

значимых параметров сложных многофакторных систем и методов оптимизации, позволяет получить согласие с экспериментальными данными с относительной погрешностью не более 5 %.

2. Корректирующие коэффициенты к параметрам диффузионно-дрейфовой модели позволяют адекватно описывать электрофизические характеристики наноразмерных МОП-транзисторов и обеспечивают сокращение длительности расчетов в среде современных программных комплексов технологического и приборного моделирования от 2 до 5 раз при отсутствии необходимости анализа большого количества комбинаций значимых параметров.

Литература

1. *Vasileska D., Khan H.R., Ahmed S.S.* Quantum and Coulomb Effects in NanoDevices // Nano-Electronic Devices. 2005. Vol. 4. P. 305-361
2. *Нелаев В.В., Стеллецкий В.Р.* Основы САПР в микроэлектронике. Моделирование технологии и прибора. – Мн.: БГУИР, 2008. – 220 с.
3. *Денисенко В.В.* Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и нанoeлектронике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 408 с.
4. ATLAS User's Manual. Device simulation software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: atlas_users.pdf.
5. *Darwish M., Lentz J.L., Pinto M.R. et al.* An improved electron and hole mobility model for general purpose device simulation // IEEE Trans. Electron Devices. 1997. Vol. 44(9). P. 1529-1538.
6. *Красников Г.Я.* Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. – М.: Техносфера, 2011. – 800 с.
7. *Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Данилюк А. Л. и др.* Нанoeлектроника: Теория и практика. – М.: Бином, 2013. – 366 с.
8. *Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А.* Основы нанoeлектроники: Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2000 – 332 с.
9. *Аоки М.* Введение в методы оптимизации. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
10. *Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К.* Оптимизация в технике. Книга 1. – М.: Мир, 1986. – 349 с.
11. "Well-Tempered" Bulk-Si NMOSFET Device Home Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www-mtl.mit.edu/researchgroups/Well/>.
12. *Боровик А. М.* Исследование значимости параметров модели подвижности Дарвиша для описания токопереноса в наноразмерных МОП-транзисторах // Доклады БГУИР. 2015. № 1. – С. 12-17.

©БГТУ

ФОРМОВОЧНЫЕ СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ДЛЯ ОБУВИ

В.Д. БОРОЗНА, А.Н. БУРКИН

The paper considered the methodologies for assessment of ability of shoe materials to formation by inner way. On the basis of literature sources, indicators were defined, their ratings were indicated and complex coefficient for assessment of ability of fabric-baked artificial leathers to formation by inner way was calculated. The article describes a rapid method of estimating the properties of materials and high cycle loading device. The essence of a technique consists in multi-cycle loading of the bent at an angle sample and in supervision of the emergence of visible defects on its surface

Ключевые слова: формование, формовочные свойства, двухосное растяжение, деформация, качество

В условиях современного рынка большое значение отводится качеству обуви. При этом под качеством понимается как соответствие обуви требованиям, которые объединяют способность ее сохранять привлекательный внешний вид на протяжении всего периода эксплуатации, а также удобство и надежность. Повышенное требование к качеству обуви предопределяет необходимость не только постоянного совершенствования процессов её изготовления, но и повышения контроля качества как непосредственно в процессе производства, так и на предпроизводственной стадии.

В связи с этим исследования свойств материалов применяемых при производстве обуви направленные на повышение качества производимой обуви отечественными предприятиями играет важную роль. На качество обуви влияют физико-механические свойства материалов, так как они подвергаются сложному комплексу различных воздействий, таких как растяжение, сжатие, изгиб. Наибольшей деформации материал подвергается на этапе формования заготовки верха обуви. В работах проведенных ранее [1,2] был разработан комплекс показателей позволяющий оценить формовочные свойства материалов.

Объектами настоящего исследования были выбраны образцы искусственной кожи (ИК) турецкого производства. Испытания образцов ИК проводили на разрывной машине ИП 5158-5 в соответствии с ГОСТ 17316-71. Объем выборки был не менее 10 образцов на каждый вид испытаний. В процессе проведения испытаний образцы с рабочей частью (100x20) мм и растянуты на 15 % и выдержаны под нагрузкой в течение одного часа при нормальных условиях окружающей среды. После чего проводили замеры и по известным формулам [1] определялся коэффициент поперечного сокращения. В последующем образцы выдерживали сутки при нормальных атмосферных условиях и определяли относительное остаточное удлинение $\varepsilon_{ост}$ и относительное упругое удлинение $\varepsilon_{упр}$, а затем формулам представленным в работе [1] рассчитывали соответствующие коэффициенты K_{ϕ} и $K_{д}$. Для нахождения

