

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ФОРМОУСТОЙЧИВОСТИ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА ОБУВИ

А.Н. Буркин, А.А. Науменко, Е.А. Шеремет

Понятием «формуустойчивость обуви» оперируют на протяжении всего жизненного цикла товара, начиная с момента снятия обуви с колодки до ее физического износа. Ее оценивают различными показателями, как непосредственно, в готовой обуви, так и на системах с целью прогнозирования данного свойства на стадии разработки продукции и для научных исследований. Выбор показателей зависит, прежде всего, от того, на каком этапе жизненного цикла идет рассмотрение данного свойства. В связи с этим существуют показатели, позволяющие оценивать либо статическую, либо динамическую формуустойчивость.

В качестве критерия оценки динамической формуустойчивости систем материалов верха обуви по результатам лабораторных исследований предлагается ввести показатель K_f , представляющий собой отношение площади S системы, подвергшейся нагружению в течение определенного времени, к первоначальной площади системы S_0 .

Данный критерий является не только количественной мерой формуустойчивости, но и отвечает следующим требованиям:

- возможности критерия в наибольшей мере отражать изменение верха обуви при многоцикловых нагружениях;
- доступности экспериментального и теоретического определения его значений;
- возможности обоснованного нормирования критерия.

Связать данный показатель можно со следующей группой факторов:

t - время деформирования материалов;

E - модуль жесткости на растяжение;

η - динамическая вязкость полимерного материала;

$\Delta l_{\text{ост}}$ - абсолютное остаточное удлинение;

Δl - абсолютное общее удлинение образца.

Функцию, связывающую названный выше относительный показатель формуустойчивости с перечисленными факторами, в общем виде можно записать так:

$$K_f = f(E^a, \Delta l_{\text{ост}}^b, \Delta l^c, \eta^d, t^e), \quad (1)$$

где a, b, c, d, e – некоторые безразмерные показатели степени, отражающие характер влияния факторов на величину K_f .

Для ответа на вопрос о том, может ли такая функция существовать, используем анализ размерностей. Содержание анализа размерностей определяется одной из теорем подобия, которая называется π -теоремой или теоремой Букенгема [1, 2, 3]: если какое-либо уравнение однородно относительно размерностей входящих в него величин, то его можно преобразовать к соотношению, содержащему набор безразмерных комбинаций этих величин. Однородным относительно размерностей будет то уравнение, вид которого не зависит от выбора основных единиц измерения.

Будем считать, что введенные величины образуют полный набор и уравнение, описывающее зависимость (1), существует. Представим выражение (1) в форме, содержащей лишь безразмерные комбинации исходных величин, используя релеевский метод решения размерных систем.

Выразим размерности исходных величин, т.е. величин, входящих в (1). Воспользуемся системой единиц, в которой основными единицами являются единицы массы (M), длины (L), времени (θ), применяя рекомендации по построению систем единиц, известные из [4]. Используя их, построим формулы размерностей для рассматриваемых величин: E (модуль жесткости на растяжение) – $ML^{-1}\theta^{-2}$; η (динамическая вязкость полимерного материала) – $ML^{-1}\theta^{-1}$; t (время деформирования системы материалов) – θ ; $\Delta l_{\text{ост}}$ (абсолютное остаточное удлинение образца) – L; Δl (абсолютное общее удлинение образца) – L.

Подставим в (1), вместо обозначений величин формулы их размерностей:

$$0 = f[(ML^{-1}\theta^{-2})^a, L^b, L^c, (ML^{-1}\theta^{-1})^d, \theta^e]. \quad (2)$$

Для того, чтобы соотношение было однородным относительно размерностей, должны выполняться следующие равенства между показателями степеней:

для M: $0 = a + d$;

для L: $0 = -a + b + c - d$;

для θ : $0 = -2a + e - d$.

Решив систему из трех уравнений, подставив полученные значения степеней в формулу (2) и объединив величины, имеющие одинаковые показатели степеней, перепишем (1) в виде

$$K_f = f[(Et/\eta)^a, (\Delta l_{\text{ост}}/\Delta l)^b] \quad (3)$$

Так как $\eta/E = \tau$, (τ – время релаксации материала), а $\Delta l_{\text{ост}}/\Delta l$ можно условно рассматривать как относительное остаточное удлинение ε , то

$$K_f = f[(t/\tau)^a, \varepsilon^b]. \quad (4)$$

Построенные комбинации оказываются безразмерными, а их физическое содержание заключается в следующем:

t/τ – является критерием Деборы и характеризует состояние любого полимерного материала, включая кожу. Теоретически $D \in [0; \infty]$. Возрастание критерия Деборы указывает на приближение к упругому состоянию, приближение к нулю – к вязко-текучему состоянию полимерного материала;

ε – относительное остаточное удлинение как исходная физико-механическая характеристика систем материалов.

