

Ю. М. ИВАНОВ

РАЗРУШЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПОВТОРНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ ЗА ПРЕДЕЛОМ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 9 VI 1950)

Имеющиеся экспериментальные данные показывают, что в процессе возрастания нагрузки с периодической разгрузкой напряжение в момент разрушения древесины имеет сниженную величину, меньшую предела прочности (определенного при непрерывном возрастании нагрузки), а иногда — меньшую и напряжения, достигнутого в предыдущем цикле „нагрузка-разгрузка“. Это явление, обнаруженное в опытах с растяжением и сжатием вдоль волокон, было объяснено накоплением необратимых деформаций пластического течения при повторном превышении напряжением предела пластического течения (^{1,2}).

Естественно предположить, что повторное приложение за пределом пластического течения $\sigma_{\text{лг}}$ нагрузки одной и той же величины должно было бы вызывать разрушение древесины при напряжениях меньших предела прочности или временного сопротивления $\sigma_{\text{вр}}$. Разрешение этого вопроса весьма важно для выяснения природы механического сопротивления древесины и имеет большое практическое значение, так как подавляющее большинство реальных нагрузок на сооружения в основном характеризуется повторностью воздействий.

Исследования были проведены на древесине сосны объемным весом 0,47—0,58 и влажностью 25—40%. Повторной нагрузкой при сжатии вдоль волокон испытывались 4 серии с общим числом образцов 22, размером 80 × 80 × 175 и 70 × 70 × 160 мм. Каждая серия образцов вырезалась по длине бруса радиальной распиловки. На радиальных гранях образца приклеивались планки на расстоянии 100 мм (база измерения деформаций), к которым прикреплялись индикаторы с ценою деления 0,001 мм и упоры к ним. Испытания проводились на гидравлическом прессе со шкалой 12 и 30 т. Величина предела пластического течения для образцов данной серии определялась по испытанию одного из образцов, на диаграмме разности деформаций (^{2,3}). Часть образцов серии подвергалась испытаниям повторной нагрузкой за пределом пластического течения и до него. Разгрузка производилась всегда до одной и той же величины 500 кг. Продолжительность каждого цикла составляла от 2 до 4 минут, скорость изменения напряжения — от 140 до 240 кг/см² в минуту*.

Проведенное исследование показало, что повторное приложение напряжения, превышающего предел пластического течения, действительно вызывает разрушение древесины. При этом обычно образуется

* Испытания проводились при активном участии А. В. Рудневой, которой автор приносит искреннюю благодарность.

складка, имеющая примерно перпендикулярное направление к волокнам на радиальных гранях и наклонное — на тангенциальных.

Отчетливо обнаруживается тенденция к уменьшению числа циклов до разрушения с увеличением избытка в величине повторного напряжения над пределом пластического течения $\sigma_{пт}$. Так, при напряжении

118% $\sigma_{пт}$ (87% $\sigma_{вр}$) один образец разрушился после приложения 88 циклов, а другой образец из той же серии при напряжении 124% $\sigma_{пт}$ (92% $\sigma_{вр}$) разрушился после приложения всего только 16 циклов.

Это напоминает подобную же зависимость между временем до разрушения и неизменно действующим напряжением, выражаемую кривой длительного сопротивления. Сущность явления в обоих случаях, очевидно, заключается в повышении скорости пластического течения с увеличением избытка в напряжении над пределом пластического течения.

Установленный факт разрушения древесины при повторной статической нагрузке за пределом пластического течения имеет важное значение для расчетов сооружений и классификации воздействующих на них нагрузок по характеру работы материала.