ния значения коэффициента сохранения прочности K_{Π} деформированные на 15 % образцы после полной их релаксации вновь были подвергнуты одноосному растяжению до разрыва или деструкции основы ИК. По полученным значениям разрывной нагрузки материала после предварительной деформации P_i и разрывной нагрузки контрольного образца P_p не подвергнутого предварительному деформированию найдены значения указанного коэффициента. Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2. Обозначение «В» и «П» соответствуют направлению раскрытия образцов: вдоль и поперек рулона материала.

В результате проведенных исследований установлено, что семь из исследуемых 12 ИК не выдерживают удлинение ε_l при $\sigma = 10$ МПа, что свидетельствует о непригодности их к использованию на ответственные детали верха обуви: носки и союзки. Эти материалы могут быть использованы в комбинированной обуви для таких деталей как: берцы, задники, голенища сапог и т.д. В таблице 2 оставлены только 5 ИК, которые в той или иной мере могут быть использованы в производстве обуви внутреннего способа формования.

Таблица 1 – Физико-механические свойства ИК NUBUK

Материал	Толщина, h , мм	Разрывная нагрузка, P_p , Н		Относительное удлинение при разрыве, ε_p , %		Относительное удлинение при $\sigma=10$ МПа, ε_l , %		Коэффициент растяжимости, A , %/Н	
		В	П	В	П	В	П	В	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUBUK 231	1,39	321	444	25	32	21	18	15	7
NUBUK-232	1,47	357	257	34	29	28	-	2	16
NUBUK 412	1,35	376	273	19	26	14	25	5	10
NUBUK 413	1,33	329	263	25	25	28	-	6	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUBUK-517	1,38	503	334	35	26	16	20	10	13
NUBUK-518	1,36	315	207	24	21	19	-	7	13
NUBUK-520	1,37	288	252	24	27	23	-	4	15
NUBUK 521	1,35	352	262	30	25	20	-	5	12
NUBUK 522	1,42	388	271	29	26	18	-	7	12
NUBUK 524	1,42	255	220	25	21	-	-	3	12
NUBUK-605	1,41	372	406	25	28	19	18	7	17
NUBUK 606	1,58	414	337	35	28	23	25	6	19

Таблица 2 –Показатели свойств ИК NUBUK при 15-% деформации

Материал	Коэффициент поперечного сокращения μ		Коэффициент формоустойчивости K_{ϕ}		Коэффициент соотношения остаточной упругой деформации K_D		Коэффициент сохранения прочности K_{Π}	
	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	0,95	0,95	0,23	0,34	0,30	0,51	0,92	1,03
NUBUK 412	0,67	0,83	0,20	0,18	0,24	0,23	1,08	1,03
NUBUK-517	1,33	0,95	0,35	0,40	0,53	0,56	0,79	0,92
NUBUK-605	0,95	0,95	0,30	0,23	0,43	0,30	1,00	0,90
NUBUK 606	0,95	0,95	0,18	0,30	0,23	0,43	0,97	1,08

Комплексный показатель K_K оценки способности искусственных кож к формованию внутренним способом рассчитан как среднее геометрическое значений K_i по формуле (1):

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

Для определения комплексного показателя все входящие показатели в формулу были переведены в относительные оценки (равнозначные коэффициенты) K_i ($i=1-7$) и определены по формулам, представленные в работе [1]:

K_1 – оценка показателя относительного удлинения при разрыве, ε_p ;

K_2 – оценка показателя относительное удлинение при напряжении $\sigma=10$ МПа;

K_3 – оценка показателя коэффициент растяжимости, A ;

K_4 – оценка показателя коэффициент поперечного сокращения μ ;

K_5 – оценка показателя коэффициент формоустойчивости K_{ϕ} ;

K_6 – оценка показателя коэффициент соотношения остаточной упругой деформации K_D ;

K_7 – оценка показателя коэффициент сохранения прочности K_{II} .
Значения полученных коэффициентов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов K_i для определения комплексного показателя K_k оценки способности ИК к формированию внутренним способом

