

УДК 685.34.03:685.34.072

**О. А. Петрова-Буркина<sup>1</sup>, А. П. Дмитриев<sup>2</sup>, А. Н. Буркин<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Институт технической акустики НАН Беларуси  
210023 Республика Беларусь, пр-т Людникова, 13<sup>2</sup> Витебский государственный технологический университет  
210035 Республика Беларусь, Витебск, Московский пр., 72

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ФОРМОВАНИЮ ВНУТРЕННИМ СПОСОБОМ

© 2012, О. А. Петрова-Буркина, А. П. Дмитриев, А. Н. Буркин

*В работе рассмотрена методика определения комплексного показателя для оценки способности обувных материалов к формированию внутренним способом. На основе анализа литературных источников определены показатели, составляющие такую комплексную оценку, указаны их номинальные значения и рассчитан комплексный коэффициент для оценки способности современных натуральных и искусственных кож на тканой основе к формированию внутренним способом ■*

**Ключевые слова** ■ искусственная кожа, натуральная кожа, верх обуви, прочность, деформация, внутренний способ формирования, комплексная оценка

### Complex Evaluation of Shoe Materials Ability to Form by Inner Methods

*The methodology of evaluation of complex indicator for estimating of shoe materials ability to form by inner method was investigated in this work. On the basis of analyses of literature sources the indicators which make up the complex judgement are determined, their nominal values are shown and the complex coefficient for evaluation the ability of modern natural and manmade leathers on the woven basis by inner method is calculated ■*

**Key words** ■ manmade leather, natural leather, shoe upper, strength, inner method of formation, complex analyses

### Введение

В настоящее время для производителей обуви большое значение имеет исследование физико-механических показателей современных материалов, применяемых в деталях верха обуви. Знание таких свойств позволяет эффективно реализовать процесс формирования заготовок верха обуви и тем самым улучшить потребительские свойства и качество выпускаемых изделий. При этом актуальным на наш взгляд является определение комплекса критериев, которые определяют формовочные свойства современных материалов для верха обуви [1, 2].

Формовочные свойства заготовок верха обуви зависят от деформационных свойств материалов, из которых они состоят, а деформационные свойства материалов, в свою очередь, зависят от условий обработки заготовки верха в процессе формирования [2]. Какие же из физико-механических свойств материалов без учета режимов формирования могут составлять комплекс показателей, характеризующих способность материалов к формированию? Анализ многочисленных литературных источников показал, что в настоящее время нет единой точки зрения на поставленный вопрос, также как нет и общего ответа на него. В работах по исследованию процессов формирования обувных материалов среди деформационных характеристик материалов, получаемых одноосным растяжением, можно выделить следующие:

1)  $\epsilon_1$  — относительное удлинение при напряжении 9,81 МПа (%);

2)  $\epsilon_p$  — относительное удлинение при разрыве (%);

3)  $A$  — коэффициент растяжимости или относительное удлинение образца шириной 10 мм при нагрузке в 100 Н;

4)  $\mu$  — коэффициент поперечного сокращения (коэффициент Пуассона);

5)  $K_\phi$  — коэффициент формоустойчивости;

Помимо указанных выше показателей, предлагается ввести следующие:

6)  $K_d$  — коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации;

7)  $K_\Pi$  — коэффициент сохранения прочности при максимальной деформации заготовки в процессе формирования.

Данные характеристики материалов определяются по следующим формулам:

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta L_1}{L} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $\Delta L_1$  — удлинение образца, соответствующее напряжению 9,81 МПа, мм;  $L$  — первоначальная рабочая длина образца, мм;

$$\epsilon_p = \frac{\Delta L}{L} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $\Delta L$  — удлинение при разрыве, мм;  $L$  — первоначальная рабочая длина образца, мм;

$$\epsilon = A \cdot Q^n, \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  — деформация, %,  $A$  — коэффициент растяжимости материала,  $Q$  — усилие, определяемое формулой  $Q = 0,1 \cdot P$  при растягивающей нагрузке  $P$  от 0 до 0,75 от разрывной нагрузки  $P_p$ ,  $n$  — показатель степени;