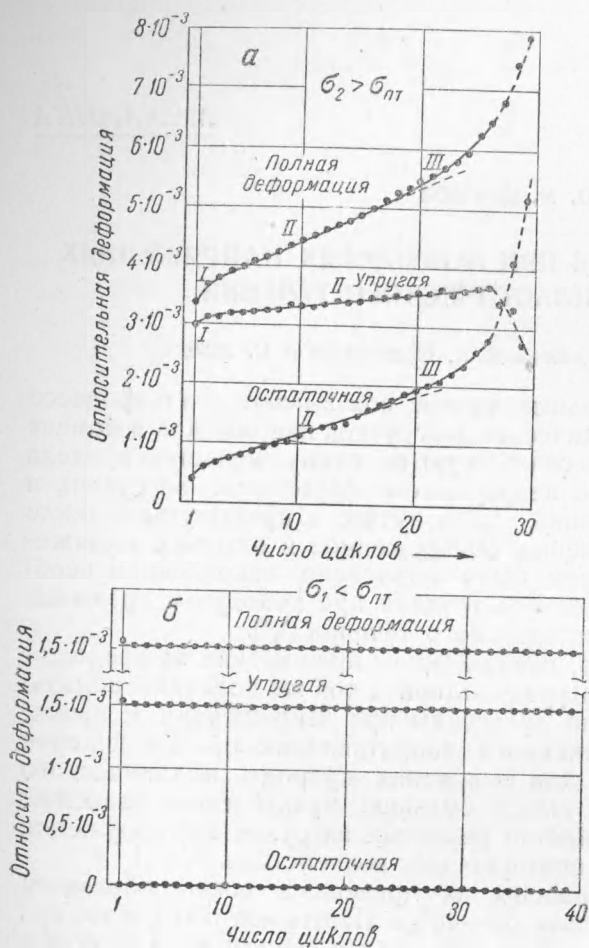


Рис. 1. Кривые изменения полной, упругой и остаточной деформации в зависимости от числа циклов повторного напряжения σ_2 за пределом пластического течения $\sigma_{пт}$ (а) и напряжения σ_1 до предела пластического течения $\sigma_{пт}$ (б)

Перерывы в приложении повторной нагрузки, продолжительностью до 3 суток, не оказывали заметного влияния на условия разрушения древесины.

Происходящее за пределом пластического течения изменение полной деформации характеризуется типичной кривой (см. рис. 1, а), полученной при напряжении 130% $\sigma_{пт}$ и 95% $\sigma_{вр}$. Эта кривая может быть разделена на три участка: I — начальный, соответствующий быстрому уменьшению скорости деформации*, II — наклонный, прямой, указывающий на рост деформации с постоянной скоростью и III — поднимающийся кверху криволинейный, отвечающий ускоренному росту деформации, заканчивающемуся переходом в стадию разрушения (пунктирная часть кривой). Падение усилия в стадии разрушения

* Имеется в виду первая производная деформации по числу циклов.

прогрессирует с каждым новым циклом нагрузки по мере все большего развития складки. Заметный рост полной деформации при испытании других образцов отмечался при напряжении $111\% \sigma_{пт}$.

На кривой изменения остаточной деформации (рис. 1, *a*) можно отметить те же участки, что и на кривой полной деформации. На кривой же упругой деформации (рис. 1, *a*) в данном случае отмечаются лишь два участка, второй из которых соответствует второму и третьему участку на кривых полной и остаточной деформации.

Некоторые образцы показали весьма малый рост упругой деформации при заметном увеличении остаточной деформации, а у отдельных образцов было отмечено некоторое снижение упругой деформации на участке ускоренного роста остаточной деформации. В общем рост упругой деформации происходит примерно с одинаковой скоростью как при постоянном, так и при ускоренном росте остаточной деформации. Это говорит о том, что ускоренный рост остаточной деформации, повидимому, не является безусловным признаком стадии разрушения, как это обычно предполагалось ранее (для случая неизменной нагрузки), а лишь указывает на приближающийся переход материала в эту стадию.

В стадии разрушения, в условиях падения усилия, отмечается чрезвычайно быстрый рост остаточной деформации как при нагрузке, так и при разгрузке, имеющий следствием резкое падение измеренной упругой деформации. Последнее, кроме падения усилия, может служить внешним признаком стадии разрушения, в которой, таким образом, рост полной деформации замедлен по сравнению с ростом остаточной деформации.

