

УДК 687.051.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСРЕДНЕННЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАГОТОВОК МАНЕКЕНА ОДЕЖДЫ ПРИ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИИ

И.И. КОМИССАРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В настоящей работе в развитие [1] предложена методика расчета параметров уравнений, основанная на экспериментальном разделении упругопластической деформации образцов, образовавшейся за время имитации пуска центрифуги, остаточной и вязкоупругой деформаций, время наблюдения которых в серии опытов на прямую ползучесть подчиняется геометрической прогрессии $t = 2^{i-1}T_0$, где T_0 –

время первого интервала наблюдения ползучести. При этом нелинейное в общем случае образование остаточных составляющих полной деформации образцов представлено аналитически в форме кусочно-линейной временной зависимости.

Используя полные и остаточные (ϵ_i и ϵ_i^0) деформации ползучести, полученные по результатам испытаний на сжа-

тие, “наклепанных” при имитации стадии пуска центрифуги образцов, найдем параметры уравнений [1; (3), (4)], характеризующие упругие, пластические (вязкого течения) и вязкоупругие свойства заготовки в направлении толщины ее стенки.

Начальный модуль упругости

$$E_0 = \sigma_0 / \bar{\epsilon}_0. \quad (1)$$

Коэффициент истинного течения материала

$$\eta_0 = \sigma_0(N-1) / \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\epsilon_{i+1}^0 - \epsilon_i^0}{2^{i-1} T_0}. \quad (2)$$

Параметры вязкоупругости вычислим по формулам А.К. Малмейстера [2]:

$$H = \sigma_0 \frac{2\epsilon_1 - \epsilon_0 - \epsilon_2}{\epsilon_1^2 - \epsilon_0 \epsilon_2}, \quad (3)$$

$$\bar{\epsilon}_1 = \frac{2}{N} [(\epsilon_1 - \epsilon_1^0) + (\epsilon_3 - \epsilon_3^0) + (\epsilon_5 - \epsilon_5^0) + \dots + (\epsilon_{N-1} - \epsilon_{N-1}^0)],$$

$$\bar{\epsilon}_2 = \frac{2}{N} [(\epsilon_2 - \epsilon_2^0) + (\epsilon_4 - \epsilon_4^0) + (\epsilon_6 - \epsilon_6^0) + \dots + (\epsilon_N - \epsilon_N^0)].$$

Поскольку средняя деформация $\bar{\epsilon}_1$ в (4) соответствует нечетным членам (временам) геометрической прогрессии со знаменателем, равным двум, средний интервал времени между ними для этой формулы найдем из выражения

$$\bar{t} = \frac{2T_0}{N} \sum_{i=1}^{N/2} 4^{i-1}. \quad (6)$$

Для определения времени t_* аппроксимируем с помощью уравнения наклонной прямой первые N экспериментальных точек, соответствующих зависимости остаточная деформация – время (рис. 1).

$$n = t / \left| \ln \left(1 - \frac{\epsilon_1 - \epsilon_0}{\epsilon_\infty - \epsilon_0} \right) \right|, \quad (4)$$

где ϵ_1 и ϵ_2 – деформации, соответствующие времени наблюдения t и $2t$, которые определим как средние величины:

$$\bar{\epsilon}_1 = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^{N/2} (\epsilon_{2k-1} - \epsilon_{2k-1}^{\text{ост}}),$$

$$\bar{\epsilon}_2 = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^{N/2} (\epsilon_{2k} - \epsilon_{2k}^{\text{ост}}). \quad (5)$$

Используя экспериментальные данные [1, табл.1], имеем при N – четном целом числе:

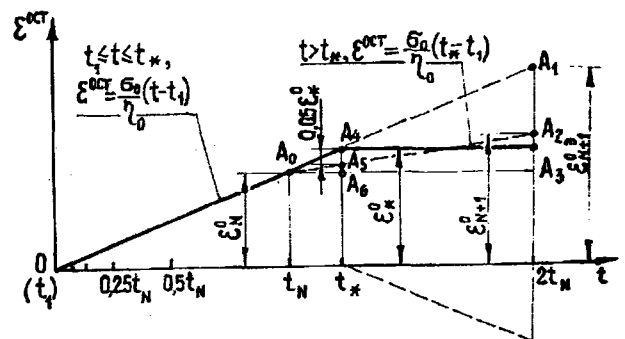


Рис. 1

Далее прямую OA_0 по ее уравнению экстраполируем в сторону увеличения шкалы времени. Поскольку следующая после A_0 опытная $t.A_2$ явно не принадлежит экстраполируемой линии, соединим последние две точки и на образовавшемся отрезке найдем положение $t.A_5$, при котором расхождение величины ординаты экстраполируемой A_0A_1 и условно-

экспериментальной прямых составит 5 %.
Время t_* , адекватное выбранному расхождению опыта и расчета, равно

$$t_* = t_N + \eta_0 (\epsilon_*^0 - \epsilon_N^0) / \sigma_0, \quad (7)$$

где $t_N = 2^{N-1} T_0$.

