

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Проведены систематизация и анализ существующих методов оценки упругопластических свойств обувных материалов в условиях одноосного и двухосного растяжения, от которых в значительной степени зависят формуемость, формоустойчивость и приформовываемость верха обуви в процессе производства и эксплуатации. Установлено отсутствие единой методологии определения упругопластических свойств различных по структуре материалов, что обуславливает невозможность их сравнительной оценки. Обозначена необходимость унификации существующих методов испытаний и разработки единых подходов к оценке упругопластических свойств различных материалов для верха обуви.

Ключевые слова: упругопластические свойства, методы испытания, материалы, обувь, формоустойчивость.

R.N. Tomasheva, V.E. Gorbachik

ANALYSIS OF EVALUATION METHODS OF ELASTIC-PLASTIC PROPERTIES OF SHOE MATERIALS

Summary. Existing evaluation methods of the elastic-plastic properties of shoe materials under monoaxial and biaxial stretching were analyzed and systematized. These properties heavily influence formability, dimensional stability and form-adjustability of upper in the process of production and maintenance. However, a unified methodology for determining the elastic-plastic properties of materials with various structures is missing, which makes their comparative estimation impossible. The necessity for the unification of existing evaluation methods, the development of common approaches to the evaluation of elastic-plastic properties of materials with various structures for shoe uppers.

Keywords: elastic-plastic properties; evaluation methods; dimensional stability; form-adjustability; shoe uppers.

Упругопластические свойства материалов заготовки являются определяющим фактором, обуславливающим ряд важных технологических и потребительских свойств обуви (формуемость, формоустойчивость, приформовываемость к стопе). В связи с этим представляет значительный интерес анализ и систематизация существующих методов определения упругопластических свойств материалов и систем материалов для верха обуви.

В настоящее время наиболее распространёнными и часто используемыми в научных исследованиях являются методы испытания материалов в условиях одноосного растяжения. Они позволяют получить широкий круг показателей, характеризующих упругопластические свойства материалов. Определение отдельных показателей стандартизировано в ряде отечественных и зарубежных стандартов. При этом анализ стандартов стран СНГ,

международных стандартов серии ISO и ряда стандартов отдельных зарубежных стран, представленный в таблице, показал, что отмечаются существенные различия не только в условиях испытаний, размерах и форме используемых образцов, но и в комплексе определяемых при этом показателей. Отечественными стандартами в настоящее время предусмотрена оценка упругопластических свойств при одноосном растяжении только для натуральных кож [1] и трикотажных полотен [7]. При этом определяемый круг показателей зачастую оказывается недостаточным для объективной характеристики технологических и эксплуатационных свойств материалов. Что касается искусственных, синтетических кож и большинства текстильных материалов, то оценка их упругопластических свойств отечественными стандартами не регламентируется вообще и предусмотрена лишь в стандартах отдельных зарубежных стран [5, 6, 8].

Помимо стандартных методов испытаний в научных исследованиях используется также большое число разнообразных методов оценки упругопластических свойств обувных материалов [9–13], краткая характеристика которых представлена в таблице. Данные методы отличаются значительным разнообразием условий и параметров испытания образцов, а также их формой и размерами. Испытание материалов чаще всего осуществляется на разрывных машинах. Для характеристики упругопластических свойств материалов помимо стандартных показателей дополнительно используются такие показатели, как пластичность, упругость, рассеивание механической энергии, соотношение $\varepsilon_{\text{ост}}/\varepsilon_{\text{упр}}$, отражающие интенсивность пластических преобразований в материалах под действием нагрузки и обуславливающие их способность формоваться и приформовываться. Следует отметить, что большинство рассмотренных методов не нашли широкого применения и используются главным образом в отдельных научных исследованиях в зависимости от поставленных целей.

