

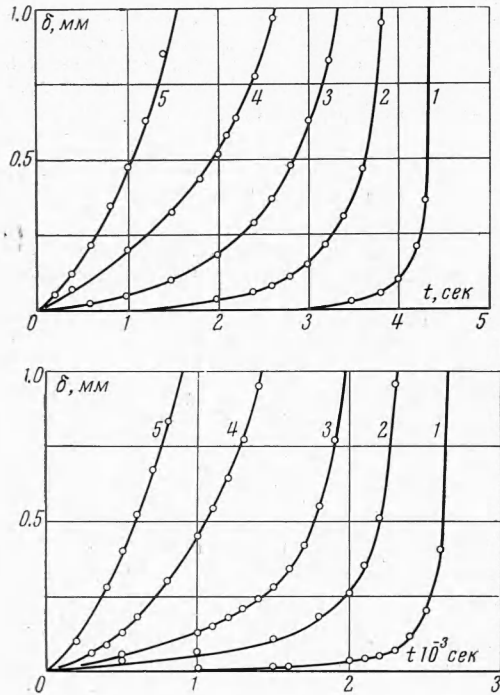
О ВЫПУЧИВАНИИ ВНЕЦЕНТРЕННО НАГРУЖЕННОГО СТЕРЖНЯ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ

Н. Г. Торшинов (Новосибирск)

Ряд экспериментаторов, проводивших исследования по выпучиванию стержней при повышенных температурах [1-3], отмечают существенный разброс экспериментальных значений критического времени. В предлагаемой работе сделана попытка объяснить наблюдаемые экспериментальные разбросы за счет эксцентриситетности в приложении нагрузки.

Эксперименты проводились на установке, описанной ранее [4], при $250 \pm 1^\circ\text{C}$. Образцы изготавливались из прутков дюралюмина марки Д16Т диаметром 14 мм в состоянии поставки. Образцы диаметром 7 мм и гибкостями от $\lambda = 35$ до $\lambda = 81$ имели правильную геометрию цилиндра, что проверялось на инструментальном микроскопе с точностью 0,001 мм. Шарнирное опирание образцов осуществлялось при помощи стальных каленых наконечников, прорезь в которых задавала эксцентриситет величиной от минимально технически возможного до 1,42 мм. Тщательно измеренный на микроскопе образец устанавливался в испытательную установку на ножи, имеющие угол 75° и радиус закругления менее 0,01 мм. Ножи выставлены строго по оси приложения нагрузки. Перемещение средней части образца через инваровый рычажок и кварцевый стержень замерялось микронным индикатором и регистрировалось во времени кинокамерой РФК-1м. Рычажок с передаточным отношением 5:1 и крестовым шарниром применен для уменьшения усилия, создаваемого пружиной индикатора на образец. Нагрузка прикладывалась после 20-минутного прогрева и увеличивалась по линейному закону со скоростями от 0,0045 до 4 кгс/мм²сек.

На фиг. 1, представлены типичные диаграммы зависимости прогиба δ от времени для стержней гибкости $\lambda = 70$ при скорости нагружения $d\sigma/dt = 3$ (верхняя часть фигуры) и 0,0045 (нижняя часть) кгс/мм²сек; значения эксцентриситетов даны на фигурах: 1—0 мм, 2—0,05 мм, 3—0,15 мм, 4—0,50 мм, 5—1,42 мм.



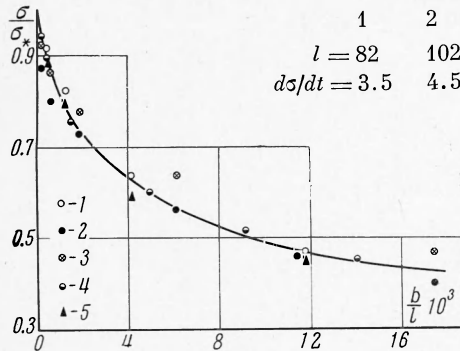
Фиг. 1

Следует уточнить, что за нулевой эксцентриситет принята величина, доступная для оценки на микроскопе с разрешающей способностью 0,001 мм. О точности установки образца в испытательной машине можно судить еще и по тому, что с ростом нагрузки прогиб начинает появляться при нагрузках, составляющих 75 ÷ 85% от разрушающей независимо от скорости нагружения. Аналогичные диаграммы получены при других гибкостях и скоростях нагружения. За время разрушения принималась величина, соответствующая обращению скорости прогиба в бесконечность.

