система силоизмерителя машины отключалась и нагрузка, деформирующая образец, создавалась путем подвешивания грузов различной массы непосредственно к рычагу, соединенному с подвижным захватом машины. Нагрузка, действующая на образец, контролировалась высокочувствительным электронно-механическим динамометром [2], установленным в промежутке между образцом и траверсой разрывной машины. Продольные деформации образца измерялись электронно-механическим тензометром с механотронными преобразователями перемещений. Для автоматической записи кривых ползучести использовался самописец Endim 621.01.

В процессе отработки методики эксперимента выяснилось, что деформации кратковременной ползучести соизмеримы с деформациями усушки и теплового расширения образца из-за неизбежных колебаний влажности и температуры в лаборатории. Для устранения действия указанных факторов были предприняты меры по уменьшению теплопередачи от механотронов тензометра, имеющих температуру до 25 °С, к образцу. Кроме того, образец допол-



Р и с. 1. Типичный вид кривой прямой и обратной ползучести:

ϵ_M — мгновенная деформация; $\epsilon_п$ — деформация ползучести; $\epsilon_{ост}$ — остаточная деформация; t — время выдержки образца под нагрузкой в каждой ступени



Р и с. 2. Кривые изохронной ползучести

нительно изолировался от окружающей среды фторопластовой пленкой толщиной 0,05 мм. Принятые меры позволили значительно снизить указанные погрешности измерения деформаций.

Для испытаний на кратковременную ползучесть использовались образцы, изготовленные в соответствии с ГОСТ 16483.21–72 и СТ СЭВ 319–76. Скорость нагружения образцов для всех испытаний была принята равной 1 МПа/с. Испытания каждого образца проводились в три этапа. Первый этап — приложение нагрузки в $0,1\sigma_{пч}$, второй — $0,25\sigma_{пч}$ и третий — $0,4\sigma_{пч}$. Длительность приложения нагрузки 15 мин, выдержка между ступенями нагружения 1 ч. При этом осуществлялась автоматическая запись кривых прямой и обратной ползучести для каждой ступени нагружения. Испытания проводились при температуре 18°C и влажности образцов 7–9 %.

В результате эксперимента получены кривые прямой и обратной ползучести, дающие зависимость абсолютной деформации Δl от времени t . Затем эти кривые были перестроены в систему координат $\epsilon - t$ по 20 точкам. Типичный вид полученных кривых показан на рис. 1.

На основании экспериментальных данных были построены кривые изохронной ползучести (рис. 2).

Отклонение точек, по которым строились кривые изохронной ползучести, от линейной зависимости для всех образцов не превышало 2–4 %. На основании этого к описанию свойств испытываемых материалов применимы уравнения линейной вязкоупругости.

А.А.Иноземцев [3] для математического описания кривых ползучести предлагает использовать уравнение, включающее сумму четырех экспонент с различными показателями степеней. Как показали предварительные расчеты, при кратковременной ползучести хорошие результаты дает уравнение с суммой двух экспонент:

$$\epsilon(t) = \sigma \left(\frac{1}{E} + A - C_1 \exp(-a_1 t) - C_2 \exp(-a_2 t) \right), \quad (1)$$

где $\epsilon(t)$ — относительная деформация в момент времени t ; σ — напряжение в образце, МПа; E — мгновенный модуль упругости, МПа; A, C_1, C_2, a_1, a_2 — коэффициенты уравнения; t — время, мин.

Для всех полученных кривых ползучести на ЭВМ были рассчитаны коэффициенты A, C_1, C_2, a_1, a_2 . Решение задачи проводилось методом регрессионного анализа. Результаты вычислений представлены в табл. 1. Подставив в уравнение (1) $t = \infty$, получим

$$\epsilon(\infty) = \sigma \left(\frac{1}{E} + A \right), \quad (2)$$

тогда длительный модуль упругости

$$H = \left(\frac{1}{E} + A \right)^{-1}. \quad (3)$$

При обработке кривых ползучести определялось время τ , за которое деформация ползучести составит $0,63 \epsilon_n$. Время релаксации рассчитывалось по формуле

$$n = \tau (E/H). \quad (4)$$

Результаты вычислений представлены в табл. 2.

