

SUMMARY

The article is devoted to creating of the theoretical model of cleaning efficiency of carding machine Ч-600-Л1, which taking into account the specific linen properties and cleaning efficiency of rollers of working pair. The theoretical model allows forecasting of the cleaning efficiency of short staple flax fiber at carding machine.

УДК 685.34.03

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО МЕТОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ РЕЛАКСАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.Н. Томашева, В.Е. Горбачик, П.И. Скоков

В условиях производства и эксплуатации изделий из кожи проявляется ярко выраженный релаксационный характер поведения материалов при действии внешних сил. Реологические свойства материалов во многом определяют стабильность размеров и формы изделия во времени, поэтому их изучение является необходимым условием при комплексной оценке качества материалов и разработке рекомендаций по их рациональному и эффективному использованию в процессе производства обуви. Ввиду того, что изучение реологических свойств носит, как правило, длительный характер, особую важность приобретает возможность описания и прогнозирования релаксационных процессов, протекающих в материалах, с помощью различных модельных методов.

В данной работе была исследована релаксация деформации материалов для наружных деталей верха обуви, широко используемых в настоящее время на предприятиях отрасли, а также предпринята попытка описания протекаемых в них релаксационных процессов с помощью обобщенной трехкомпонентной модели Кельвина-Фойгта.

В качестве объектов исследования были отобраны следующие материалы: яловка легкая, яловка эластичная art NEVROR, полукожник эластичный, синтетические кожи на нетканой основе артикулов «Syn-baby», «Неве», марки 2, а также искусственные кожи на тканевой основе марок «CAPRETTO P UNDRUSH», «METLAK» и винилискожа –Т обувная.

Исследование релаксации деформации основывается на длительном растяжении образцов нагрузкой постоянной величины с последующей их разгрузкой и фиксацией в течение опыта изменения величины деформации материалов. Испытание материалов осуществлялось в условиях одноосного растяжения на релаксметре-стойке по методике, описанной в работе [1]. Величина нагрузки, действующей на образцы, задавалась вне связи с разрывной, что соответствует условиям работы пакета верха обуви в процессе ее эксплуатации, и принималась равной 100 Н для всех испытываемых материалов.

Фиксация величины деформации в процессе нагружения материалов и в процессе их отдыха после снятия действующей внешней силы осуществлялась в моменты времени $\tau = 0,08; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 30; 60; 90$ мин. Для периода отдыха дополнительно осуществлялся замер величины деформации через сутки после разгрузки образцов. Регистрация значений деформации в период нагружения производилась с помощью индикатора часового типа ИЧ-2М, а в период отдыха – при помощи штангенциркуля с точностью до 0,01мм.

Размеры используемых образцов принимались равными 200×40 мм, с рабочей длиной 150 мм. Раскрой образцов осуществлялся в направлении наибольшей тягучести материалов (под углом 90°), учитывая то, что при ходьбе именно в поперечном направлении союзка обуви испытывает наибольшее растяжение.

На основании полученных экспериментальных данных строились графики зависимости $\varepsilon = f(\tau)$, представленные на рисунке 1.

