# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

#### УДК 539.374

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОВЕСНОЙ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ НАГРУЖЕНИЯ

## И.О. КОРНИЛОВА, В.А. ЛОВШОВА (Представлено: доц. А.Г. ЩЕРБО)

Задачи настоящей работы – исследование характера и степени нарастания пластических деформаций с течением времени и выработка методики для их определения при проведении экспериментов. Все испытания проводились на специальной установке, которая позволяла создать в образцах растяжение и кручение путем непосредственного нагружения. Измерение деформации на каждом этапе нагружения прекращалось лишь после снижения ее скорости до 10<sup>-5</sup> 1/мин.

Скорость деформации определялась как отношение приращения деформации за некоторый промежуток времени  $\Delta t$  (обычно за  $\Delta t$  принималось 5 мин\_ к величине этого промежутка. Тензометры Мартенса дают возможность не только с большой точностью регистрировать деформации, но и визуально наблюдать процесс пластического деформирования во времени. На рис. 1 приведены кривые, полученные для образцов при различной скорости нагружения 6,5 МПа и разных уровнях напряжений. Аналогичная картина наблюдается во всех экспериментах.



Рис. 1. Кривые, полученные для образцов при различной скорости нагружения

Скорости нагружения и уровни напряжений указаны непосредственно на графике. Из графика видно, что «мгновенная» деформация, т.е. деформация, выделяющаяся сразу после приложения гири, для всех скоростей нагружения составляет лишь 8-10 часть всей деформации, отвечающей данному приращению напряжений. Ползучесть на каждом этапе нагружения протекает длительно: только через 40–50 мин скорость ее снижалась до величины  $10^{-5}$  l/мин. Из анализа графиков также следует, что доля деформации, выделяющейся в начальный период времени по сравнению со своей деформацией, выделяющейся на данном этапе нагружения, зависит от скорости нагружения и достигнутого уровня напряжений.

Как следует из кривых напряжение-деформация, отношение деформации, выделяющейся в начальный период времени, ко всей деформации, возникшей на данном этапе нагружения, возрастает с увеличением скорости нагружения и уменьшается с ростом напряжений. Так, например, при одном и том же растягивающем напряжении  $S_1 = 310$  МПа в начальный период времени при скорости нагружения, равной 2 МПа<sup>•</sup>с, выделяется 50% всей деформации, отвечающей данному этапу нагружения, а при скорости нагружения 4 МПа с – уже 75%. При одинаковой скорости нагружения, скажем, равной 4 МПа<sup>•</sup>с, за этот же период времени при напряжении  $S_1 = 285$  МПа выделяется 80% всей деформации, отвечающей этому этапу нагружения, а при  $S_1 = 330$  МПа – лишь 70%.

С увеличением времени, принятого за начальный период  $t_0$ , различие между отношениями отвечающими разным уровням напряжений, уменьшается. Так, если в последнем примере за начальный период времени взять 28 мин, то для указанных напряжений в этот период выделится соответственно

130

98 и 90% всей деформации, отвечающей соответствующим этапам нагружения. Аналогичная картина наблюдается и в зависимости отношений от скорости нагружения: с увеличением времени, принятого за начальный период, они уменьшаются.

Для иллюстрации отсутствия влияния различных скоростей нагружения на общую конфигурацию кривых δ<sub>*i*</sub>-ε<sub>*i*</sub> последние (для закручиваемых образцов) приведены на рис. 2.



Рис. 2. Влияние различных скоростей нагружения на общую конфигурацию кривых δ<sub>i</sub>-ε<sub>i</sub>

Из рисунка видно, что даже в наиболее контрастных случаях скоростей нагружения (2 и 5 МПа·с) кривые расходятся: в напряжениях на 2%; в деформациях на 10%, что вполне укладывается в пределы допустимой неоднородности образцов.

Изложенные результаты, как нам представляется, дают основания для следующих выводов.

Разделение деформации на «мгновенную» деформацию и логарифмическую ползучесть нецелесообразно; последнюю следует включать в пластическую деформацию. Этот вывод основывается на том, что основную часть всей пластической деформации составляет деформация, полученная за счет логарифмической ползучести (которая, кстати, и по своей природе идентична пластической деформации), да и практически отделить от последней так называемую мгновенную деформацию не представляется возможным.

Применявшаяся некоторыми экспериментаторами методика определения пластических деформаций по постоянному допуску на время, от момента окончания нагружения до момента замера деформации, некорректна. Действительно, в этом случае отношение  $\Delta_{30}/\Delta_3$  будет различным при разных уровнях напряжений, т.е. будут получаться неадекватные результаты. Следовательно, пластическую деформацию целесообразно определять по допуску на ее скорость.

Последний вывод подтверждается зависимостью от времени и скорости нагружения отношения деформации, выделившейся к моменту достижения ползучестью заданной скорости  $U_0$ , ко всей деформации, отвечающей данному этапу нагружения.

График (рис. 3) получен для растягиваемых образцов при  $U_0 = 3 \cdot 10^{-5}$  1/мин, а график (рис.4) - также для растянутых образцов, но при  $U_0 = 10^{-4}$  1/мин. Видно, что графики представляют собой прямые, параллельные оси t. Причем при заданной скорости U высота их расположения над осью абсцисс зависит лишь от скорости нагружения. Аналогичные графики получаются и для закручиваемых образцов. Отсюда следует, что при определении деформации по допуску на их скорость независимо от уровня напряжений будет регистрироваться одинаковая по сравнению со всей выделившейся на данном этапе, величина деформации.



Рис. 3. График для растягиваемых образцов при  $U_0 = 3.10^{-5}$  1/мин



Рис. 4. График для растянутых образцов при  $U_0 = 10^{-4}$  1/мин

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. Ильюшин, А.А. Пластичность. Основы общей математической теории / А.А. Ильюшин. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 271 с.
- 2. Щербо, А.Г. Экспериментальная проверка постулата изотропии для траектории нагружения с разгрузками / А.Г. Щербо // Прикладная механика. 1990. № 1. С. 26.
- Shishmarev, O.A. Variation of elastic constants of metal during plastic deformation / O.A. Shishmarev, A.G. Shcherbo // Arch. Mech. – 1990. – 42, 1/ – Pp. 43–52.
- Поддубная, М.А. Изменение упругих свойств материала и определение ядра упругих деформаций при пластическом деформировании / М.А. Поддубная, А.Г.Щербо // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : материалы XX междунар. науч.-метод. семинара. (Гродно, 17–19 февр. 2016). – Гродно : ГрГУ им. Я. Купалы, 2016. – С. 154–156.