

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ И УПЛОТНЕНИЯ СТЕНКИ ЗАГОТОВКИ МАНЕКЕНА ОДЕЖДЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

И.И. КОМИССАРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

На элемент тонкостенной заготовки, расположенный на жесткой опорной внутренней поверхности мастер-формы, после достижения ротором центрифуги постоянной угловой скорости вращения ω действует постоянная система сил [1]. При этом элемент "сырой" заготовки из клееного картона испытывает в направлении толщины стенки сжатие средним напряжением σ_0 с одновременно протекающим во времени процессом отверждения поливинилацетатного клея-связующего.

Основной эффект центробежных сил элемента связан с образованием реактивного нормального давления на него со стороны мастер-формы, уплотняющего стенку заготовки и повышающего качество клеевого соединения, снижающего усадку и коробление материала.

Целью данной работы является аналитическое описание процесса ползучести и уплотнения стенки заготовки из клееного картона, а также разработка методики определения параметров соответствующих уравнений деформирования.

В качестве расчетной модели пакета для центрифугирования из двух одинаковых заготовок манекенов возьмем тонкостенный эллиптический цилиндр, контур основания которого характеризуется полуосями эллипса с размерами a и b .

Среднее нормальное напряжение, сжимающее элемент заготовки в направлении толщины h его стенки в период установившейся угловой скорости вращения ω ротора центрифуги, равняется [1]:

$$\sigma_0 = 0,5Kx\sqrt{a^2 - x^2} / \left(1 + \frac{h}{2R_\psi}\right).$$

$$\sqrt{a^2 - (1 - C_0^2)x^2} = q_N / 2, \quad (1)$$

где q_N – реактивное нормальное давление на контактную поверхность заготовки со стороны жесткой мастер-формы;
 $C_0 = b/a$;

$$K = \gamma h \omega^2 (1 - C_0^2) / g f.$$

Радиус кривизны эллипса

$$R_\psi = a^2 b^2 \sqrt{\left[x^2 \left(\frac{1}{a^4} - \frac{1}{a^2 b^2} \right) + \frac{1}{b^2} \right]^3},$$

$$0 < x < a;$$

γ и g – удельный вес материала и ускорение свободного падения.

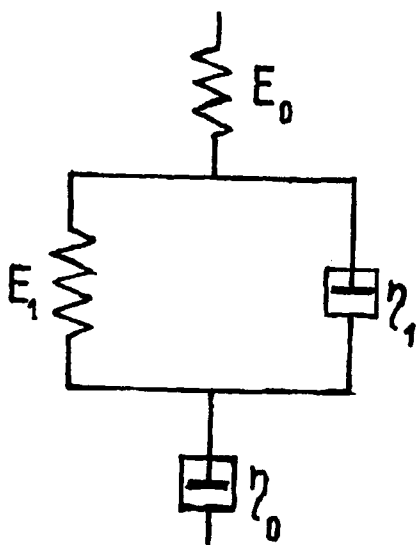


Рис. 1

Используя упрощенный закон линейного деформирования, соответствующий механической трехэлементной модели [2] и закон вязкого течения Ньютона, адекватный демпферу η_0 для случая последовательного соединения трехэлементной модели и демпфера (рис. 1) при постоянном нормальном напряжении σ_0 , получим следующее уравнение ползучести материала [3]:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{H} + \sigma_0 \left(\frac{1}{E_0} - \frac{1}{H} \right) e^{\frac{Ht}{E_0 n}} + \sigma_0 \frac{t}{\eta_0}, \quad (2)$$

где E_0 и H – начальный (условно-мгновенный) и конечный (длительный) модули упругости; η_0 – коэффициент истинного течения (вязкости); n – время релаксации.

В рассматриваемом деформационном процессе нагружение происходит не мгновенно. Вследствие этого использование уравнения (2) возможно лишь при учете деформаций в элементе заготовки, возникающих на стадии пуска центрифуги. Поскольку время t_1 пуска почти на три по-

рядка меньше времени центрифугирования, можно допустить, что вязкоупругие деформации на стадии разгона ротора машины не развиваются. Вместе с тем закон вязкого течения (в (2) адекватный последний член) не соответствует физическому представлению ползучести отверждающегося во времени клея-связующего (полимера). Поэтому нелинейное в общем случае затухающее образование остаточных деформаций после наступления установившегося вращательного движения ротора центрифуги можно в первом приближении представить в форме кусочно-линейного закона. Иными словами, до некоторого момента времени t_* наблюдения ползучести изменение остаточных деформаций можно аппроксимировать наклонной прямой, а при $t > t_*$ – постоянной величиной, равной

$$\varepsilon_{\text{ост}} = \sigma_0(t_* - t_1)/\eta_0.$$

За время t_* можно условно принять момент ползучести материала, при котором расхождение ординаты экстраполируемой по закону Ньютона прямой и экспериментальных значений остаточной деформации достигает 5%.

