

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ ТКАНИ

В.Г. ТИРАНОВ, Е.А. РАЗУМОВСКАЯ, П.Ю. БЕССОНОВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

В настоящее время наука располагает большим количеством методов моделирования деформационных процессов вязкоупругого тела. Все они сводятся к описанию математических или физических моделей. В настоящей работе мы рассматриваем использование механической модели, которая включает в себя хорошо известные элементы, позволяющие описывать упругие, вязкие и вязкоупругие свойства материалов и конструкций из них [1...4], а также дает возможность наглядно показать этапы деформирования ткани.

В деформацию тканей, особенно тяжелых технического назначения, большой вклад вносит структура самой ткани, поэтому нами предлагается модель, которая позволяет учитывать вязкоупругие свойства как исходной нити, так и параметров структуры ткани (рис. 1 – механическая модель деформирования ткани).

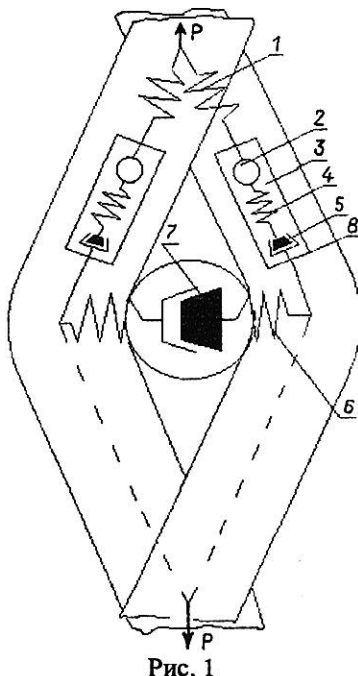


Рис. 1

Элемент 1 отражает упругую составляющую деформации исходной нити; элементы 2, 3, 4 отражают вязкоупругую составляющую деформации нити, где движение шара 2 в вязкой среде 3 отражает релаксационную составляющую деформации, изменяющейся во времени; элемент 5 отражает остаточную (необратимую) деформацию исходной нити; элемент 6 отражает упругую поперечную деформацию сжатия уточных нитей, то есть упругую деформацию структуры ткани; элемент 7 – необратимую деформацию структуры ткани.

При квазимгновенном приложении нагрузки деформируется упругий элемент 1, что соответствует упругой деформации исходной нити. При этом цилиндр 8 мгновенно передает усилие на элемент 6 и 7, первый из которых – 6 деформируется упруго, второй деформируется по механизму заклинивающего элемента с сухим трением, сопротивляемость которого деформированию возрастает с увеличением нагрузки.

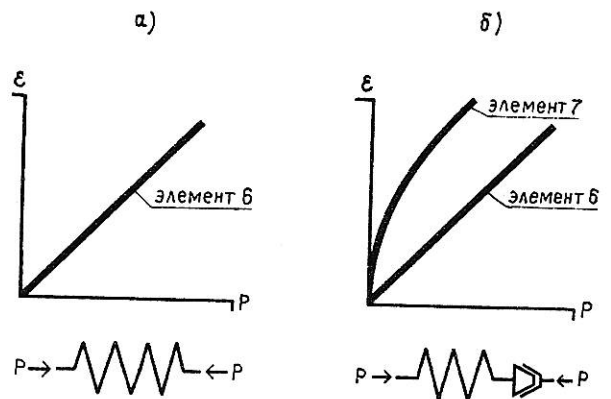


Рис. 2

Схематически деформация этих элементов – 6(а) и 7(б) – в зависимости от нагрузки приведена на рис.2. Деформация элемента 7 зависит от длительности приложения нагрузки.

После приложения постоянного значения нагрузки, то есть после начала условного отсчета времени, происходит перераспределение ее по мере движения шара 2 в вязкой среде 3 на элементы 4 и 5. Элемент 4 деформируется во времени в соответствии с характеристическим временем запаздывания и его зависимостью от нагрузки [4].