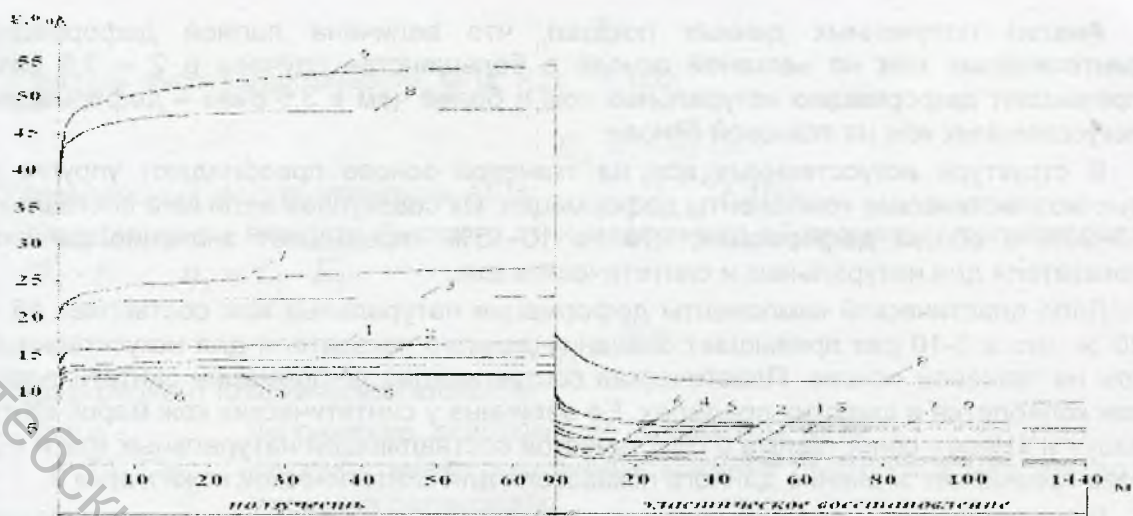


Рисунок 1 – Кривые релаксации деформации материалов: 1 – яловка легкая, 2 – яловка эласт. art. NEVROR, 3 – полукожник эласт., 4 – винилискожа-Т, 5 – ИК «CAPRETTO P UNDRUSH», 6 – ИК «METLAK», 7 – СК «Syn-baby», 8 – СК «Неве», 9 – СК марки 2

Анализ полученных зависимостей показал, что под действием нагрузки у всех исследуемых материалов отмечается нарастание деформации во времени, интенсивность которого существенно отличается для различных по структуре материалов. У натуральных кож и искусственных кож на тканевой основе происходит быстрый рост деформации в течение первых 5 минут нагружения, в дальнейшем ее величина изменяется незначительно. У синтетических кож на нетканой основе заметный рост деформации происходит в течение всего периода нагружения.

В процессе отдыха образцов, после снятия действующей внешней силы, характерно значительное снижение величины деформации для всех исследуемых материалов. При этом наиболее интенсивно релаксация деформации протекает в первые 5-10 минут отдыха. В течение последующих 60 минут интенсивность релаксационных процессов снижается, а по истечении 90 минут после разгрузки величина деформации большинства образцов изменяется незначительно.

На основании полученных экспериментальных зависимостей определялись величины полной деформации образцов, условно-упругая, условно-эластическая и условно-пластическая составляющие деформации, а также были рассчитаны доли каждой компоненты в полной деформации, значения которых представлены в таблице 1.

Таблица 1– Величина полной деформации материалов и ее составляющих

| Наименование материала | Полная деформация, $\epsilon_{\text{полн}}$, % | Составляющие деформации, % | | | Доли составляющих деформации, % | | |
|------------------------|---|----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | $\epsilon_{\text{упр}}$ | $\epsilon_{\text{эл}}$ | $\epsilon_{\text{пл}}$ | $\Delta\epsilon_{\text{упр}}$ | $\Delta\epsilon_{\text{эл}}$ | $\Delta\epsilon_{\text{пл}}$ |
| Яловка легкая | 16,51 | 11,32 | 2,41 | 2,78 | 68,6 | 14,6 | 16,8 |
| Яловка эласт. NEVROR | 14,68 | 10,50 | 1,17 | 3,01 | 71,5 | 8,0 | 20,5 |
| Полукожник эластичный | 22,85 | 16,94 | 2,38 | 3,53 | 74,1 | 10,4 | 15,4 |
| Винилискожа-Т | 12,43 | 9,18 | 2,80 | 0,45 | 73,9 | 22,5 | 3,6 |
| ИК CAPRETTO | 13,46 | 11,51 | 1,68 | 0,27 | 85,5 | 12,5 | 2,0 |
| ИК «METLAK» | 12,31 | 9,36 | 2,30 | 0,65 | 76,0 | 18,7 | 5,3 |
| СК «Syn-baby» | 26,77 | 16,99 | 5,47 | 4,31 | 63,5 | 20,4 | 16,1 |
| СК «Неве» | 48,39 | 30,47 | 9,37 | 8,55 | 63,0 | 19,4 | 17,7 |
| СК марки 2 | 54,39 | 43,81 | 5,70 | 4,88 | 80,5 | 10,5 | 9,0 |

Анализ полученных данных показал, что величина полной деформации синтетических кож на нетканой основе в большинстве случаев в 2 – 3,5 раза превышает деформацию натуральных кож и более чем в 3,5 раза – деформацию искусственных кож на тканевой основе.

В структуре искусственных кож на тканевой основе преобладают упругие и высокоэластические компоненты деформации. Их совокупная величина составляет 95–98% в общей деформации, что на 10–15% превышает значение данного показателя для натуральных и синтетических кож.