Таблица 1. Значения коэффициентов в уравнениях, описывающих кривые ползучести натуральной и модифицированной древесины

Материал	Направление приложения усилия	E , МПа	$A \cdot 10^5$	$C_1 \cdot 10^5$	$C_2 \cdot 10^5$	$a_1 \cdot 10^2$	$a_2 \cdot 10^2$
Береза:							
натуральная	радиальное	1190	7,781	5,316	2,437	0,1941	2,759
	тангенциальное	644	16,56	7,903	8,637	0,5281	9,735
модифицированная	радиальное	2149	8,679	5,789	2,887	1,570	7,478
	тангенциальное	1185	5,565	3,528	1,934	7,535	14,77
35 %-м раствором ФС							
модифицированная смолой ПН-1	радиальное	2571	7,120	3,165	3,953	1,564	1,100
	тангенциальное	1907	7,874	4,169	3,696	0,6291	7,451
Ольха:							
натуральная	радиальное	1013	9,269	5,649	3,615	0,1269	1,025
	тангенциальное	390	2,320	0,9554	1,361	0,091	3,122
модифицированная	радиальное	1799	5,587	3,490	2,085	0,211	1,555
	тангенциальное	1463	9,173	5,720	3,345	0,178	2,181
35 %-м раствором ФС							
модифицированная смолой ПН-1	радиальное	2179	6,085	3,693	2,384	0,196	3,452
	тангенциальное	1821	13,23	9,093	4,134	0,206	2,909

Таблица 2. Некоторые характеристики жесткости натуральной и модифицированной древесины

Материал	Направление приложения усилия	E, МПа	H, МПа	E/H	τ , мин	ρ , мин
Береза:						
натуральная	радиальное	1190	1090	1,09	3,15	2,88
	тангенциальное	644	581	1,11	1,36	1,22
модифицированная 35 %-м раствором ФС	радиальное	2149	1812	1,18	1,25	1,06
	тангенциальное	1185	1110	1,07	2,10	2,00
модифицированная смолой ПН-1	радиальное	2174	2174	1,18	0,87	0,73
	тангенциальное	1907	1633	1,17	1,70	1,40
Ольха:						
натуральная	радиальное	1013	926	1,09	4,17	3,82
	тангенциальное	390	358	1,09	1,67	1,53
модифицированная 35 %-м раствором ФС	радиальное	1799	1635	1,10	2,60	2,36
	тангенциальное	1463	1290	1,13	2,91	2,57
модифицированная смолой ПН-1	радиальное	2176	1922	1,13	4,83	4,27
	тангенциальное	1821	1468	1,24	3,00	3,42

Выводы

1. При измерении деформации кратковременной ползучести значительную погрешность вносят колебания влажности и температуры образца.

2. Модифицирование древесины фенолоспиртами и смолой ПН-1 приводит к значительному увеличению мгновенного модуля упругости E_M . Например, для ольхи E_M^T увеличивается в 4,7 раза, для березы — в 2,9 раза. При этом один из важнейших параметров конструкционного материала — отношение E/H — остается практически на одном уровне, в пределах 1,1–1,24.

3. Размер остаточной деформации $\epsilon_{ост}$ весьма незначителен (2–3 %) и практически одинаков как для натуральной, так и для модифицированной древесины.

Литература

- Звонов Е.Н., Малинин Н.И., Паперник Л.Х., Цейтлин Б.М. Определение характеристик ползучести линейных упругонаследственных материалов с использованием ЭЦВМ // Изв. АН СССР. Сер. Механика твердого тела. 1968. № 5. С. 41–47.
- Дорожко А.В. Высокочувствительный электронно-механический динамометр // Механическая технология древесины. Мн., 1984. Вып. 14. С. 57–59.
- Иноземцев А.А. Сопrotивление упруговязких материалов. Л., 1966.