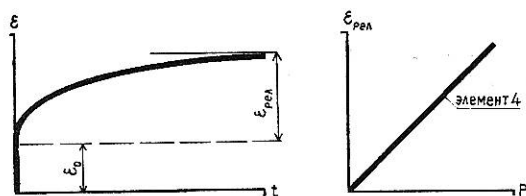


Рис. 3

Схематически деформация этого элемента приведена на рис.3 (ϵ_0 – деформация элемента 1; $\epsilon_{\text{реп}}$ – полная деформация элемента 4). Зависимость равновесных деформаций элемента 4 от нагрузки предполагается линейной. По мере перераспределения приложенной постоянной нагрузки увеличивается нагрузка, приходящаяся на элемент 4; увеличивается усилие и на элемент 5, работающее по схеме клина с сухим трением.

Этот элемент служит отражением необратимых составляющих деформации исходной нити – возможного смещения элементов ее структуры на микро- и макроуровнях относительно друг друга. Зависимость деформации этого элемента от нагрузки представляется аналогичной деформации элемента 7. Кроме того, деформация элемента 7 происходит во времени в соответствии с изменением во времени усилия, приходящегося на элемент 5.

$$\epsilon_t = A(1 - e^{\alpha P}) + D_0 P + (D_\infty - D_0) P \varphi\left(\frac{t}{\tau_p}\right) + \beta f_1 \left\{ P \left[f_2\left(\frac{t}{\tau_p}\right) \right] \right\},$$

где A – деформация уработки, определяемая технологическими расчетами или экс-

Таким образом, общая деформация ткани представляется суммой деформации исходной нити (элементы 1...5) и структуры ткани (элементы 6, 7).

Преобладание той или иной составляющей деформации, моделируемой соответствующим элементом, определяет общий характер зависимости деформации от нагрузки и времени.

Предварительные исследования деформационного поведения исходных нитей показали, что зависимость деформации от нагрузки имеет S-образное очертание, отражающее нелинейность вязкоупругого поведения, обусловленного активирующим действием нагрузки.

Для описания этих зависимостей пренебрегли вкладом деформации необратимых составляющих нити в силу их малости. Конечно, наибольший вклад в общую деформацию ткани и ее необратимую составляющую вносит деформация структуры ткани, которая обусловлена как фазовым строением ткани, так и изменением геометрии основных и уточных нитей.

Можно допустить, однако, что деформация структуры ткани в большей степени связана с распрямлением основных нитей, и смоделировать эту деформацию элементами 6 и 7 модели, исключив из рассмотрения временные эффекты.

Последнее упрощает расчеты общей деформации ткани, принимая во внимание экспоненциальную зависимость этой деформации от нагрузки, в которой в качестве равновесного значения деформации может быть взято значение уработки нити в процессе ткачества.

Таким образом, упрощенное математическое выражение для модели, описывающее зависимость между деформацией ткани, нагрузкой и временем, может быть записано в виде:

периментально; α – эмпирический коэффициент, отражающий характер отклика

структуры ткани на механическое воздействие; D_0 – квазиупругая податливость; D_∞ – квазиравновесная составляющая; P – нагрузка; t – текущее время; τ_p – характеристическое время, являющееся функцией нагрузки; β – величина, характеризующая необратимую компоненту деформации; $f_1 \left\{ P \left[f_2 \left(\frac{t}{\tau_p} \right) \right] \right\}$ – функция, отражающая нелинейность зависимости деформации элемента.

ВЫВОДЫ

С помощью представленной механической модели можно проанализировать этапы деформирования ткани и нитей, из ко-

торых она выполнена. Предложенная формула предполагает описание деформационного процесса в режиме ползучести в ткани при различных нагрузках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. – М.: Легкая индустрия, 1964.
2. Аскадский А.А. Деформация полимеров. – М.: Химия, 1973.
3. Кобляков А.И. Структура и механические свойства трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1973.
4. Тиранов В.Г. Релаксационные процессы и способы их оценки в нагруженных нитях: Дис... докт. техн. наук. – Л., ЛИТЛП им.С.М.Кирова, 1980.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов. Поступила 20.03.05.