При повторном приложении нагрузки до предела пластического течения никаких признаков приближающегося разрушения древесины обнаружено не было. Полная, остаточная и упругая деформации почти не изменяются, устойчиво сохраняя свою первоначальную величину, измеренную при приложении первого цикла нагрузки (см. рис. 1, *б*). Таковы результаты наблюдений деформации при действии повторного напряжения $84\% \sigma_{пт}$. При испытании 39 циклами напряжения 164 кг/см^2 или 64% от предела пластического течения $\sigma_{пт} = 258 \text{ кг/см}^2$ крайние значения полной деформации, начиная со второго цикла, составляли $1,525 \cdot 10^{-3}$ и $1,540 \cdot 10^{-3}$ с разницей между ними в 1% и при отклонениях в обе стороны от среднего менее 1% . В других случаях отклонения от среднего были несколько больше, например, в первых циклах и т. п. Эти крайне незначительные отклонения не могут идти ни в какое сравнение с ростом полной деформации за пределом пластического течения и должны быть отнесены за счет других причин, например, некоторого перекоса испытываемого образца.

Постоянство деформаций с несомненностью свидетельствует о прочном сопротивлении древесины повторной нагрузке до предела пластического течения.

Резкое различие в работе древесины за пределом пластического течения и до него дает основание распространить введенное нами ранее понятие о двух механических состояниях древесины (², ⁴) и на действие повторной статической нагрузки. Граница между этими состояниями есть предел пластического течения.

Был проверен ранее сделанный вывод о том, что повторное превышение предела пластического течения не влияет на его величину (⁵). Учитывая установленное ранее положение о постоянстве модуля упругих деформаций до предела пластического течения, сопоставим следующие две диаграммы упругих деформаций: при первичном испытании с периодической разгрузкой (рис. 2, *I*) и после 7 циклов перехода через предел пластического течения $\sigma_{пт}$ (рис. 2, *II*). Ординаты верхних точек нижнего прямолинейного участка, определяющего величину

предела пластического течения, соответствуют на обеих диаграммах одинаковым ступеням напряжения и дают $\sigma_{\text{ПТ}} = 258 \text{ кг/см}^2$.

Итак, повторное действие напряжений за пределом пластического течения не влияет на его величину.

После превышения предела пластического течения и повторного приложения нагрузки до предела пластического течения модуль упругих деформаций сохраняет постоянное, но сниженное значение по сравнению с первичным приложением нагрузки (5).

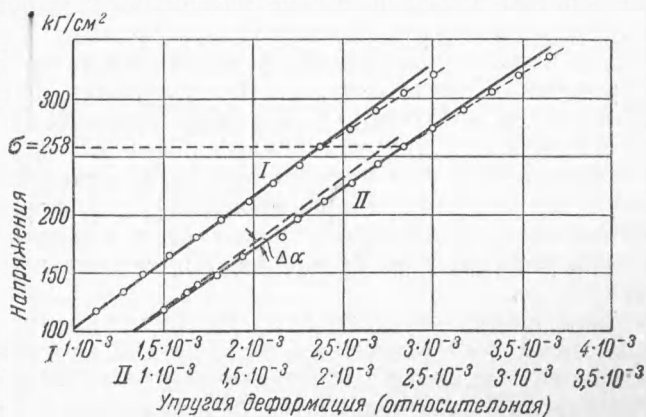


Рис. 2. Диаграммы упругой деформации: I — при первичном переходе через предел пластического течения $\sigma_{\text{ПТ}}$, II — после семикратного перехода через этот предел

Действительно, нижний прямой участок второй диаграммы (рис. 2, II) наклонен к оси абсцисс под углом, меньшим на $\Delta\alpha$ угла наклона такого же участка первой диаграммы (рис. 2, I). Соответствующий модуль упругих деформаций составляет $106,300 \text{ кг/см}^2$, т. е. на 6% меньше первоначальной величины $113,200 \text{ кг/см}^2$.

Центральный научно-исследовательский
институт промышленных сооружений

Поступило
7 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. М. Иванов, Предел пластического течения древесины, М., 1948, 2 изд.
² Ю. М. Иванов, Тр. Ин-та леса АН СССР, 4, 34 (1949.) ³ Методика определения показателей механических свойств древесины. Институт леса АН СССР, 1949.
⁴ Ю. М. Иванов, ДАН, 19, № 6—7 (1938). ⁵ Ю. М. Иванов, ЖТФ, 16, в. 11, 1357 (1946).