Материал	K_1		K_2		K_3		K_4		K_5		K_6		K_7		K_k	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	1	1	0,76	0,94	1	0,87	0,95	0,95	0,23	0,34	0,45	0,76	0,92	1,03	0,68	0,84
NUBUK 412	0	1	0,82	0,53	0,67	1	0,67	0,83	0,20	0,18	0,36	0,34	1,08	1,03	0,00	0,86
NUBUK-517	1	1	0,94	0,82	1	1	0,67	0,95	0,35	0,40	0,79	0,84	0,79	0,92	0,75	0,81
NUBUK-605	1	1	0,88	0,94	0,85	1	0,95	0,95	0,30	0,23	0,64	0,45	1,00	0,90	0,75	0,70
NUBUK 606	1	1	0,65	0,53	0,81	1	0,95	0,95	0,18	0,30	0,34	0,64	0,97	1,08	0,60	0,72

Для анализа полученных результатов использован способ Харингтона, согласно которому значения коэффициентов 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 исследуемых ИК NUBUK 231, NUBUK-517 и NUBUK-605 удовлетворяют требованиям для формирования верха обуви внутренним способом в во всех направлениях. NUBUK 606 также удовлетворяет требованиям, хотя и по комплексному показателю не значительно уступает NUBUK 231, NUBUK-517 и NUBUK-605. ИК NUBUK 412 в поперечном направлении попадает в градацию качества «очень хорошо», но в продольном направлении значения комплексного показателя K_k находится в градации «очень плохо». Это показывает, что данную ИК лучше раскраивать поперек рулона материала. Значения отдельных коэффициентов и комплексного позволяет конструкторам и технологам обувных предприятий правильно выбрать материалы для заготовки верха обуви и реализовать выпуск продукции высокого качества.

Для обобщенной и наглядной оценки уровня качества материалов строят диаграмму сопоставления показателей качества, из которой видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения. Из циклограмм («паутина качества») видно, какая площадь занимаемых пятигранников меньше (рисунок 1 и 2). Это свидетельствует о том, что уровень качество и, следовательно, качество изделия по совокупности свойств уступает уровню «идеального» материала для заготовок верха обуви внутреннего способа формирования [3].

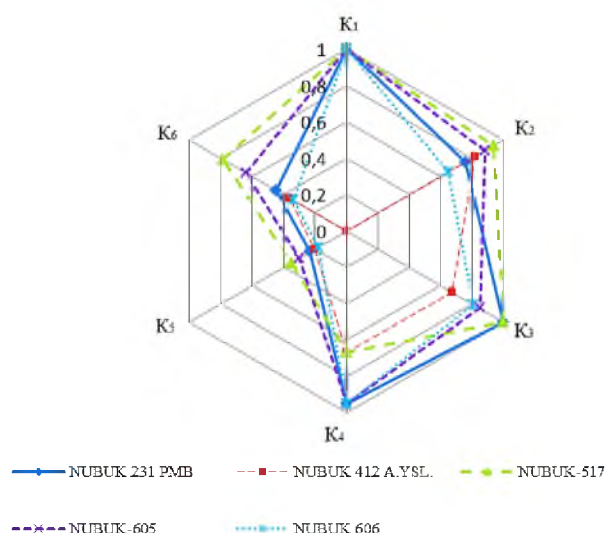


Рис 1 – Циклограмма значения оценок коэффициентов (вдоль)

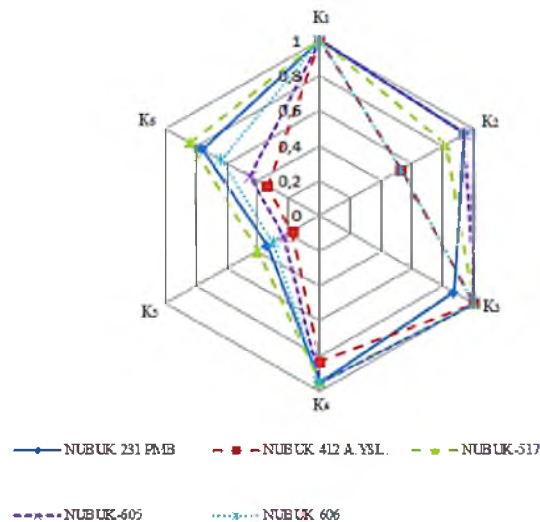


Рис 2 – Циклограмма значения оценок коэффициентов (поперек)

Однако представленные выше критерии достаточно сложно определять на предприятии, поэтому предлагается определить относительное остаточное удлинение и коэффициент запаса прочности (формула 2).