$$\mu = \frac{\varepsilon_{n,сж}}{\varepsilon_{n,р}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_{n,сж}$  — поперечная деформация сжатия, %;  $\varepsilon_{n,р}$  — продольная деформация растяжения, %;

$$K_\phi = \frac{\varepsilon_{ост}}{\varepsilon_{общ}}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_{ост}$  — относительное остаточное удлинение материала при формовании, %;  $\varepsilon_{общ}$  — относительное общее удлинение материала при формовании, %;

$$K_\delta = \frac{\varepsilon_{ост}}{\varepsilon_{упр}}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_{ост}$  — относительное остаточное удлинение при формовании, %,  $\varepsilon_{упр}$  — относительное упругое удлинение при формовании, %;

$$K_n = \frac{P_i}{P_p}, \quad (7)$$

где  $P_i$  — разрывная нагрузка материала после его предварительной деформации на определенную величину  $\varepsilon_i$  при формовании, Н;  $P_p$  — разрывная нагрузка контрольного образца не подверженного предварительному деформированию, Н.

Однако после определения перечня показателей необходимо определить еще и номинальные их значения, которые очевидно будут существенно отличаться для различных способов формования. Проанализировав все семь выше перечисленных показателей, можно сделать следующие выводы:

— относительное удлинение  $\varepsilon_1$  при напряжении 9,81 МПа может изменяться согласно ТНПА от 15 % до 40 %, а иногда и до 50 %. Например, в работе [3] Зыбин Ю. П. указывает, что  $\varepsilon_1$  составляет 15–19 % для кож, применяемых в обуви внутреннего способа формования, а для других способов формования конкретные рекомендации по этому показателю отсутствуют; относительное удлинение при разрыве  $\varepsilon_p$  должно быть больше величин деформации, возникающих в заготовках верха обуви при формовании, но на какую величину, четких рекомендаций в литературе также нет;

— коэффициент растяжимости  $A$  для натуральных кож согласно исследованиям, проведенных Зурабяном К. М. [4], изменяется в пределах от 8 до 30 % при нагрузке 100 Н, но как использовать данный показатель при различных способах формования материала не объясняется;

— коэффициент поперечного сокращения  $\mu$  для натуральных кож изменяется от 0,5 до 1,4 [3] и считается оптимальным для формования, если его величина близка к единице. Однако неясно как использовать, например, искусственные кожи, у которых значения  $\mu$  составляют широкий диапазон от 0,1 до 0,8, при этом

следует учитывать, что значения  $\mu$  различны при различных величинах деформации;

— коэффициент формоустойчивости материалов  $K_\phi$  определен во многих работах, причем его величина для успешного формования заготовок верха обуви должна быть не менее 0,75 [5];

— коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации  $K_\delta$  введем, как меру оценки способности материала деформироваться наилучшим образом при определенном способе формования;

— коэффициент сохранения прочности  $K_\Pi$  при максимально возможной деформации заготовки в процессе формования предлагается ввести как показатель, оценивающий потребительские свойства материалов. Его величина может быть принята за меру, определяющую степень изменения первоначальных свойств материалов после формования, ухудшение которых может привести в дальнейшем к негативным последствиям при носке обуви.

Таким образом, установлено, что при отсутствии однозначной оценки формовочных свойств материалов еще не определены номинальные значения показателей такой оценки. Интервалы изменения некоторых из указанных выше показателей были установлены только для натуральных кож, тогда как за последнее время ассортимент материалов, применяемых для производства обуви, существенно изменился. Поэтому является актуальным проведение комплекса работ, связанных с разработкой системы критериев, а также комплексного критерия для определения формовочных свойств материалов, установление номинальных значений показателей для их оценки в зависимости от способа формования заготовки верха обуви.

