

ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Ю. М. ИВАНОВ

**ДЕФОРМАЦИИ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ И «ПРЕДЕЛ ПЛАСТИЧЕСКОГО  
ТЕЧЕНИЯ» ДРЕВЕСИНЫ**

(Представлено академиком А. А. Рихтером 30 III 1938)

Явления последействия древесины при механическом воздействии почти совершенно не исследованы. Как в СССР, так и в других странах не имеется опубликованных работ, посвященных этому вопросу, кроме одной работы Белянкина (1), которым был установлен так называемый «предел длительного сопротивления» древесины, как напряжение при скорости деформации, равной нулю.

Эти вопросы, имеющие большое научное и практическое значение, изучались автором в течение последних четырех лет (с 1934 г.). Наиболее существенные результаты этих работ излагаются в данной статье.

Нами было установлено, что при относительно небольших напряжениях и прочих постоянных условиях имеют место быстро затухающие деформации упругого последействия. При более высоких напряжениях происходит непрерывное приращение деформаций. Таким образом, начиная с некоторого напряжения  $\sigma_n$ , появляются незатухающие (или ползучие) деформации, имеющие характер пластического течения с постоянной скоростью.

Величина  $\sigma_n$  может быть определена по кривой зависимости скорости деформаций последействия от напряжения. Такая кривая средней скорости в начальный период (от 2 до 4 мин. по приложении груза) была получена для случая поперечного изгиба сосны (образец  $10 \times 10 \times 667$  мм) при ступенчатом нагружении (фиг. 1). До напряжения  $\sigma_n \approx 850$  кг/см<sup>2</sup> имеется линейная зависимость, а затем скорость деформации резко возрастает.  $\sigma_n$  в данном случае составляет около 80% временного сопротивления, равного 1100 кг/см<sup>2</sup>.

Наличие подобного же перелома кривой скорости деформаций последействия (фиг. 2) было установлено для случая совместного действия изгиба и смятия дуба (пластинки Деревягина— $12 \times 54 \times 75$  мм—средняя начальная скорость в первые 2.5 мин.).  $\sigma_n$  составляет около 60% разрушающего усилия, равного 3570 кг.

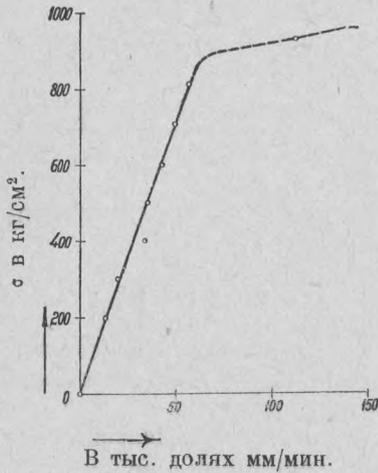
Напряжение  $\sigma_n$ , при котором начинается пластическое течение, может быть наименовано «пределом пластического течения» (сокращенно ппт). За ппт скорость деформации также линейно зависит от напряжения.

Объяснение физической природы ппт следует искать в свойствах целлюлозы—основного несущего вещества механической ткани древесины,

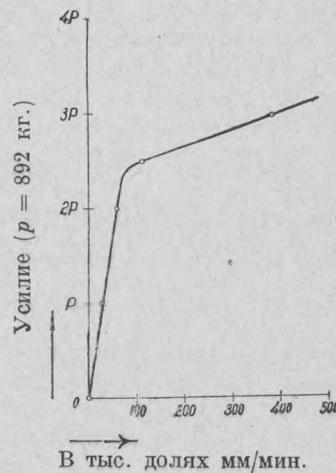
т. е. вторичных слоев клеточных стенок (2). Вполне очевидно, что процесс пластического течения с постоянной скоростью может быть результатом лишь скольжения мицелл, т. е. мицеллярного течения, свойственного гетерогенным телам, а следовательно и целлюлозе (3).

Какова же природа остаточной деформации, появляющейся в древесине с самого начала нагружения, т. е. при  $\sigma < \sigma_n$ ?

С целью выяснения этого вопроса были сопоставлены между собой величины остаточных и упругих деформаций. Полученные результаты (см. та-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

блицу) не оставляют сомнения в имеющейся пропорциональности. Действительно, достоверность вполне достаточна, так как статистический показатель точности составляет 0.2 и 1.7%.