С учетом принятых допущений к материалу заготовки на стадии пуска центрифуги и характеру необратимого сжатия элемента ее в направлении толщины стенки для описания ползучести и образования остаточных деформаций при центрифугировании можно использовать следующие уравнения:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ост}}^* + \sigma_0 \left[\frac{1}{H} + \left(\frac{1}{E_0} - \frac{1}{H} \right) e^{\frac{H(t-t_1)}{E_0 n}} + \frac{t-t_1}{\eta_0} \right], \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{ост}}^*$ – остаточная относительная деформация, развившаяся в элементе заго-

товки за время пуска центрифуги;
 $t_1 \leq t \leq t_*$.

Для времени $t > t_*$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ост}}^* + \sigma_0 \left[\frac{1}{H} + \left(\frac{1}{E_0} - \frac{1}{H} \right) e^{-\frac{H(t-t_1)}{E_0 \eta}} + \frac{t_* - t_1}{\eta_0} \right]. \quad (4)$$

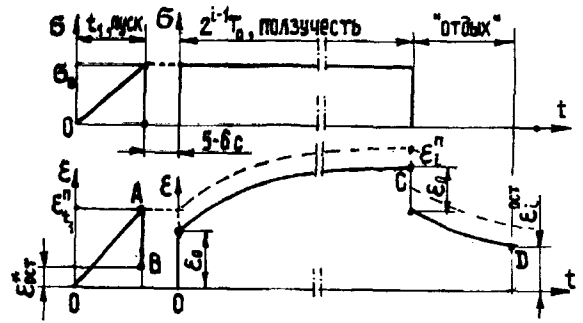


Рис. 2

Сумма первого и последнего членов в уравнениях (3) и (4) дает выражения для вычисления полных остаточных деформаций.

Определение параметров уравнения прогнозируемого процесса ползучести можно осуществить с помощью испытаний одноразовых образцов, применяя схему нагружения и регистрации деформаций в моменты времени, соответствующие точкам А, В, С и D, изображенную на рис. 2.

На первом этапе решения задачи при имитации разгона центрифуги допускаем, что скорость нагружения элемента (рис.2) постоянна. Принимая во внимание зату-

хающий характер нарастания запаздывающих деформаций образцов материала и время наблюдения, снятие отсчетов ползучести в i -м опыте целесообразно проводить в моменты времени, подчиняющиеся геометрической прогрессии $2^{i-1}T_0$ (где T_0 – время первого интервала наблюдения ползучести, $i=1,2,3...N$).

Результаты каждой серии экспериментов, имитирующего приближенно разбег центрифуги, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номер опыта и образца, i	1	2	3	...	N	N+1
A	$\varepsilon_{t_{i1}}$	$\varepsilon_{t_{i2}}$	$\varepsilon_{t_{i3}}$...	$\varepsilon_{t_{iN}}$	$\varepsilon_{t_{i,N+1}}$
B	$\varepsilon_{\text{ост}}^*$	ε_1^*	ε_2^*	...	ε_N^*	ε_{N+1}^*
	$2^{i-1}T_0$	T_0	$2T_0$...	$2^{N-1}T_0$	$2^N T_0$
C	ε_i	ε_1	ε_2	...	ε_N	ε_{N+1}
D	$\varepsilon_{\text{ост}}^0$	ε_1^0	ε_2^0	...	ε_N^0	ε_{N+1}^0

Время первого интервала T_0 для снятия отсчета выбирается исходя из общего времени t_N непосредственного центрифугирования и четного числа N проведенных опытов:

$$T_0 = t_N / 2^{N-1}. \quad (5)$$

Согласно данным табл. 1 определим средние величины остаточной и условно-упругой деформации:

$$\bar{\varepsilon}_{\text{ост}}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^*, \quad (6)$$

$$\bar{\varepsilon}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_{t_{ii}} - \bar{\varepsilon}_{\text{ост}}^* \quad (7)$$

Параметры предложенных уравнений сжатия элемента заготовки одежды, адекватных периоду непосредственного центрифугирования в условиях постоянной системы сил, можно находить по различным методическим разработкам при использовании схемы прямой и обратной ползучести образцов (рис. 2).

ВЫВОДЫ

Предложены приближенные уравнения, описывающие процессы ползучести

и образования необратимых остаточных деформаций элемента заготовки манекена в направлении толщины ее стенки в период центрифугирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Комиссаров И.И., Куликов Б.П.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998. №1. С. 67...70.
2. *Ржаницын А.Р.* Теория ползучести. – М., 1968. С. 16.
3. *Гольберг И.И.* Механическое поведение полимерных материалов. – М., 1970. С.55.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 27.11.00.