При формировании заготовки верха надо иметь запас прочности, поэтому удлинение материала должно быть в 1,5-2 раза больше, чем требуется для ее посадки на колодку. Величина запаса прочности материала зависит также от конструкции заготовки. Данный критерий позволяет дать характери-

стику материала, т.е. способен ли он выдерживать нагрузки, которые прикладываются к нему в процессе формования. Поэтому за минимальное значение деформации материала берем 22,5% для производства обуви внутренним способом формования (это значение в 1,5 раза больше чем максимально возможные нагрузки, возникающие в процессе формования данным способом) и 45 % - при обтяжно-затяжном способе.

$$K_1 \geq 1,5 \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

где ε – относительное удлинение, мм.

Критерий запаса прочности позволит нам на стадии подготовки производства правильно оценить возможность использования того или иного материала, а знание относительного остаточного удлинения позволит оценить пластичность материалов.

Предложенные критерии позволяют оценить только формоустойчивость статическую – при производстве обуви. Для прогнозирования способности материалов сопротивляться воздействиям при носке (формоустойчивость динамическую) с помощью методики, разработанной нами и изложенной в работе [4].

Сущность методики заключается во вращении изогнутого под углом образца и наблюдением видимых появлений дефектов поверхности исследуемого материала. Для проведения экспресс-методики оценки свойств материалов на многоцикловое нагружение разработан прибор, на который получен патент на полезную модель № 9136 [5]. Для проведения испытаний отбирают элементарные пробы. За партию принимается количество изделий или полуфабриката одного наименования и методов изготовления, оформленное одним документом. Поверхность проб не должна иметь надрывов, царапин, вздутий, шероховатостей, повреждений и других дефектов, видимых визуально. Объектами исследования были взяты ИК NUBUK (таблица 3).

Испытание на изгиб проводят в течение заданного числа циклов или до видимого повреждения поверхности материала или разрушения образца. Включают прибор и выключают его через установленное число циклов или, если требуется определить момент повреждения или разрушения образца, останавливают прибор через определенные интервалы времени для его осмотра.

Заканчивают испытания либо по завершении заданного числа циклов, либо при первом осмотре, при котором на образцах появились признаки дефектов или разрушения. При необходимости записывают общее число изгибов, которым подверглись образцы, и оценивают повреждение их поверхности.

Оценку повреждений поверхности образцов производят с помощью луп типа ЛП1–2,5[×], ЛП1–4[×], соответствующих ГОСТ 25706–83 «Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования» или других с увеличением 10.

Результатом испытаний явилась оценка ИК в баллах по степени проявления дефектов (трещин) на их поверхности. Испытанные образцы классифицируют по следующей бальной шкале, устанавливающей четыре степени повреждения:

4 балла – отсутствие трещин;

3 балла – мелкая сетка;

2 балла – мелкие трещины без разрушения поверхности кожи и испытания покрытия;

1 балл – явно выраженная трещина с разрушением поверхности кожи или осыпанием покрытия.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов испытаний всех образцов кожи, округленное до 1 балла.

Испытания проводились при скорости вращения образца 1340 оборотов в минуту и длились 60 минут для каждого из образцов, что соответствует примерно 80000 циклам изгиба. Количество циклов было выбрано из тех соображений, что в течение 14 суток обувь приформовывается к стопе, т.е. образуются устойчивые складки на поверхности кожи в средней части союзки обуви. Человек в среднем совершает 5000-6000 шагов в сутки, что за 14 суток составит 70000-84000 циклов изгиба средней части союзки обуви.

Результатом испытаний являлось оценка ИК в баллах по степени проявления дефектов (трещин) на их поверхности. По результатам работы можно сделать выводы, что наилучшими показателями стойкости к многократному изгибу обладают ИК NUBUK -517 и NUBUK 606 в продольном направлении. А в поперечном направлении данные кожи не выдерживают заданную нагрузку. ИК NUBUK 231 и NUBUK 412 в поперечном направлении могут применяться в производстве обуви, однако у них при заданной нагрузке появляются незначительные дефекты. Нежелательно применение ИК NUBUK 605 в производстве обуви из-за появления явно выраженных трещин.