Модель, описывающая зависимость величины S/S_0 (K_f) от перечисленных выше факторов, может быть представлена в соответствии с рекомендациями, известными из [4] в виде функции

$$S/S_0 = k \times (t/\tau)^a \times \varepsilon^b, \quad (5)$$

где k – безразмерный коэффициент.

Этот коэффициент является отражением предположения о том, что левая часть уравнения (5) прямо пропорциональна произведению двух степенных функций, стоящих в правой части.

Традиционный подход определений степеней a и b связан с применением метода наименьших квадратов. Уравнение (5) легко сводится к линейному виду с помощью логарифмирования. Используя вместо самих величин их логарифмы, можно определить числовые значения a и b. Однако применение этого метода по отношению к имеющимся экспериментальным данным приводит к отрицательному значению степени b, что лишает уравнения (5) физического смысла. Значения $b < 0$ требуют обратную зависимость между введенным критерием формоустойчивости S/S_0 и остаточным удлинением ε , что противоречит физическому смыслу зависимости между ними. Очевидно, что возрастание S/S_0 невозможно при убывании ε . Вместе с тем оценка допустимых значений степеней a и b, проведенная методом перебора, показывает, что существуют вполне приемлемые значения степеней a и b, лежащие в положительной области. Поэтому вместо метода наименьших квадратов предлагается метод сканирования или перебора. Техника применения этого метода к решению данной задачи состоит в следующем: на показатели степени a и b и коэффициент k накладываются двухсторонние

ограничения, т.е. $a \in (a_{min}; a_{max})$, $b \in (b_{min}; b_{max})$, $k \in (k_{min}; k_{max})$. Для каждой из этих величин задавался шаг варьирования.

Выбор интервалов возможных значений a и b можно осуществлять из общих соображений. Известно, что в реальных производственных системах нелинейные зависимости описываются полиномами не выше третьей степени. Таким образом, a_{max} и b_{max} следует выбирать меньшими или равными 3. Левые границы интервалов возможных значений могут быть установлены, достаточно произвольно, но как уже указывалось, величины a и b должны быть сугубо положительными.

Применяя данный метод, на основе имеющихся экспериментальных данных были установлены числовые значения степеней a, b и коэффициентов k для систем с верхом из натуральной кожи и подкладкой из ткани, трикотажа и нетканого полотна.

Подтверждено соответствие расчетных значений критериев формоустойчивости и найденных экспериментально путем определения изменений площади образцов (ошибка составляет 3%).

Данный теоретический подход может быть использован для определения формоустойчивости различных систем материалов изделий легкой промышленности. Он позволяет сократить объем работ, связанных с оценкой формоустойчивости обуви и в целом качества изделий и упростить механизм оценки.

Список использованных источников

1. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х.Шенк. – Москва : Мир, 1971 – 237 с.
2. Алабужев, П.М. Теория подобия и размерностей. Моделирование. / П.М. Алабужев. – Москва : Высшая школа, 1968 – 206 с.
3. Сена, Л.А. Единицы физических величин и их размерности./ Л.А. Сена. – Москва : Наука, 1988 – 432 с.
4. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем. / Н.П. Бусленко – Москва : Наука, 1978 – 304 с.

SUMMARY

The article describes the development of an assessment criterion for stability of shape of upper material systems under laboratory testing. The factors, influencing this criterion, have been established. These factors include deformation indices of materials, physical state indices of polymeric material, and time of deformation.

A model, described in the article, demonstrates the response of the assessment criterion for stability of shape to the established factors, the article also presents the mechanism of developing this model.

УДК 677.024.83

О ЗЕВООБРАЗОВАНИИ НА ТКАЦКИХ СТАНКАХ С МАЛОГАБАРИТНЫМИ НИТЕПРОКЛАДЧИКАМИ

В.С. Башметов, А.В. Башметов

На рис.1 представлена схема расположения основных нитей верхней 1 и нижней 2 ветвей зева относительно нитепрокладчика 3 и направляющих гребенок 4 на бесчелночных ткацких станках с малогабаритными нитепрокладчиками (станки типа СТБ, СТМ, ТМ1200 и др.).