Поперечный изгиб (4)						Гвоздевое сопряжение					
Груз, кг	Деформация, мм		Отнош. остат. деформ. к упругой, %	Отклонения		Уси-лие, кг	Деформа-ции, мм		Отнош. остат. деформ. к упругой, %	Отклонения	
	уп-руг.	остат.		$\delta$	$\delta^2$		уп-руг.	остат.		$\delta$	$\delta^2$
24.6	0.94	0.02	2.13	+0.8	0.64	76	0.027	0.015	55.5	—	—
49.2	1.88	0.04	2.13	+0.8	0.64	152	0.076	0.024	31.6	+ 2	4
73.8	2.83	0.06	2.12	-0.2	0.04	228	0.168	0.052	31.0	- 4	16
98.4	3.78	0.08	2.12	-0.2	0.04	304	0.305	0.100	32.8	+14	196
123.0	4.73	0.10	2.11	-1.2	1.44	380	0.495	0.150	30.3	-11	121
$M = 2.122, \Sigma \delta^2 = 2.80$						$M = 31.4, \Sigma \delta^2 = 337$					

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n-1}} = \pm 0.84$$

$$p = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n \cdot M}} 100 = \pm 0.2\%$$

$$\sigma = \pm 10.6, \quad p = \pm 1.7\%$$

Единая природа остаточной и упругой деформации до ппт подтверждается данными исследований набухания искусственных волокон (5).

Имеется в виду факт полного исчезновения при последующем набухании остаточной деформации, полученной путем предварительного растягивания волокна в сухом состоянии. Очевидно эта остаточная деформация по своей природе обратима, и лишь внутреннее трение препятствует полному возвращению деформаций по удалении силового воздействия.

Итак, соответственно природе деформаций процесс деформирования древесины можно разделить на две резко отличные области:

I область при  $\sigma < \sigma_n$ , характеризующаяся обратимой природой деформаций, или область неполной упругости, и II область при  $\sigma \geq \sigma_n$ , характеризующаяся наличием необратимых деформаций, являющихся результатом мицеллярного течения, или область пластических деформаций.

Отсутствие мицеллярного течения с начала нагружения, т. е. тот факт, что  $\sigma_n \neq 0$ , очевидно является результатом начальной ориентации мицелл целлюлозы. Вполне очевидно, что величина ппт, т. е.  $\sigma_n$ , в основном определяется степенью мицеллярной ориентации целлюлозы, как и механические свойства ее и древесины (6). А так как вторичные слои клеточных стенок представляют собой переплетение спирально закрученных фибрилл (7), всякое силовое воздействие воспринимается целлюлозой в направлении ее начальной ориентации и поэтому до известной величины напряжения, в данном случае  $\sigma_n$ , будет иметь место некоторая начальная жесткость, характеризующаяся отсутствием мицеллярного течения.

Такие же особенности последствия очевидно свойственны ряду гетерогенных тел, имеющих начальную ориентацию мицелл, что дает основание к разработке нового более точного метода оценки их механических свойств по началу мицеллярного течения.

Однако отсутствие мицеллярного течения при напряжениях, меньших  $\sigma_n$ , еще не есть признак полного отсутствия приращения деформаций. В результате проведенных опытов было установлено, что при переменных влажности и температуре\* и в области неполной упругости, т. е. до ппт, имеет место непрерывное приращение деформаций.

Оно происходит неравномерно, следуя с некоторым запаздыванием колебаниям указанных факторов. Следовательно здесь не может идти речь о скольжении мицелл, которое имеет место лишь за ппт, но все же это необратимый сдвиг мицелл.

Каждый цикл изменения влажности вызывает перемещение частиц жидкой фазы. Очевидно более вероятно, что последние, а также и мицеллы будут каждый раз занимать несколько иное положение в соответствии с векторным действием внешних сил. Эти изменения в положении мицелл будут крайне незначительны, но в результате все же будут давать приращение необратимых деформаций. Колебания температуры должны вызывать подобный же эффект.