Как известно, преимущественным видом растяжения, возникающим в деталях верха обуви при её изготовлении и эксплуатации, является двухосное растяжение. В связи с этим испытания материалов в условиях одноосного растяжения не всегда позволяют объективно охарактеризовать реальное поведение материала в сложных условиях его технологической обработки и эксплуатации.

Это обусловило создание целого ряда методов испытаний, основанных на сообщении образцам двухосного растяжения [14–27]. Основным отличительным признаком данных методов является принцип приложения деформирующих усилий: в плоскости образца, путём давления на образец мембраны, сферического или плоского тела. Некоторые из этих методов стандартизированы. При этом зарубежные стандарты предусматривают гораздо более полную оценку упругопластических свойств материалов при двухосном растяжении по сравнению со стандартами стран СНГ.

**Методы оценки упругопластических свойств материалов
в условиях одноосного и двухосного растяжения**

Наименование стандарта, номер литературного источника	Материалы	Форма и размеры рабочей зоны образцов (мм)	Оборудование	Режимы испытания	Определяемые показатели
1	2	3	4	5	6
ГОСТ 938.11 – 69 [1]; PN – 88/P – 22131 [2]	НК	Лопаточка, 50×10	разрывная машина	$\sigma = 10$ МПа; $\tau_{\text{нагр}} = 10 \pm 0,5$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин.; $\nu = 100 \pm 10$ мм/мин	полное удлинение, %; остаточное удлинение, %; упругое удлинение, %
NF G 52-003 [3]	НК	Лопаточка, 50×10; 20×5; 100×20	разрывная машина	$\sigma = 10$ МПа; $\tau_{\text{нагр}} = 2$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 2$ мин	полное, остаточное и упругое удлинение, %
ISO 3376 – 1976(E) [4]			разрывная машина	σ произвольное	полное удлинение, %
TGL 12972/06–81 [5]	ИК	Прямоугольник, 200×50	разрывная машина	$l_{\text{усл}} = 0,8 l_{\text{разр}};$ $\tau_{\text{нагр}} = 60 \pm 2$ сек.; $\tau_{\text{отд}} = 15$ мин; 24ч.; $\nu = 100 \pm 10$ мм/мин	остаточное удлинение, %
DIN 53360-82 [6]	ИК	Прямоугольник, 200×50	Прибор из двух зажимов	$P = 25; 100; 125$ Н; $\tau_{\text{нагр}} = 30$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин	полное удлинение, %; остаточное удлинение, %
ГОСТ 8847-85 [7]	Трикотажные полотна	Петля из прямоугольника, 100×50	устройства марок ПР-2, ПР-3	$P = 6$ Н; $\tau_{\text{нагр}} = 10$ мин.; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин.; $\nu = 400 \pm 20$ мм/мин	полная и необратимая деформации, %
	Искус. мех на трик. основе	Прямоугольник, 100×50	разрывная машина	$P = 30$ Н	
			релаксметр «стойка»	$P = 2$ кг; $\tau_{\text{нагр}} = 60$ мин.; $\tau_{\text{отд}} = 20$ ч.	
DIN53835.T13-83 [8]	ткани, трикотаж	Прямоугольник ткани 200×60 трикотаж 200×100	разрывная машина	$\varepsilon_{\text{усл}} = 2 \div 50$ % от $l_{\text{раб}};$ $\tau_{\text{нагр}} = 60$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 15$ мин.; $\nu = 20$ мм/с	полное, остаточное, упругое удлинение, %; отношение $\varepsilon_{\text{упр}} / \varepsilon_{\text{полн}};$ сила растяжения, Н, соответствующая заданной деформации

