

*О.А. Киселева, А.В. Ефремов, Д.В. Антипов*

### ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ АГРЕССИВНЫХ СРЕД НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В настоящее время древесина (цельного и клееного сечения) применяется для изготовления несущих конструкций (балок, арок, колонн и т.д.). Одним из достоинств древесины является ее высокая химическая стойкость [1]. Однако наличие клееного слоя может привести к снижению долговечности материала, работающего в условиях агрессивной среды.

В связи с этим в работе было выявлено влияние жидких агрессивных сред на прочность древесины. Для этого образцы подвергались воздействию различных жидких сред: пресной и соленой воды, щелочи (каустическая сода), серной, азотной и уксусной кислот. Испытания проводили при поперечном изгибе на рычажных стендах [2]. Результаты кратковременных испытаний представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что из исследуемых материалов наибольшей химической стойкостью обладает древесина цельного сечения. Так, древесина во всех средах на 14 сутки сохраняет более 50 % своей первоначальной прочности. Исключение составляет только 10 % серная кислота, в которой происходит полная потеря прочности материала.

#### 1. Влияние активной среды на кратковременную прочность древесины

Жидкая среда	Остаточная прочность образцов сосны 2-го сорта после действия среды, %											
	цельного сечения [2]							клееного сечения				
	Длительность замачивания											
	30 мин	2,5 ч	5 ч	24 ч	2 сут.	7 сут.	14 сут.	30 мин	1 ч	2 ч	24 ч	7 сут.
Растворитель	98	89	84	83	82	57	56	–	–	–	–	–
Отработка машинного масла	93	94	92	92	81	80	80	–	–	–	–	–
Водопроводная вода	78	75	65	62	62	57	51	77	–	61	58	55
Соленая вода (концентрация 30%)	89	88	86	82	79	77	77					41
Каустическая сода (концентрация 10 %)	94	83	71	68	61	57	52					13
Ортофосфорная кислота	89	86	78	76	76	68	51	–	–	–	–	–
Азотная кислота (концентрация 10 %)	96	91	86	79	78	56	51					35

Серная кислота (концентрация 10 %)	72	57	52	43	41	22	0													37	
Уксусная кислота	–	–	–	–	–	–	–														28

Для клееной древесины наибольшее падение прочности (на 87 %) происходит после воздействия щелочи. Существенное влияние на несущую способность данного композита оказывают также и кислоты. После их воздействия прочность падает на 60...70 %. Наименьшее падение прочности наблюдается после воздействия воды. Однако в отличие от древесины цельного сечения наличие в воде соли отрицательно сказывается на механических свойствах клееной древесины, остаточная прочность которой на 14 % ниже.

Снижение прочности, в первую очередь, связано с набуханием материала в поверхностно-активных веществах, т.е. чем больше жидкости поглотил образец, тем сильнее снижается прочность. Данный эффект объясняется ослаблением межмолекулярных взаимодействий в поверхностном слое образца [3]. Наиболее интенсивно процессы набухания и поглощения агрессивной среды происходят в первые 60...120 мин, а затем наступает их стабилизация. Исключение составляет наличие в воде соли, серная кислота и щелочь, при воздействии которых нарастание массы происходит в течение всего времени. Необходимо также отметить, что при взаимодействии клееной древесины с щелочью, соляной и серной кислотами происходит изменение цвета клеевой прослойки.

Из полученных результатов можно сделать следующий вывод: щелочь, соляная и уксусная кислота, а также наличие в воде соли, приводит к снижению несущей способности клеевой прослойки, что подтверждается высоким процентом образцов (17 %), разрушающихся по клею. После воздействия серной кислоты данный процент падает до 10 %. Вода в отличие от рассмотренных выше сред оказывает влияние только на древесную составляющую.

Влияние агрессивных сред на длительную прочность можно учесть с помощью функциональных зависимостей [табл. 2, 3]

$$\sigma = \frac{1}{\gamma} \left( U_0 - \frac{2,3RT}{1 - T/T_m} \lg \frac{\tau}{\tau_m} \right) \frac{f(t)}{100}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – длительная прочность, МПа;  $\tau$  – время до разрушения (долговечность), с;  $T$  – температура, К;  $\tau_m$  – минимальная долговечность (период колебания кинетических единиц – атомов, групп атомов, сегментов), с;  $U_0$  – максимальная энергия активации разрушения, кДж/моль;  $\gamma$  – структурно-механическая константа, кДж/(моль·МПа);  $T_m$  – предельная температура существования твердого тела (температура разложения), К;  $R$  – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль·К).

## 2. Величины эмпирических и физических констант при поперечном изгибе для древесины цельного и клееного сечения [4]

Вид сечения	Количество швов	Интервал температур, °С	Физические константы			
			$\tau_m$ , с	$T_m$ , К	$U_0$ , кДж/моль	$\gamma$ , кДж/(моль·МПа)
Цельное	–	18...100	$10^7$	160	–131	–1,7
Клееное	1	8...40	$10^{18}$	200	–65	–2,24
		40...60	$10^{0,6}$	343	752	14,64
	2	18...60	$10^{-2,6}$	438	301	4,38

3. Влияние длительности действия агрессивных сред  
на прочность древесины

Жидкая среда	Функциональные зависимости напряжения от длительности действия активных сред для	
	древесины	клееной древесины
Растворитель	$87,785 \cdot 0,99998^t$	–
Отработка машинного масла	$-2,492 \cdot \ln(t) + 104,69$	–
Водопроводная вода	$-4,175 \cdot \ln(t) + 91,83$	$7,58 / t + 36,92$
Соленая вода (концентрация 30 %)	$-2,143 \cdot \ln(t) + 96,708$	$10,75 / t + 25,22$
Каустическая сода (концентрация 10 %)	$-6,1994 \cdot \ln(t) + 122,37$	$-7,45 \cdot \ln(t) + 48,32$
Ортофосфорная кислота	$83,114 \cdot 0,99998^t$	–
Азотная кислота (концентрация 10 %)	$87,18 \cdot 0,99997^t$	$20,18 / t + 22,5$
Серная кислота (концентрация 10 %)	$(1,045 \cdot 10^{-7}) t^2 - 0,00528t + 63,96$	$-7,44 / t + 25,22$
Уксусная кислота	–	$-0,18 \cdot \ln(t) + 21,2$

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Конструкции из дерева и пластмасс / под ред. Г.Г. Карлсена, Ю.В. Слицкоухова. – М. : Стройиздат, 1986. – 543 с.
2. Влияние жидких агрессивных сред на несущую способность древесных композитов / О.А. Киселева, В.П. Ярцев, М.А. Сашин, А.В. Сузюмов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М., 2006. – № 6. – С. 84 – 86.
3. Ситамов, С. Влияние жидких сред и вида напряженного состояния полимеров на их прочность и долговечность / С. Ситамов, А.И. Хукматов // Пластические массы. – М., 1986. – № 9. – С. 25 – 27.
4. Киселева, О.А. Физические основы работоспособности строительных материалов из древесины : монография / О.А. Киселева, В.П. Ярцев. – Тамбов, 2007. – 236 с.

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»*