При разработке критериев оценки способности материалов к формованию для обуви внутреннего способа формования будем руководствоваться следующими соображениями:

— относительное удлинение при разрыве  $\varepsilon_p$  должно быть не менее 25 %, так как должно быть больше, чем максимальное удлинение при внутреннем способе формования;

— относительное удлинение при напряжении 9,81 МПа  $\varepsilon_1$  считаем достаточным, если его значение принадлежит интервалу от 15 до 19 %;

— коэффициент растяжимости  $A$  должен быть в пределах 8–30 % при нагрузке 100 Н;

— коэффициент поперечного сокращения  $\mu$  по своему значению обязан быть близок к единице;

— коэффициент формоустойчивости  $K_\phi$  должен быть не менее 0,75;

— коэффициент соотношения остаточной и упругой деформации  $K_\delta$  должен быть приближенно равен 0,67;

— коэффициент сохранения прочности при максимально возможной деформации заготовки  $K_\Pi$  в процессе формования примем номинальным, если его значение не менее 0,7.

Так как при производстве обуви внутреннего способа формования максимальное значение деформации верха обуви в районе носочно-пучковой части состав-

**Таблица 1.** Основные физико-механические показатели материалов

N п/п	Материал	Толщина, <i>h</i> , мм	Разрывная нагрузка, <i>P<sub>p</sub></i> , Н		Относительное удлинение при разрыве, $\epsilon_p$ , %		Относительное удлинение при 9,81 МПа, $\epsilon_1$ , %		Коэффициент растяжимости, <i>A</i>		
			В	П	В	П	В	П	В	П	
1	ИК	1,1 JAWA 001	1,10	376	327	22	26	13	19	6,26	12,59
2		1,1 FOCA 330	1,16	278	30	29	42	24	30	9,02	8,21
3		1,1 RUGAN 001	1,08	400	405	33	33	19	23	8,16	16,08
4		1,1 RUGAN 224	1,18	368	457	32	35	21	25	8,10	15,08
5		1,1 RUGAN 901	1,15	303	371	29	31	21	23	7,34	14,36
6		1,1 ETNA 304	1,22	339	298	30	33	22	27	8,81	15,98
7		1,1 ETNA 317	1,12	245	296	29	36	26	26	9,59	15,23
8		1,1 ETNA 901	1,32	430	414	40	28	27	22	9,61	12,34
9		1,1 BORNOVA 901	1,29	447	555	39	41	25	27	9,31	15,23
10		1,1 RUSTIK 901	1,14	356	375	34	32	21	23	8,44	13,84
11		1,1 RUGAN MUSTANG 901	1,10	313	283	30	34	21	25	7,93	13,70
12		RUGAN SELCUK 001	0,95	314	349	28	31	15	19	7,95	14,79
13	НК	Нарра 2	1,08	221	282	48	42	24	33	4,60	3,62
14		Нарра 3	1,38	381	323	65	51	50	42	6,02	4,34
15		Русская кожа	1,45	442	451	62	48	42	31	2,93	2,42

**Таблица 2.** Физико-механические показатели материалов при 15 %-й деформации

N п/п	Материал	Коэффициент поперечного сокращения $\mu$		Коэффициент формоустойчивости $K_\phi$		Коэффициент соотношения остаточной упругой деформации $K_d$		Коэффициент сохранения прочности $K_\Pi$		
		В	П	В	П	В	П	В	П	
1	ИК	1,1 JAWA 001	0,83	1,23	0,07	0,13	0,07	0,15	0,90	0,72
2		1,1 FOCA 330	0,81	0,89	0,16	0,16	0,19	0,19	0,84	0,86
3		1,1 RUGAN 001	0,96	1,07	0,25	0,20	0,33	0,25	0,97	0,87
4		1,1 RUGAN 224	0,60	0,47	0,18	0,12	0,22	0,14	0,87	0,93
5		1,1 RUGAN 901	0,81	0,42	0,21	0,13	0,27	0,15	0,97	1,00
6		1,1 ETNA 304	0,73	0,34	0,24	0,19	0,32	0,24	0,95	0,95
7		1,1 ETNA 317	0,79	0,91	0,07	0,16	0,07	0,19	0,78	0,82
8		1,1 ETNA 901	0,67	1,17	0,12	0,18	0,14	0,22	0,90	1,00
9		1,1 BORNOVA 901	0,63	0,77	0,17	0,20	0,21	0,25	0,88	0,90
10		1,1 RUSTIK 901	0,41	0,94	0,15	0,17	0,17	0,20	0,99	0,99
11		1,1 RUGAN MUSTANG 901	0,48	0,55	0,16	0,17	0,24	0,21	0,96	0,88
12		RUGAN SELCUK 001	0,53	0,60	0,20	0,12	0,25	0,14	0,94	0,88
13	НК	Нарра 2	0,90	0,69	0,35	0,36	0,54	0,57	1,18	0,72
14		Нарра 3	0,35	0,89	0,27	0,40	0,37	0,67	0,96	1,14
15		Русская кожа	0,81	0,91	0,43	0,41	0,77	0,71	1,39	1,31