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6
[9, 10]	СК и ИК, текстильные материалы	Прямоугольник СК, ИК: 100×20 ткани: 200×50 трикотаж: 100×50 нетканый материал: 100×50	разрывная машина	СК: $\sigma = 5$ МПа; $\tau_{\text{нагр}} = 10 \pm 0,5$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин; ИК, текстильные материалы: σ при $\Delta l_y = 0,75 l_{\text{разр}}$; $\tau_{\text{нагр}} = 5$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин	полное, остаточное, упругое удлинение, %; пластичность, %; упругость, %; рассеивание (диссипация) механической энергии, Дж
[11]	ИК, ткани	Прямоугольник 200×50	прибор для растяжения	$\Delta l_y = 0,75 l_{\text{разр}}$; $\tau_{\text{нагр}} = 5$ ч; $\tau_{\text{отд}} = 1$ ч	полное, остаточное, упругое удлинение, %
[12]	НК	Прямоугольник, 50×10	прибор ПД	$\varepsilon = 15$ %; $\tau_{\text{нагр}} = 15$ мин $\tau_{\text{отд}} = 5$ мин, 1, 7 суток	остаточная деформация, %
[13]	НК и ИК	Лопаточка, 50×10	разрывная машина	$\varepsilon = 2, 5, 7$ %	остаточная и упругая деформация; соотношение $\varepsilon_{\text{ост}} / \varepsilon_{\text{упр}}$.
ГОСТ 29078-91 [14]	НК	круг, $d_{\text{раб}} = 25$	прибор ПОИК	$h = 8$ мм $\equiv$ $\varepsilon = 21$ %	пластичность = $12,5 h_{\text{ост}}$, %
БДС 12787 [15]; IUZTCS.ZP10 IUP/3) [16]; DIN 53323-74 [17]	НК	круг, $d_{\text{раб}} = 50$	тензомерт Балли»	P = 5, 10, 15 бар	линейное (радиальное) и плоскостное (полное приращение площади) удлинение, %, остаточное линейное и плоскостное удлинение, %
TGL 38728-81 [18]	НК и ИК			в любой момент нагружения; $\tau_{\text{отд}} = 30$ сек	
IUZTCS.SZP11 [19]	НК	круг, $d_{\text{общ}} = 88,9$	Куполообразный пластометр, сферический пуансон с радиусом сферы 51,6 мм	1) при $t = 20 \pm 3$ °С.: $\varepsilon_{\text{общ}} = 15$ %; $\tau_{\text{нагр}} = 24$ ч.; $\tau_{\text{отд}} = 24$ ч.; 7 суток; 2) горячее формование: $h = 13,59$ мм; $\tau_{\text{нагр}} = 60$ мин при $t = 80$ °С + 120 мин в н.у.; $\tau_{\text{отд}} = 24$ ч.; 7 суток	процент посадки (степень сохранности формы), %