Обобщая полученные результаты по исследованиям, можно сделать вывод, что наилучшими формовочными свойствами обладают NUBUK 231 и NUBUK 517. Не смотря на высокий уровень значе-

ния комплексного показателя K_K у ИК NUBUK 605, её нежелательно применять в производстве обуви из-за низкой способности к многократному изгибу. Применение данной ИК снижает качество производимой обуви и удовлетворенность потребителей, что негативно сказывается на имидже отечественных предприятий. ИК NUBUK 412 и NUBUK 606 можно использовать в изготовлении обуви только в том случае, если раскрой деталей заготовки будет осуществляться поперек рулона материала для NUBUK 412 и вдоль рулона для NUBUK 606.

Весомым преимуществом разработанной экспресс-методики является тот факт, что она позволит ускорить испытания на устойчивость к многократному изгибу ИК примерно в 10 раз по сравнению со стандартными методами. Также экспресс-методика позволит провести оценку эксплуатационных свойств материалов для верха обуви при нагружении их количеством циклов, соответствующим гарантийному сроку носки и более, за сравнительно небольшой промежуток времени.

Предложенные методики оценки статической и динамической формоустойчивости позволяют адекватно оценить качество искусственных кож поступающих на предприятия и повысить качество и конкурентоспособность отечественной продукции. Проведение подобного рода работ особенно актуально в связи с расширением товарооборота в рамках Таможенного союза и предстоящим вступлением Республики Беларусь в ВТО. Выполнение работ, связанных с оценкой качества обуви, позволит повысить уровень конкурентоспособности изделий отечественного производства и обеспечить более полное удовлетворение покупательского спроса.

Литература

1. *Борозна, В.Д.* Оценка свойств искусственных кож NUBUK / В.Д. Борозна, А.П. Дмитриев, А.Н. Буркин // Журнал Потребительская кооперация №2 (45) / . – Гомель. – 2014. – С. 62-67
2. *Борозна, В.Д.* Комплексная оценка качества искусственных кож NUBUK / В.Д. Борозна, А.Н. Буркин // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг: междунар. сб. науч. трудов / редкол. : В.Т. Прохоров [и др.] ; Ин-т сферы обслуж. и предпринимательства (филиал) федер. гос. бюдж. образоват. учреждения высш. проф. образования «Донской гос. техн. ун-т» в г. Шахты Рост. обл. (ИСОиП (филиал) ДГТУ). – Шахты : ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2014. – С. 27-30
3. *Кириллов, В.И.* Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие / В.И. Кириллов. – Минск : Новое знание, 2011. – 440 с.
4. *Кукушкина, Ю.М.* Методика оценки свойств материалов на многоцикловое нагружение / Ю.М. Кукушкина, В.Д. Борозна, В.А. Окуневич // Журнал «Стандартизация» №5 (2013)- Минск. – 2013. – С. 62-63
5. Прибор для испытания подошвенных материалов на многократный изгиб: пат. 9136 Республики Беларусь С 14В 99/00, G 01N 3/56 / (BY). / А.Н. Буркин, Е.А. Егорова, К.Г. Коновалов, А.В. Попов, В.Д. Борозна, В.А. Окуневич, М.И. Долган; заявитель и патентообладатель Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет». - № u20120577; заявл. 01.06.2012; опуб. 30.04.2013 // Афишны Бюлетэнь Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2013. - № 2 (91). С. 201-202.

© БНТУ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Е.В. БУТЬКО, М.Ю. БУГЛАК, Ю.П. ЛЕДЯН

This paper is about a new method of intensification of the dissolution process of poorly soluble macromolecular substances. In particular new highly efficient impellers with different design of the blades were developed and constructed. The dissolution process is improved in order to reduce its power consumption, intensification of the dissolution process and increase the effectiveness of the creating solutes

Ключевые слова: растворение, осаждение

Снижение энергозатрат, связанных с осуществлением различных технологических процессов, является в настоящее время одним из актуальнейших направлений развития современных технологий. Одним из направлений этого процесса является использование гидродинамически активных материалов (ГАМ), снижающих потери на трение при течении водных растворов в трубах, а также при обтекании твердых тел (например, корпуса судна) жидкостью.

Одним из наиболее широко применяемых в наше время флокулянтов является полиакриламид.

Проведенные исследования показали, что выполнение поперечных вырезов на лопастях способствует повышению частоты пульсаций давлений и интенсифицируют процесс растворения, тем самым снижая энергозатраты.

Осуществлена разработка основных технических решений и проведены исследования в области оптимизации процесса растворения высокомолекулярных полимеров, применяемых как в качестве гидродинамически активных материалов, так и флокулянтов. Были разработаны и изготовлены новые высокоэффективные импеллеры с различной конструкцией лопастей, существенно интенсифици-