ляет около 15 %, значения коэффициентов поперечного сокращения, формоустойчивости, соотношения остаточной и упругой деформации, сохранения прочности должны определяться одноосным растяжением образцов при 15 %-м относительном удлинении.

С целью определения значений указанных показателей были испытаны образцы мягких искусственных кож (ИК) на тканой основе турецкого производства. Для чего на разрывной машине прямоугольные образцы выбранных материалов с рабочей частью 100×20 мм были растянуты на 15 мм ( $\epsilon_{\text{общ}} = 15\%$ ) и выдержаны под нагрузкой в течение одного часа при нормальных

условиях окружающей среды. По величине относительного поперечного сокращения и формуле (4) определены значения коэффициента поперечного сокращения  $\mu$ . После суточной выдержки образцов без нагружения были получены величины относительного остаточного  $\epsilon_{\text{ост}}$  и относительного упругого удлинений  $\epsilon_{\text{упр}}$  и по формулам (5, 6) определены соответствующие коэффициенты  $K_\phi$  и  $K_d$ . Для нахождения значения коэффициента сохранения прочности  $K_\Pi$  деформированные на 15 % образцы после полной их релаксации вновь были подвергнуты одноосному растяжению до разрыва или деструкции материала. По получен-

**Таблица 3.** Значения коэффициентов  $K_i$  для определения комплексного показателя оценки способности к формованию внутренним способом

Материал	$K_1$		$K_2$		$K_3$		$K_4$		$K_5$		$K_6$		$K_7$	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
1.1JAWA 001	1,0	1,0	0,76	0,88	0,79	1,0	0,83	0,77	0,07	0,13	0,10	0,22	0,90	0,72
1.1FOCA 330	1,0	1,0	0,59	0,24	1,0	1,0	0,81	0,89	0,16	0,16	0,28	0,28	0,84	0,86
RUGAN 001	1,0	1,0	0,88	0,65	0,91	1,0	0,96	0,93	0,25	0,20	0,49	0,37	0,97	0,87
RUGAN 224	1,0	1,0	0,76	0,53	1,0	1,0	0,60	0,47	0,18	0,12	0,33	0,21	0,87	0,93
RUGAN 901	1,0	1,0	0,76	0,65	1,0	1,0	0,81	0,42	0,21	0,13	0,40	0,22	0,97	1,00
1.1ETNA 304	1,0	1,0	0,71	0,41	1,0	1,0	0,73	0,34	0,24	0,19	0,48	0,36	0,95	0,95
1.1ETNA 317	1,0	1,0	0,47	0,47	1,0	1,0	0,79	0,91	0,07	0,16	0,10	0,28	0,78	0,82
1.1ETNA 901	1,0	1,0	0,41	0,71	1,0	1,0	0,67	0,83	0,12	0,18	0,21	0,33	0,90	1,00
BORNOVA 901	1,0	1,0	0,53	0,41	1,0	1,0	0,63	0,77	0,17	0,20	0,31	0,37	0,88	0,90
1,1 RUSTIK 901	1,0	1,0	0,76	0,65	1,0	1,0	0,41	0,94	0,15	0,17	0,25	0,30	0,99	0,99
1.1 RUGAN MUSTANG 901	1,0	1,0	0,76	0,53	0,99	1,0	0,51	0,55	0,16	0,17	0,45	0,31	0,96	0,88
RUGAN SELCUK 001	1,0	1,0	0,88	0,88	0,99	1,0	0,53	0,60	0,20	0,12	0,37	0,21	0,94	0,88
Нарра 2	1,0	1,0	0,01	0,02	0,58	0,45	0,90	0,69	0,35	0,36	0,81	0,85	1,18	0,72
Нарра 3	1,0	1,0	0,01	0,01	0,75	0,54	0,35	0,89	0,27	0,40	0,55	1,00	0,96	1,14
Русская кожа	1,0	1,0	0,02	0,01	0,36	0,30	0,81	0,91	0,43	0,41	0,85	0,94	1,39	1,31

