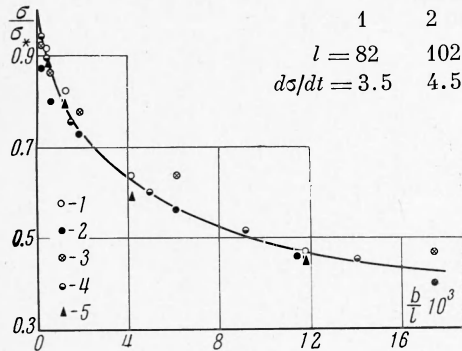


рости нагружения в исследованном в работе интервале. Отсюда следует, что процесс ползучести, имеющий место при малых скоростях нагружения, не влияет на качественную картину изменения прогиба от величины эксцентриситета приложения нагрузки.

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

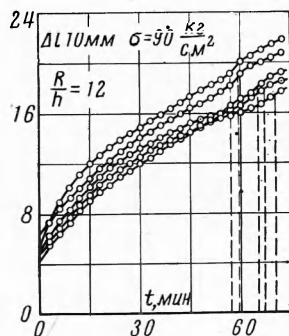
только от напряжений основного состояния, связанных с деформациями соотношениями

$$\varepsilon_{mn} = \frac{3}{2} \frac{\varepsilon_i}{\sigma_i} S_{mn}, \quad \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i} = \frac{\sigma_0}{\varphi(\sigma_0) + \psi(\sigma_0)\omega(t)}, \quad \frac{d\sigma_i}{d\varepsilon_i} = \frac{1}{\varphi'(\sigma_0) + \Psi'(\sigma_0)\omega(t)} \quad (1.1)$$

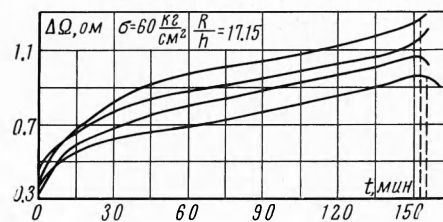
Здесь ε_{mn} и S_{mn} — девиатор деформаций и напряжений, σ_i и ε_i — интенсивность напряжений и деформаций в произвольной точке оболочки, σ_0 — интенсивность напряжений основного состояния, $\omega(t)$ — функция времени. При этом расчетные операции сводятся к замене секущего и касательного модулей в формуле для вычисления критической нагрузки [3] новыми обобщенными модулями, зависящими от времени. Для определения критического времени получаем соотношение

$$\psi\psi'\omega^2 + (\varphi\psi' + \varphi'\psi)\omega + \varphi\varphi' - \frac{4}{9} \frac{h^2}{R^2\sigma_0} = 0 \quad (1.2)$$

$$\varphi = \varphi(\sigma_0), \quad \psi = \psi(\sigma_0), \quad \omega = \omega(t)$$



Фиг. 1

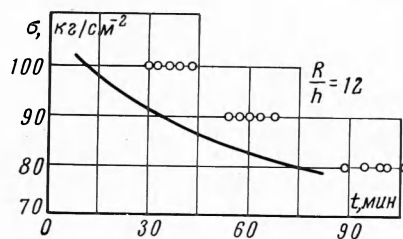


Фиг. 2

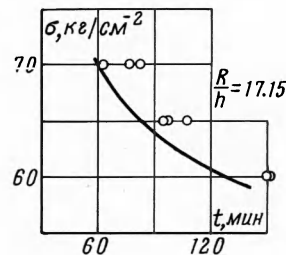
2. Для проверки решения (1.2) при комнатной температуре были проведены две серии опытов по устойчивости свинцовых цилиндрических оболочек длиной 40 мм, радиусом 24 мм, толщиной 2 и 1.4 мм. Свойства свинца подчинялись соотношению

$$\varepsilon = (2.93 \cdot 10^{-8} + 2.79 \cdot 10^{-10} t) \sigma^3 \quad (2.1)$$

причем здесь σ измеряется в кг/см^2 , а t — в мин.



Фиг. 3



Фиг. 4

Оболочки нагружались при помощи специального центрирующего приспособления. При потере устойчивости оболочек появлялись сплошные кольцевые выпучины, эффект хлопка не наблюдался.

За критическое время принимался момент начала выпучивания оболочки. Начало появления выпучин в первой серии опытов ($R/h = 12$) определялось по изменению характера осевой деформации, которая измерялась индикаторами часового типа с ценой деления 0.01 мм, а во второй серии опытов — по изменению характера сопротивления датчиков, наклеенных с внешней и внутренней стороны оболочки.

На фиг. 1 и 2 показаны характерные кривые осевой деформации и изменения сопротивления датчиков в функции от времени, пунктиром отмечено критическое время выпучивания.

Полученные таким образом данные испытаний 24 оболочек приведены на фиг. 3 и 4. Сплошные кривые построены здесь согласно решения (1.2).

Поступила 22 V 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. И л ь ю ш и н А. А. Пластичность. Гостехиздат, 1948.
2. В о л ь м и р А. С. Устойчивость упругих систем. Физматгиз, 1963.