Остаточную деформацию ϵ_*^0 , соответствующую т.А₄, найдем, рассмотрев подобие треугольников А₀А₁А₃ и А₀А₂А₃. В результате получим

$$\epsilon_*^0 = \frac{\epsilon_N^0 (\epsilon_{N+1}^{0,3} - \epsilon_{N+1}^0)}{0,95\epsilon_{N+1}^{0,3} + 0,05\epsilon_N^0 - \epsilon_{N+1}^0}. \quad (8)$$

В качестве примера расчета параметров уравнения ползучести материала заготовки рассмотрим центрифугирование одинаковых заготовок манекенов мужской одежды размера 176-124-130. В основании тонкостенной цилиндрической модели расчета срединный эллипс имеет полуоси $a=0,25$ м; $b=0,16$ м. Толщина стенки заготовки $h=10$ мм. Удельный вес клееного картона через 15 мин после изготовления образцов

заготовок $\gamma = 10^4 \frac{H}{M^3}$. Угловая скорость

вращения ротора центрифуги совместно с пакетом из двух полуформ мастер-формы и двух заготовок на внутренней поверхности первых $\omega = 157 \text{ с}^{-1}$. Время разгона центрифуги $t_1 = 20 \text{ с}$. Коэффициент трения между контактными поверхностями мастер-формы и заготовками $f = 0,4$.

Для $N=6$ и времени 20 мин непосредственного центрифугирования время T_0 первого интервала снятия отсчета [1, (5)]:

$$T_0 = 1200/32 = 37,5 \text{ с}.$$

Пренебрегая малой величиной отношения $\frac{h}{2R_\psi}$, из [1, (1)] при $x=0,18$ м имеем

напряжение $\sigma_0 = 0,04$ МПа.

Средние величины деформаций образцов, соответствующие точкам А, В, С и D схемы снятия отсчетов [1 (рис.2)], в каждом i -м опыте трехсерийных испытаний сведены в табл.1. Разброс опытных данных не превышал 4%.

Таблица 1

Номер опыта и образца, i	1	2	3	4	5	6	7
$\epsilon_{i1}, 10^{-3}$	54	54	55	53	54	55	-
$\epsilon_{i \text{ост}}^*, 10^{-3}$	8	9	9	8	10	9	8
$2^{i-1} T_0, \text{ с}$	37,5	75	150	300	600	1200	2400
$\epsilon_i, 10^{-3}$	48,6	49,5	51,5	54,2	59,6	78,6	83
$\epsilon_i^{\text{ост}}, 10^{-3}$	0,6	1	3	5	10	20	26
$\epsilon_i^{\text{ост.п}}, 10^{-3}$	8,6	10	12	13	20	29	33
$\epsilon_{iT}^{\text{ост.п}}, 10^{-3}$	0,5	10,1	11,3	13,9	18,9	29	32,1

Результаты расчетов по формулам приведенной методики определения параметров уравнений [1; (3) и (4)] следующие:
 $\bar{\epsilon}_{\text{ост}}^* = 0,0088$; $\bar{\epsilon}_0 = 0,045$;
 $E_0 = 0,889$ МПа; $\eta_0 = 2378$ МПа·с;
 $\bar{\epsilon}_1 = 48,7 \cdot 10$; $\bar{\epsilon}_2 = 52,0 \cdot 10$; $H = 0,53$ МПа;

$\bar{t} = 262,5 \text{ с}$; $n = 1988,6 \text{ с}$; $\epsilon_*^0 = 22,2 \cdot 10$;
 $t_* = 1330 \text{ с}$; $\epsilon_\infty = \frac{\sigma_0}{H} = 0,075$.

Для промежутка времени центрифугирования $t_1 \leq t \leq t_*$ имеем уравнение ползучести

$$\varepsilon = 0,0839 - 0,0305 \exp[-0,0003(t - t_1)] + 16,8 \cdot 10^{-6}(t - t_1). \quad (9)$$

Для заключительной стадии ползучести при $t > t_*$ уравнение [1, (4)] запишется в виде

$$\varepsilon = 0,106 - 0,0305 \exp[-0,0003(t - t_1)]. \quad (10)$$

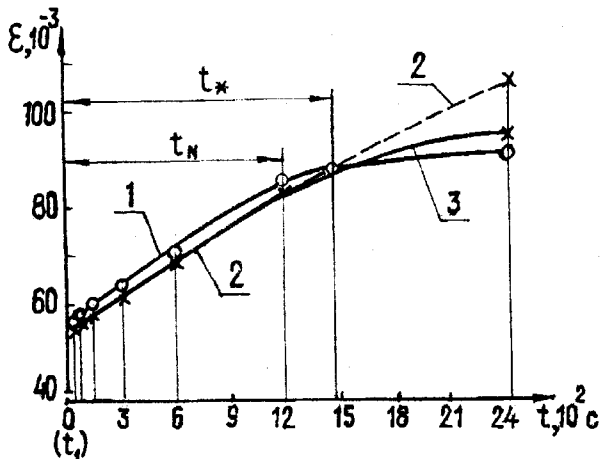


Рис. 2

На рис.2 изображена экспериментальная кривая 1, прогнозируемая по уравнению (9), кривая 2 и прогнозируемая кривая 3 по уравнению (10).

В табл.1 для сопоставления приведены результаты вычислений полных остаточных деформаций $\varepsilon_{IT}^{ост.п}$ с помощью структурных слагаемых уравнений [1; (3), (4)], а

также адекватных данных $\varepsilon_i^{ост.п}$ их экспериментального определения.

Предложенная методика расчета параметров уравнений ползучести, представленных в [1], предусматривает использование опытных данных длительного времени центрифугирования заготовок манекена. В результате расчетные величины постоянных характеризуют некоторые усредненные механические свойства клееного картона, обуславливающие прогнозируемое образование упругих, остаточных и вязкоупругих составляющих полной деформации элемента заготовки в процессе ее машинной обработки.

ВЫВОДЫ

Предложена методика определения параметров уравнений ползучести элемента заготовки манекена одежды при центрифугировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комиссаров И.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №1. С.77...80.
2. Сб. научн.-техн. статей по сопротивлению материалов, строительной механике, теории упругости. – М.: Высшая школа. Вып.1, 1973.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 13.04.01.