**Таблица 4.** Значения комплексного коэффициента  $K_k$  для оценки способности материалов к формованию внутренним способом

N п/п	Артикул материала		Комплексный коэффициент $K_k$		
			В	П	Среднее геометрическое
1	ИК	1,1 JAWA 001	0,44	0,54	0,49
2		1,1 FOCA 330	0,56	0,50	0,53
3		1,1 RUGAN 001	0,72	0,63	0,67
4		1,1 RUGAN 224	0,59	0,48	0,53
5		1,1 RUGAN 901	0,64	0,50	0,57
6		1,1 ETNA 304	0,66	0,51	0,58
7		1,1 ETNA 317	0,41	0,55	0,48
8		1,1 ETNA 901	0,48	0,62	0,55
9		1,1 BORNOVA 901	0,55	0,58	0,56
10		1,1 RUSTIK 901	0,53	0,61	0,57
11		RUGAN MUSTANG 901	0,60	0,54	0,57
12		RUGAN SELCUK 001	0,61	0,53	0,57
13	НК	Нарра 2	0,40	0,39	0,39
14		Нарра 3	0,32	0,42	0,37
15		Русская кожа	0,43	0,39	0,41

ным значениям разрывной нагрузки материала после его предварительной деформации  $P_i$  и разрывной нагрузки контрольного образца  $P_p$  не подверженного предварительному деформированию по формуле (7) найдены значения указанного коэффициента. Для проведения сравнительного анализа также получены аналогичные показатели для натуральных кож (НК) трех артикулов Нарра 2 и Нарра 3 производства Великобритании и Русская кожа, которые применяются для верха обуви на предприятиях концерна «Беллегрпром». Как и для ИК испытания НК проводились одноосным растяжением на разрывной машине ИП 5158–5 по ГОСТ 17316–71 [6].

Полученные результаты приведены в табл. 1 и 2.

Примечание — Условные обозначения: В — направление раскрытия образцов по основе для ИК или вдоль хребтовой линии для НК; П — направление раскрытия образцов по утку для ИК на тканой основе или поперек хребтовой линии для НК.

Комплексный коэффициент оценки формовочных свойств материалов и их пригодности для внутреннего способа формования рассчитывается как среднее геометрическое [7] по формуле (8):

$$K_k = \sqrt[7]{\prod_{i=1}^7 K_i}, \quad (8)$$

По результатам экспериментов найдены значения равнозначных коэффициентов  $K_i (i = 1, 7)$  исходя из следующих соображений:

Коэффициент  $K_1$  принимает значение равно 1, если относительное удлинение при разрыве  $\varepsilon_p$  составляет не менее 20 %, так как деформация заготовки верха обуви при внутреннем способе формования не превышает 15 %, а разрыва материала в процессе формования быть не должно, и  $K_1 = 0$ , если  $\varepsilon_p < 20 \%$ , так как в этом случае считаем материал просто непригодным к формованию.

Значение  $K_2$  находится по формуле:

$$K_2 = \frac{17 - |\varepsilon_i - 17|}{17}, \quad (9)$$

где  $\varepsilon_i$  – относительное удлинение при напряжении 9,81 МПа, и отклонение от его среднего значения равно 17 % в большую или меньшую сторону плохо, так как приблизительно такие напряжения возникают при формовании заготовок верха обуви.