Следует отметить весьма интересный экспериментальный факт, который легко установить из рассмотрения фиг. 1, и аналогичных им с другими скоростями нагружения: отношение t/t_0^* и t/t_k^* для любого фиксированного значения прогиба и эксцентриситета остается практически постоянным, т. е. кривые зависимости $\delta = f(t)$, построенные в координатах $\delta - t/t_k^*$, совпадают. Введенные выше обозначения таковы: t — текущее время; t_0^* — время до разрушения с нулевым эксцентриситетом и самой быстрой для данной серии скоростью нагружения; t_k^* — время до разрушения образца с нулевым эксцентриситетом и некоторыми другими скоростями нагружения, соответствующими индексу k . Аналогичные построения можно сделать и для стержней со значениями гибкостей $\lambda = 35,5, 47, 57, 70, 81$. Если строить экспериментальные данные в переменных δ/λ и t/t_k^* , то все кривые будут группироваться около кривой, соответствующей заданному эксцентриситету, не зависимо от длины стержня и ско-

рости нагружения в исследованном в работе интервале. Отсюда следует, что процесс ползучести, имеющий место при малых скоростях нагружения, не влияет на качественную картину изменения прогиба от величины эксцентриситета приложения нагрузки.

На величину разрушающей нагрузки эксцентricность влияет существенно. Это обстоятельство было отмечено еще Карманом [5] для упруго-пластических нецентрично нагруженных стержней малых и средних величин гибкостей. Такая же картина наблюдается и в опытах, проводимых на стержнях, подверженных продольному изгибу при ползучести. Под разрушающей нагрузкой понимается нагрузка в момент времени, когда скорость прогиба стремится к бесконечности. При этом уменьшения нагрузки не происходит из-за достаточной упругости испытательной установки. Если построить график зависимости разрушающего напряжения от эксцентриситета, то получится серия ниспадающих кривых, причем кривизна их спада в области малых эксцентриситетов уменьшается с увеличением длины стержня. А если построить экспериментальные данные в переменных σ/σ_{ik}^* , b/l где звездочка указывает величину разрушающего напряжения при нулевом эксцентриситете для стержня гибкости λ_i и некоторой скорости нагружения k , а b и l — соответственно эксцентриситет и длина стержня, то все они будут группироваться около одной кривой на фиг. 2. На фиг. 2 экспериментальным точкам соответствуют условия



Фиг. 2

	1	2	3	4	5
$l =$	82	102	122	82	122 мм
$d\sigma/dt =$	3.5	4.5	3.0	0.011	0.0045 кгс/мм ² сек

Легко отметить, рассматривая фиг. 2, что ошибка в неправильной центровке образца более чем в 2% влечет снижение σ/σ^* более чем на 20%, что в свою очередь ведет к существенному изменению срока службы сжатого стержня. В работе Н. Хоффа [6] также отмечено, что величина критического времени очень чувствительна к величине среднего приложенного сжимающего напряжения, и если нагрузка падает от 90% до 75% Эйлеровой нагрузки, то время работы стержня больше чем удваивается для

всех значений эксцентриситетов. Исходя из этого, напрашивается вывод: постановка экспериментов на продольный изгиб должна быть не ниже первого класса, т. е., в частности, отклонение точки приложения силы от геометрической оси стержня не должно превышать 1% от линейных размеров его поперечного сечения.

Поступила 19 I 1966

ЛИТЕРАТУРА

1. Джерард Д., Папирно Р. Классические стержни и ползучесть. Механика. Сб. перев. и обз. ин. период. лит., 1963, № 1.
2. Кузнецов А. П. Устойчивость сжатых стержней из дуралюмина в условиях ползучести. ПМТФ, 1961, № 6.
3. J a h s m a n W., F i e l d F. Comparison of theoretical and experimental creep — buckling times of initially straight, centrally loaded columns. J. A. S, 1962, vol. 29, No. 4.
4. Торшенов Н. Г. Машина для испытания стержней на устойчивость при ползучести. Заводск. лаборатория, 1964, № 12.
5. K a r m a n T. Untersuchungen über Knickfestigkeit. Mitt. Forschungsarb. d. V. D. I, 81, Berlin, 1909.
6. X o f f H. Продольный изгиб и устойчивость. Изд. иностр. лит., 1955.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК
ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ

Н. М. Матченко (Тула)

Методы теории устойчивости при малых упруго-пластических деформациях [1] обобщаются на исследование устойчивости оболочек при ползучести. Приводятся экспериментальные данные, а также сравнение расчетных и экспериментальных результатов.

1. Рассматривая устойчивость сжатой по торцам цилиндрической оболочки, будем полагать, что свойства ползучести материала при потере устойчивости зависят