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6
ГОСТ 28239-89 [22]	трикотаж	Прямо- угольник, 300×160	устройство СЧД-1	$P = 1000 \pm 10$ г.; $\tau_{\text{нагр}} = 60$ мин.; $\tau_{\text{отд}} = 60$ мин.	остаточная стрела прогиба образца, мм
PN –72/ O – 91131 [20]	НК и ИК	круг, $d_{\text{общ}}=85$	разрывная машина; при- бор для фор- мования	$h_o = 12,2$ мм; $\tau_{\text{нагр}} = 60$ мин. при $t = 60 \pm$ $2^{\circ}\text{C} + 15$ мин. в н.у.; $\tau_{\text{отд}} = 15$ мин.; 7 дней	коэффициент сохранения фор- мы, %
TGL 37428 – 82 [21]	СК и ИК	круг, $d_{\text{общ}}=95$	формующий прибор со сферическим пуансоном	СК: $\varepsilon_{\text{общ}} = 22 \pm$ $0,5$ %; ИК: $\varepsilon_{\text{общ}}=16,5 \pm$ $0,5$ %%; $\tau_{\text{нагр}} = 20$ мин в н.у. + 15 мин при $t = 150^{\circ}\text{C} +$ 20 мин в н.у.; $\tau_{\text{отд}} = 5$ мин; 72 ч.	высота изогнуто- сти, мм, плоско- стное и остаточ- ное плоскостное удлинение, %; эффект стабили- зации $\varepsilon_{\text{ост}}/ \varepsilon_{\text{полн}}$, %
[23]	НК и ИК	круг, $d_{\text{раб}}=50$	тензомер «Балли»	$P = 0,7$ МПа; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин	линейное и пло- скостное удлине- ние, %; остаточ- ное линейное удлинение, %; условная пла- стичность, %
[24]	материалы и системы материалов	круг, $d_{\text{общ}}=85$, $d_{\text{раб}}=60$	прибор ЦНИИКП В 3030, раз- рывная ма- шина	НК: $\varepsilon = 20$ %; ИК, текстиль: $\varepsilon = 10$ %; сис- темы: $\varepsilon = 15$ %; $\tau_{\text{нагр}} = 5$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин	остаточное удли- нение; коэффици- ент формо- устойчивости
[25]		круг, $d_{\text{общ}}=85$, $d_{\text{раб}}=60$		$P = 0,5 P_{\text{разр}}$; $\tau_{\text{нагр}} = 5$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 30$ мин	полное удлине- ние, %; оста- точное удлине- ние, %
[26]	НК и ИК	$d_{\text{раб}}=25$	ПОИК	$h_3 = 8$ мм; $\tau_{\text{нагр}} = 30$; $\tau_{\text{отд}} = 5$ с	остаточная де- формация, мм; показатель формоустой- чивости, %
[27]	Текстиль			$h_3 = 0,4 h_{\text{разр}}$; $\tau_{\text{нагр}} = 30$ сек.; $\tau_{\text{отд}} = 30$ сек.	
[12]	НК	круг, $d_{\text{общ}}=88,9$	пластометр	$\varepsilon = 15$ %; $\tau_{\text{нагр}} = 15$ мин; $\tau_{\text{отд}} = 5$ мин, 1 сутки 7 суток	остаточная де- формация, %
Примечание. Условные обозначения: НК – натуральные кожи; ИК и СК – искусственные и синтетические кожи; ε – относительная деформация, %; τ – время (нагружения или отдыха образцов); P – нагрузка; σ – напряжение; h – высота поднятия пуансона, мм; l – длина, мм; t – температура, $^{\circ}\text{C}$					

В настоящее время в отечественной промышленности стандартизирован только метод испытания натуральных кож на продавливание сферическим пуансоном на приборе ПОИК [14]. В стандартах зарубежных стран для характеристики упругопластических свойств натуральных и искусственных кож используется метод продавливания эластичной мембраной гидравлическим [15–17] или пневматическим [18] способом на тензометрах «Балли», сферическим пуансоном [19–21]. При этом испытания могут осуществляться как в нормальных условиях, так и при повышенной температуре. Для оценки упругопластических свойств используются показатели: линейное (радиальное) удлинение; плоскостное удлинение образца; остаточное линейное и остаточное плоскостное удлинение; отношение остаточного плоскостного удлинения к общему. Определение показателей упругопластических свойств при двухосном растяжении для текстильных материалов стандартизировано только для трикотажных полотен для верхних изделий по ГОСТ 28239–89 [22].

В ряде научных работ разработаны методы оценки упругопластических свойств материалов, основанные на сообщении образцам двухосного симметричного [25] и несимметричного [12, 24, 26–27] растяжения на приборах В3018, В3030 конструкции А.Ю. Зыбина, тензометрах «Балли», ПОИК, куполообразном пластометре, ластометре, отличающиеся от стандартных методов условиями и режимами испытания образцов (таблица). При этом для характеристики технологической пригодности материалов дополнительно вводятся такие показатели как: коэффициент формоустойчивости, условная пластичность.