Коэффициент  $K_3$  принимаем равным 1, если коэффициент растяжимости  $A$  находится в пределах от 8 до 30, если  $A < 8$  или  $A > 30$ , то данный коэффициент рассчитываем соответственно по формулам:

$$K_3 = \frac{8 - |A - 8|}{8}, \quad (10)$$

$$K_3 = \frac{30 - |A - 30|}{30}, \quad (11)$$

Величину коэффициента  $K_4$  вычисляем по величине коэффициента поперечного сокращения  $\mu$ , используя формулу

$$K_4 = 1 - |\mu - 1|, \quad (12)$$

Значения коэффициентов  $K_5$  и  $K_7$  равны соответственно значениям коэффициента формоустойчивости  $K_\phi$  и коэффициента сохранения прочности  $K_D$ .

Коэффициент  $K_6$  рассчитываем исходя из значения коэффициента соотношения остаточной и упругой деформации  $K_D$  по формуле

$$K_6 = \frac{0,67 - |K_D - 0,67|}{0,67}, \quad (13)$$

так как  $K_D$  должен быть приближенно равен 0,67.

Полученные по формулам (9-13) значения равнозначных коэффициентов  $K_i (i = 1, 7)$  приведены в *табл. 3*.

Примечание — Значения коэффициента  $K_2$  для НК приняты близкими к нулю, так как относительное удлинение при напряжении 9,81 МПа значительно превышают среднее номинальное значение в 17 % для внутреннего способа формования.

По данным *табл. 3* и по формуле (8) получены представленные в *табл. 4* значения комплексного коэффициента  $K_k$ . Для анализа полученных результатов воспользуемся способом Харингтона [8], согласно которому значения критериев по безразмерной шкале желательности распределяются следующим образом: 0,00–0,20 — очень плохо; 0,20–0,37 — плохо;

0,37–0,63 — удовлетворительно; 0,63–0,80 — хорошо и 0,80–1,00 — очень хорошо.

Таким образом, из исследованных искусственных кож практически все можно отнести к материалам удовлетворяющим требованиям для формования верха обуви внутренним способом. Исследованные натуральные кожи следует отнести скорее к «плохим», а значит, и непригодным для использования в обуви внутреннего способа формования.

### Заключение

Существенно улучшить пригодность материалов для использования в обуви внутреннего способа формования можно тремя путями:

- за счет предварительного проектирования их свойств при производстве, что позволит создать материалы с необходимыми показателями;
- оптимальным подбором материалов в системы, что позволит улучшить формовочные свойства заготовок верха обуви;
- при проектировании заготовок верха обуви с учетом деформационных свойств материалов;
- путем разработки и выбора технологических режимов формования верха обуви.

Исследования показали, что к явно низким показателям искусственных кож на тканой основе относятся два коэффициента  $K_5$  и  $K_6$ . Так как режимы формования заготовок верха обуви существенно влияют на ее формоустойчивость, поэтому значение комплексного коэффициента существенно увеличится при значениях коэффициента формоустойчивости  $K_\phi$  больших 0,75. Значения же коэффициента  $K_6$  можно изменить следующими способами:

- с помощью предварительного деформирования материала в процессе его производства или при изготовлении обуви, что приведет к снятию излишней пластичности;
- за счет разработки новой технологии производства искусственных кож с необходимыми свойствами.

### Список литературы

1. Адигезалов Л. И. Увлажнение, сушка и влажно-тепловая обработка в обувном производстве. — М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. — 136 с.
2. Буркин А. Н. Оптимизация технологического процесса формования обуви: монография. — Витебск: ВГТУ, 2007. — 220 с.
3. Зыбин Ю. П. Технология изделий из кожи: уч. для вузов. — М.: Легкая индустрия, 1975. — 464 с.
4. Зурабян К. М. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: уч. для вузов. — М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. — 384 с.
5. Файбишенко М. А. Влияние различных факторов на формоустойчивость обуви // Кожевенно-обувная пром-ть. — 1965. — №9. — С. 27–33.
6. Кожа искусственная мягкая. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве: ГОСТ 17316–71. — Введ. 01.01.73. — М.: Изд-во стандартов, 1973. — 6 с.
7. Краснов Б. Я. Комплексная оценка качества обувных материалов. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 80 с.
8. Подиновский В. В. Оптимизация по последовательно принимаемым критериям. — М.: Сов. радио, 1975. — 192 с.