Столь малая величина приращения деформаций до ппт и послужила повидимому причиной установления Белянкиным (1) некоторого предела напряжения, соответствующего скорости деформаций, равной нулю, хотя в действительности при любой величине напряжения должно было иметь место приращение деформаций, так как опыты Белянкина проводились в обычных лабораторных условиях, т. е. при переменной температуре и влажности.

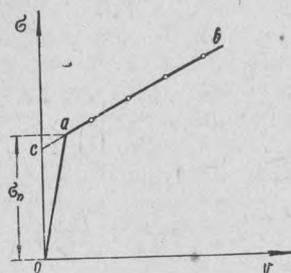
Это напряжение  $oc$  (фиг. 3) для  $v=0$  было получено Белянкиным путем экстраполяции (до пересечения с осью ординат) прямой  $ab$ —второго

\* Т. е. в реальных условиях службы деревянных конструкций.

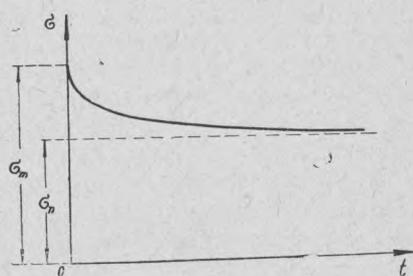
участка диаграммы  $\sigma-v$  за ппт. При этом был отброшен начальный участок  $oa$ , что в результате и привело к неправильному выводу.

Фактически здесь может идти речь лишь о приближенном определении ппт, так как  $oc \approx \sigma_n$ . Последнее подтверждается тем, что все диаграммы деформаций во времени, полученные Белянкиным <sup>(1)</sup>, представляют собой наклонные прямые (во втором периоде, после затухания деформаций упругого последствия), указывающие на постоянную скорость деформации, т. е. пластическое течение, что может иметь место лишь за ппт.

Перейдем теперь к так называемому «пределу длительного сопротивления» древесины. Последний определяется <sup>(1)</sup> как ордината асимптоты опытной кривой (фиг. 4), изображающей зависимость между величиной постоянно действующего напряжения и временем, протекающим до момента разрушения.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Сделанный вывод о действительном значении ординаты  $oc$  на диаграмме  $\sigma-v$  (фиг. 3), приближенно равной ппт, позволяет вскрыть физическую сущность величины так называемого «предела длительного сопротивления», приравняемого Белянкиным <sup>(1)</sup> ординате  $oc$ . Вполне очевидно, что этот предел в действительности есть не что иное, как ппт, т. е. напряжение, соответствующее началу мицеллярного течения.

Следовательно можно считать установленным, что наличие и величина пластической деформации (т. е. мицеллярного течения) является основным критерием, определяющим продолжительность нахождения элемента под данным грузом до момента разрушения.

В виду совпадения величины ппт и так называемого «предела длительного сопротивления» следует принять первый термин, т. е. ппт, как более общий и правильно отражающий существо явления. Во многих случаях второй термин вовсе неприменим, например при ползучих деформациях древесины (смятие, гвоздевые сопряжения и т. п.), где понятие разрушающего усилия теряет всякий смысл.

Центральный научно-исследовательский институт промышленных сооружений НКТП.  
Москва.

Поступило  
28 III 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Ф. П. Белянкин, Збірник Праць Інституту будівельної механіки, ВУАН, 7, 93 (1931). <sup>2</sup> А. Frey, Naturwissenschaften, 15, 760 (1927); Л. А. Иванов, Ботанич. журнал СССР, 18, 38 (1933); Ю. М. Иванов, Ботанич. журнал СССР, 20, 65 (1935). <sup>3</sup> К. O. Herzog, Naturwissenschaften, 16, 420 (1928); К. Н. Meyer u. H. Mark, Der Aufbau d. hochpolymeren organischen Naturstoffe (1930). <sup>4</sup> R. Baumann, Die bisherigen Ergebnisse d. Holzprüfungen (1922). <sup>5</sup> W. Weltzien, Seide, 32, 95, 365 (1927). <sup>6</sup> A. Frey, ZS. wiss. Mikroskopie u. mikr. Technik, 47, 1 (1930); Meyer u. Mark, l. c.; B. Schmidt, ZS. f. Physik, 71, 696 (1931). <sup>7</sup> A. Frey, Naturwissenschaften, 15, 760 (1927).