Таким образом, анализ существующих методов оценки упругопластических свойств материалов показал, что в настоящее время отсутствуют единые подходы к методологии определения упругопластических свойств различных материалов для верха обуви. Используемые методики существенно отличаются по способу и условиям нагружения материалов, размерам и форме используемых образцов, комплексу показателей, используемых для оценки качества исследуемых материалов, что значительно влияет на объективность получаемых результатов и не позволяет получить сравнительную характеристику упругопластических свойств различных по структуре материалов, составляющих заготовку верха обуви. Большинство методов предназначены для исследования упругопластических свойств одиночных материалов, в то время как заготовка верха обуви представляет собой систему разнородных по строению материалов, свойства которой будут значительно отличаться от свойств входящих в неё комплектующих. Всё это обуславливает необходимость:

– унификации существующих методов испытаний материалов на основе их экспериментального сопоставления и разработки единых подходов к оценке упругопластических свойств различных по структуре материалов для верха обуви с целью выявления оптимальных методов и получения сопоставимых результатов;

- создания новых научно обоснованных методов оценки упругопластических свойств материалов и систем материалов для верха обуви;
- снижения размерности признакового пространства и выделения минимального количества наиболее информативных показателей, позволяющих получить наиболее полную и качественную информацию о комплексе упругопластических свойств исследуемых материалов, что позволит существенно упростить и сократить сроки проведения испытаний, а также уменьшить материальные затраты на их выполнение.

Список литературы

1. ГОСТ 938.11–69. Кожа. Метод испытания на растяжение. – Взамен ГОСТ 939–45; введ. 1969–06–10. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 9 с.
2. PN–88/P–22131. Кожа. Определение механических показателей при растяжении. – Взамен PN–70/P–22131. – Стандарт Польши. – 6 с.
3. NF G 52–003 Кожа и кожматериалы. Определение остаточной деформации кожи путём растяжения с постоянной скоростью. – Введ. 1976–07. – Стандарт Франции. – 4 с.
4. ISO 3376–1976 (E). Кожа. Определение прочности на разрыв и удлинение. – Международный стандарт. – 5 с.
5. TGL 12972/06–81. Искусственная кожа. Испытание на растяжение. – 3 с.
6. DIN 53360–82. Метод определения общего растяжения, статического растяжения. – 2 с.
7. ГОСТ 8847–85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. – Взамен ГОСТ 8847–75; введ. 1985–11–28. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.
8. DIN 53835.T 13–83. Текстильные полотна. Определение однократного растягивающего напряжения между постоянными границами растяжения. – 11 с.
9. Жихарев А.П., Краснов Б.Я., Петропавловский Д.Г. Практикум по материаловедению в производстве изделий лёгкой промышленности: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. А.П. Жихарева. – М.: Академия, 2004. – 464 с.
10. Чаха Ян, Мотычка Карел, Свобода Вацлав Физические свойства синтетических кож в сравнении со свойствами натуральных кож // Материалы конференции по выработке и применению синтетических кож. – Боботех, 1969. – 29 с.
11. ВЕМ. Методы испытаний обувных материалов и обуви. Ч. 1. Физические и механические испытания основных обувных материалов и обуви. – Ленинград: Гизлегпром, 1954. – 492 с.
12. Ратаутас А.С., Гачионите Й.А. Методика определения стабильности остаточной деформации кожи // Материаловедение и технология изделий из кожи и тканей: материалы республиканской конференции 1989 г.