Доля пластической компоненты деформации натуральных кож составляет 15 – 20 %, что в 3-10 раз превышает значение данного показателя для искусственных кож на тканевой основе. Пластическая составляющая деформации синтетических кож колеблется в широких пределах. Её величина у синтетических кож марок «Syn-baby» и «Неве» сопоставима с пластической составляющей натуральных кож и в 2 раза превышает значение данного показателя для синтетической кожи марки 2.

Для описания релаксационных процессов в изучаемых материалах использовалась обобщенная трехкомпонентная модель Кельвина - Фойгта, для которой зависимость деформации ε от времени t описывается уравнениями следующего вида:

- для периода нагружения

$$\varepsilon = a_1(1 - e^{-t/\tau_1}) + a_2(1 - e^{-t/\tau_2}) + a_3(1 - e^{-t/\tau_3}), \quad (1)$$

- для периода отдыха

$$\varepsilon = \varepsilon_1 e^{-t/T_1} + \varepsilon_2 e^{-t/T_2} + \varepsilon_3 e^{-t/T_3}, \quad (2)$$

где τ_1, τ_2, τ_3 (T_1, T_2, T_3) – среднее время релаксации (запаздывания) быстропротекающих, замедленных и заторможенных процессов;

a_1, a_2, a_3 – деформация соответственно с быстротекущими, замедленными и заторможенными процессами релаксации в период нагружения;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – компоненты деформации для периода отдыха;

Следует отметить, что нахождение параметров данной механической модели является достаточно трудоемким и длительным процессом. Поэтому в УО «ВГТУ» была разработана программа обработки экспериментальных данных по релаксации деформации материалов, которая позволила количественно описать изучаемые релаксационные процессы в материалах с помощью модели Кельвина-Фойгта, в автоматическом режиме произвести расчет всех параметров данной модели, а также прогнозировать величину деформации образцов в любой момент времени.

В ходе автоматизированной обработки экспериментальных данных было выявлено, что трехкомпонентная модель Кельвина – Фойгта с высокой степенью точности описывает релаксацию деформации исследуемых материалов в период нагружения. Отклонения расчетных значений от эмпирических не превышали 3 %.

Что касается периода отдыха, то используемая модель достаточно точно описывает релаксационные процессы у натуральных и синтетических кож. Значительно хуже описывается релаксация деформации искусственных кож на тканевой основе. В отдельные моменты времени отклонения расчетных значений от экспериментальных достигали 8 – 12%.

С использованием разработанной программы был осуществлен расчет следующих показателей упруго-вязкопластических свойств исследуемых материалов, значения которых представлены в таблице 2:

$$\frac{\sigma}{\varepsilon_1}$$

- модуль мгновенной упругости, МПа : $E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_1} \cdot 100$;

- модуль высокоэластичности, МПа: $E_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_2} \cdot 100$;

$$E_\infty = \frac{\sigma}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \cdot 100,$$

- равновесный модуль упругости, МПа:

- коэффициенты вязкости быстрого η_1 и медленного η_2 процессов релаксации:

$$\eta_1 = T_1 \cdot E_1; \quad \eta_2 = T_2 \cdot E_2;$$

$$\eta_3 = \frac{\Delta t \sigma}{\varepsilon_3};$$

- коэффициент пластической вязкости:

где σ - напряжение, действующее на образцы, МПа.

T_1, T_2 - соответственно постоянные времени быстрого и медленного процесса релаксации;

Δt - время развития пластической деформации (время нагружения).

Анализ полученных показателей показал, что в большинстве случаев для натуральных и синтетических кож характерны более высокие значения модуля мгновенной упругости E_1 и меньшие значения модуля высокоэластичности E_2 , чем для искусственных кож на тканевой основе. Это связано с незначительной подвижностью мелких структурных элементов натуральных и синтетических кож в начальный период эластического восстановления и более высокой подвижностью их крупных структурных элементов в период, характеризующий медленнообратимые процессы релаксации деформации. Как следствие, величина упругой составляющей деформации натуральных и синтетических кож ниже, а доля эластической составляющей, как правило, выше, чем у искусственных кож.