- «Достижения технических наук в республике и внедрение их результатов» / Каунасский политехн. ин-т им. А. Снечкуса. – Вильнюс, 1989. – С. 14–15.
13. Промышленность искусственных кож и плёночных материалов // Пути повышения качества и эксплуатационных свойств синтетических кож: обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1986. – Вып. 1. – 52 с.
 14. ГОСТ 29078–91 Кожа. Метод испытания сферическим растяжением. – Введ. 1992–07–1. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 12 с.
 15. БДС 12787–80. Кожа для верха обуви. Определение деформации при двухмерном растяжении тензометром Балли. – Взамен БДС 12787–73. – 4 с.
 16. IUZTCS.SZP10 (IUP/3). Кожа. Метод определения продольного и поперечного удлинения при двумерном растяжении. – 6 с.
 17. DIN 53323–74. Кожа. Определение характеристик напряжение – деформация при испытании на продавливание. – 13 с.
 18. TGL 38728–81. Кожа натуральная и искусственная. Определение поведения в условиях давления и растяжения при испытаниях на продавливание. – 8 с.
 19. IUZTCS.SZP11. Кожа для верха обуви. Метод определения остаточной деформации на пластометре. – 6 с.
 20. PN–72/O–91131. Обувные материалы. Определение коэффициента формоустойчивости.
 21. TGL 37428–82. Обувные материалы. Испытание синтетических материалов для верха обуви. Определение эффекта стабилизации.
 22. ГОСТ 28239–89. Полотна трикотажные для верхних изделий. Метод определения остаточной деформации. – Взамен ГОСТ 8847–85, разд.4. в части метода определения необратимой деформации; введ. 1989–08–18. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 4 с.
 23. Сергеева Г.В., Емельянова З.М. Исследования механических кож хромового дубления, выработанных из сырья повышенных и тяжёлых развесов // Кожевенно-обувная промышленность. – 1983. – № 6. – С. 32–34.
 24. Методика определения формуемости и формоустойчивости обувных материалов и систем обувных материалов. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1985. – 12 с.
 25. Акимова Е.В., Михеева Е.Я., Зыбин А.Ю. Исследование деформационно-прочностных свойств материалов и систем материалов для верха обуви при одноосном и двухосном симметричном растяжении // Совершенствование технологии обувного производства: сб. науч. тр. / под ред. В.П. Рохлина. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1979. – С. 37–46.
 26. Бернштейн М.М., Краснов Б.Я., Евграфова Н.Г. Исследование деформационных свойств натуральной и искусственной кожи // Кожевенно-обувная пром-сть. – 1980. – № 9. – С. 57–59.

27. Макарышева Т.С., Хрипин А.Г., Гуменный Н.А. Методы определения формоустойчивости материалов и обуви // Совершенствование технологических процессов и исследование свойств новых материалов в производстве обуви: сб. науч. тр. / под ред. В.П. Рохлина. – М.: ЦНИИ-ТЭИлегпром, 1985. – С. 38–41.

[В начало к содержанию](#)

УДК 685,311+685.312+685.31.05

Г.А. Бастов, А.А. Виляева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБУВИ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы художественного проектирования различных объектов дизайна на основе компьютерных технологий. В научной работе представлены новейшие разработки в области 3D-печати. Основное направление настоящей работы состоит в исследовании применения 3D-принтера при проектировании новых моделей обуви. Использование новых материалов и технологий может позволить изменить внешний вид обуви. Современные технологии, ранее не используемые в процессе обувного производства, но применяемые в других сферах, также могут упростить процесс производства обуви. Новые технологии обновляют форму, конструкцию и дизайн моделей.

Ключевые слова: обувь, 3D-принтер, 3D-печать, инновации, проектирование.

G.A. Bastov, A.A. Vilyaeva

3D-PRINT IN MODERN SHOE DESIGN

Summary. The use of new materials and technologies can change the appearance of the shoe. Modern technologies, has not previously been implemented in shoemaking process, but they have been applied in other spheres and used to simplify the shoe manufacturing process. They can give new shapes, constructions and design. 3D printing could be a superior way to manufacture shoes. The article deals with the artistic design of various design objects based on computer technology. In a study presented the latest developments in the field of 3D printing.

Keywords: shoes, 3D-printer, 3D-print, innovation, design.

Введение. Целью исследования являются вопросы повышения эффективности деятельности проектировщика, а также совершенствование методики проектирования аксессуаров костюма. Решение поставленной задачи осуществлялось методом анализа современных проблем в области инновационных технологий. Результаты исследований позволили определить значимость современных технологий 3D-печати и возможность их применения в художественном проектировании нового ассортимента обуви.