Таблица 2 – Показатели вязкоупругих свойств материалов

| Материал | σ , МПа | E_1 , МПа | E_2 , МПа | E_3 , МПа | η_1 , МПа·с | η_2 , МПа·с | η_3 , МПа·с | T_1 , с | T_2 , с |
|-----------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|
| Яловка легк. | 1,92 | 22,47 | 0,89 | 0,86 | 43,54 | 6,27 | 58,31 | 1,94 | 7,05 |
| Яловка эл. NEVROR | 2,27 | 26,45 | 2,50 | 2,28 | 10,82 | 21,80 | 63,72 | 0,41 | 8,72 |
| Полукожник эластичный | 1,79 | 5,78 | 1,39 | 1,12 | 19,43 | 13,33 | 36,98 | 3,36 | 9,57 |
| Винилискожа-Т обувная | 3,13 | 5,23 | 1,80 | 1,34 | 18,59 | 12,03 | 306,51 | 3,55 | 6,67 |
| ИК CAPRETTO | 2,50 | 4,11 | 3,25 | 1,81 | 4,23 | 25,81 | 354,67 | 1,03 | 7,95 |
| ИК METLAK | 2,78 | 9,81 | 2,43 | 1,95 | 7,54 | 24,71 | 159,16 | 0,77 | 10,12 |
| СК Syn-baby | 3,13 | 2,95 | 0,83 | 0,65 | 2,26 | 7,65 | 55,48 | 0,76 | 9,28 |
| СК «Неве» | 2,50 | 16,95 | 0,38 | 0,37 | 4,50 | 3,54 | 19,92 | 0,27 | 9,31 |
| СК марки 2 | 2,50 | 0,64 | 1,32 | 0,43 | 0,24 | 14,14 | 39,36 | 0,37 | 10,68 |

Коэффициент пластической вязкости искусственных кож превышает значения данного показателя у натуральных и синтетических кож в 3 – 5 раз, что указывает на наличие значительного внутреннего трения между структурными элементами материала при пластической необратимой деформации образцов.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что релаксационные процессы в материалах для наружных деталей верха обуви достаточно точно могут быть описаны с помощью обобщенной трехкомпонентной модели Кельвина-Фойгта. Использование модельного метода позволяет более глубоко изучить закономерности изменения деформации материалов во времени,

осуществлять комплексную оценку реологических свойств материалов с учетом подвижности различных элементов их макро- и микроструктуры, а также прогнозировать величину деформации в любой момент времени.

Список использованных источников

1. Горбачик, В. Е. Исследование релаксации деформации обувных материалов и систем при одноосном растяжении. / В. Е. Горбачик, Р. Н. Томашева. // Техническое регулирование – базовая составляющая управления качеством услуг и изделиями сервиса: Междунар. сб. науч. трудов / ЮРГУЭС. – Шахты : Изд-во ЮРГУЭС, 2005. – 142 с.

SUMMARY

In article are stated results of the study to relaxations to deformation natural and artificial material for top footwear and is studied possibility of the description of the processes to relaxations in data material by means of generalised mechanical model Kelivina-Foygta. The Designed program of the processing experimental given on relaxations of the deformation, allowing quickly and with high degree of accuracy to realize the calculation all parameter to mechanical model Kelivina-Foygta, define importances of the factors viscous-springy characteristic under investigation material and forecast the value to their deformation any time time. Use the model method at study of the relaxations to deformation shoe material promotes the most full estimation their quality and allows to forecast their behaviour in determined condition production and usages footwear.

УДК 677.017

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛУЦИКЛОВОГО ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ

А.А. Кузнецов

Применяемые для оценки качества текстильных нитей и волокон полуцикловые характеристики растяжения не в полном объеме раскрывают все особенности механических свойств текстильных материалов [1].

С целью повышения информативности разрушающих полуцикловых испытаний на растяжение и на основе анализа многообразия форм кривых [1], для описания кривых растяжения в координатах «напряжение σ - относительное удлинение ε » предлагается универсальная математическая модель следующего вида

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{b_0 + b_1 \cdot \varepsilon} + b_2 \cdot \varepsilon^2, \quad (1)$$

где σ – напряжение, возникающее при растяжении волокна (нити), Па; ε – относительное удлинение, %; b_0 , b_1 , b_2 – некоторые параметры модели.

Физический смысл параметров b_0 , b_1 , и b_2 определяется из следующих соображений. Тангенс угла α касательной к кривой растяжения (рис.1) в начале координат характеризует упругие свойства нити.

С одной стороны, для нахождения тангенса угла α касательной к кривой растяжения продифференцируем выражение (1) по ε и устремим ε к нулю: