

Литература

1. Горизонт—2020 [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: http://www.hse.ru/data/2012/01/30/1264154381/Горизонт_2020.pdf
2. Лучшие профессии для иммиграции в Канаду // CANADA.BY — Говорим про Канаду [Электронный ресурс]. — 2013. — Режим доступа: <http://canada.by/2013/01/17/luchshie-professii-dlya-immigracii-v-kanadu-2013.html>
3. Миграция в ЕС [Электронный ресурс]. — 2013. — Режим доступа: <http://newsru.com/finance/13jun2013/eumigrntion.html>
4. Новиков, М. Россия занимает второе место в мире по числу мигрантов / М. Новиков // Российская газета [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/09/12/migranty-site.html>
5. Вышэйшыя навучальныя установы Рэспублікі Беларусь 2011—2012 (М-во образования Респ. Беларусь). — Минск, 2012.
6. Артеменко, Е. Человеческий капитал: уехать нельзя остаться / Е. Артеменко, А. Елисеев, А. Пикулик // Belarussian Institute for Strategic Studies: biss [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: <http://www.belinstitute.eu>

Статья поступила в редакцию 15.12.2013 г.

А.Н. Буркин

доктор технических наук, профессор
ВГТУ (Витебск)

А.В. Попов

БГЭУ (Минск)

РАЗРАБОТКА ИЕРАРХИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПОДОШВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГИБЕ

Одним из основных требований к полимерным подошвенным материалам является устойчивость к изгибу. Свойства подошв при изгибе во многом определяют свойства готовой обуви в целом. Поэтому для детального исследования эксплуатационных свойств полимерных материалов (деталей) для низа обуви, необходимо выделить основные факторы, оказывающие влияние на эти свойства, составить их классификацию и выявить наиболее значимые из них.

One of the main requirements for polymeric materials plantar Lamas is resistance to bending. Flexural properties soles largely determine the properties of the finished shoes in general. Therefore, a detailed study of the performance properties of polymeric materials (parts) for the bottom of the shoe, you need to identify the main factors that have influence on these properties, make their classification and identify the most important of them.

Деформационно-прочностные свойства полимерных материалов для низа обуви определяются прежде всего химическим составом.

Снижение плотности резины приводит к значительному уменьшению прочности. Добавление в поливинилхлориды пластификаторов повышает морозостойкость изделия. Чем больше пластификаторов, тем значительнее эластичность и морозостойкость, но при этом гораздо ниже прочность [1].

Содержание стирольных блоков в термоэластопластах (30, 40 или 50 % по массе) определяет их деформационно-прочностные характеристики. С увеличением содержания жестких блоков модуль упругости и прочность возрастают, а относительное удлинение при разрыве уменьшается [2].

При введении в систему полиуретанов функциональных добавок можно придать конечному продукту специальные свойства. Системы для промежуточного слоя комбинированных подошв полиуретан—полиуретан и полиуретан—термополиуретан позволяют менять дизайн низа обуви. В сочетании с термопластичным полиуретаном достигается морозостойкость подошв до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Твердость синтетических материалов для наружных деталей низа обуви зависит не только от вида полимера, но и от температуры окружающей среды. Понижение температуры синтетических подошвенных материалов приводит к изменению исходного показателя.

При понижении температуры твердость всех материалов независимо от их химического состава и строения возрастает, но наиболее существенные изменения наблюдаются при температуре $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ у материалов монолитного строения, изготовленных на основе поливинилхлоридов. Это связано с увеличением сил межмолекулярного взаимодействия и переходом полимерного вещества, входящего в состав материалов, из высокоэластического состояния в стеклообразное.

Фрикционные свойства определяют устойчивость обуви на скользкой поверхности. Они определяются материалом подошвы и способом обработки ее рабочей поверхности, а также материалом набойки или опорной поверхности каблука. Некоторые производители запрессовывают в подошву мелкую металлическую стружку, и это значительно повышает фрикционные свойства обуви [4].

Р.М. Орехова и Б.Я. Краснов провели исследования, в ходе которых было изучено трение подошвенных материалов на модернизированном трибометре Бартенева—Елькина при скорости 200 мм/мин и нормальном усилии 50 Н [5]. Результаты исследований показали, что наибольшие коэффициенты трения материалов наблюдаются при движении по асфальту, а наименьшие — по льду при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, одним из факторов, влияющих на фрикционные свойства деталей низа, является тип опорной поверхности.

Одним из факторов повышения устойчивости к скольжению является рисунок ходовой поверхности подошвы, который также удлиняет срок носки подошв, улучшает их теплозащитные и эстетические свойства [5]. А.А. Авиловым, Б.А. Сафраем и З.А. Гриценко установлено, что только глубокий рисунок ходовой поверхности подошв существенно изменяет сопротивление скольжению. Мелкий рисунок подошв обеспечивает лучшую устойчивость за счет выдавливания рифами тонкой пленки воды, но на льду своих функций не выполняет из-за уменьшения опорной поверхности.

Кроме химического состава, на коэффициенты трения резин влияют пористость и твердость. С увеличением пористости, т.е. снижением плотности, коэффициенты трения растут, а с увеличением твердости — падают.

Амортизационные свойства резины зависят от толщины и модуля упругости. Чем больше толщина и меньше модуль упругости резины, тем лучше она амортизирует нагрузки и меньше изнашивается [5]. При толщине менее 7 мм износостойкость ухудшается из-за уменьшения амортизационной способности, а толщина более 8 мм снижает износостойкость из-за уменьшения сопротивления многократному сжатию.

На эксплуатационные свойства полимерных подошвенных материалов оказывает влияние действие света, приводящее материалы к старению. Резины по-разному реагируют на световое и

тепловое старение. При действии света стареет в основном наружный слой, твердость которого повышается. Интенсивность старения резины резко повышается при ее деформировании.

Одним из видов старения полимерных материалов для низа обуви является деструкция под действием озона. Его концентрация в атмосфере невелика и зависит от климатических условий, времени года, наличия грозных разрядов. В больших городах она особенно велика на расстоянии 5—10 см от уровня земли, т.е. в зоне, где эксплуатируется обувь. Под действием озона и напряжения материал растрескивается. Молекулы полимеров, особенно с двойными связями, активно взаимодействуют с озоном и образуют озониды. На скорость озонного старения материалов влияют степень их деформации, температура среды и химическое старение полимера.

Стойкость материалов к действию агрессивных сред обеспечивается созданием на их основе стойких к хемодеструкции полимеров и других компонентов, а также введением различных добавок. При нарушении условия хранения материалов и эксплуатации изделий возможно действие на них биологических агентов: ферментов, плесневых грибов или бактерий.

Проведенный анализ работ показал многообразие факторов, влияющих на эксплуатационные свойства. Некоторые из факторов представлены в незначительном количестве публикаций, поэтому распределить их по литературным источникам сложно.

На основе вышеописанного составим классификацию выделенных факторов, оказывающих влияние на эксплуатационные свойства подошвенных материалов иерархическим методом. Данный метод характеризуется жесткой структурой классификации, т.е. группировки низших ступеней строго подчинены группировкам высших ступеней [6].

Иерархическая классификация факторов, влияющих на эксплуатационные свойства подошвенных материалов, представлена на рис. 1.



Рис. 1. Иерархическая классификация факторов, влияющих на эксплуатационные свойства подошвенных материалов

Иерархическая классификация имеет три уровня. На первом уровне выделяются факторы производственного и непроизводственного характера. Это связано с тем, что одни факторы оказывают влияние на эксплуатационные свойства подошвенных материалов в процессе производства, а другие — после завершения производственного цикла.

Производственные факторы делятся на технологические и конструктивные. Первые связаны со свойствами применяемых материалов. В эту группу входят химический состав, плотность и пористость материала, строение полимера. Вторые оказывают свое влияние непосредственно в процессе производства подошв и включают в себя толщину подошвы, рисунок ходовой поверхности подошвы, тип опорной поверхности.

Из группы факторов непроизводственного характера на втором уровне классификации можно выделить эксплуатационные факторы и факторы, связанные с упаковкой, хранением и транспортировкой подошв. Первые включают тип опорной поверхности, действие озона, температуру окружающей среды и действие масел, кислот и щелочей (для обуви специального назначения). Вторые включают действие света и действие биологических агентов.

Для выявления значимости факторов был использован опыт, накопленный специалистами, работающими на обувных предприятиях «Сан Марко» и «Белвест». В анкетировании принимали участие технологи, мастера и специалисты отдела технического контроля. В экспертную группу было включено десять человек. Средний стаж работы экспертов составил 12 лет.

Для выявления значимости факторов была разработана анкета, включающая все из них. Их значимость предлагалось оценить, проставив каждому соответствующие ранги. Наиболее значимый (важный) фактор оценивается рангом $R = 1$, а наименее значимый — $R = n$, где n — число факторов.

Первый вариант анкеты включал все выявленные факторы, в процессе анкетирования многие эксперты отметили, что фактор «действие масел, кислот и щелочей» в большей степени оказывает влияние на подошвы обуви специального назначения, условия эксплуатации которой более жесткие, чем у повседневной обуви. Шесть из десяти экспертов сразу предложили исключить данный фактор из разработанной анкеты. После внесения корректировок анкета была предоставлена экспертной группе. Порядок расположения факторов был различным, что исключает его влияние на окончательный результат.

Обработка результатов экспертов проводилась по методике, изложенной в работе [7], с применением табличного процессора Microsoft Office Excel 2007. Ниже подробно описываются все показатели, которые рассчитываются при обработке результатов опроса экспертов в соответствии с применяемой методикой.

По каждому фактору необходимо определить сумму рангов S_i и найти среднюю сумму по следующей формуле:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}, \quad (1)$$

где \bar{S} — средняя сумма рангов; n — количество рангов.

Вычисляется коэффициент значимости каждого фактора Y_i по формуле

$$Y_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n-1)}, \quad (2)$$

где m — количество экспертов.

Из всех факторов n выделяют n_o наиболее значимых, для которых $Y_{io} > 1/n$, и для них определяют коэффициенты значимости по формуле

$$Y_{io} = \frac{mn - S_{io}}{mn_o - \sum_i S_{io}}, \quad (3)$$

где n_o — число оставленных наиболее значимых факторов; S_{io} — сумма рангов для каждого оставленного фактора.

Относительную весомость δ_{io} оставленных факторов определяют по формуле

$$\delta_{io} = \frac{Y_{io}}{Y_{\min}}, \quad (4)$$

где Y_{\min} — минимальный из коэффициентов значимости оставленных факторов.

Далее необходимо определить согласованность экспертных оценок. Для этого вычисляются значения $(S_i - \bar{S})$ и $(S_i - \bar{S})^2$ по каждому фактору. Затем определяется для каждого эксперта фактор T_j одинаковых ранговых оценок по формуле

$$T_j = \frac{1}{12} \cdot \sum_1^u (t_j^3 - t_j), \quad (5)$$

где u — число рангов с одинаковыми оценками у j -го эксперта; T_j — число оценок с одинаковым рангом у j -го эксперта.

Далее определяется коэффициент согласия (конкордации) W по формуле

$$W = \frac{\sum_1^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_1^m T_j}. \quad (6)$$

Оценку значимости коэффициента конкордации проводят по критерию Пирсона χ^2 по формуле (7) и сравнивают его с табличным значением $\chi^2_{0,05}$ для $n - 1$ степеней свободы

$$\chi^2_p = W \cdot m \cdot (n - 1), \quad (7)$$

Табличные значения критерия Пирсона приведены ниже.

Значения критерия Пирсона

$n - 1$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\chi^2_{0,05}$	7,8	9,5	11,1	12,6	14,1	15,5	16,9	18,3	19,7	21,0	22,4

При $\chi^2_p > \chi^2_{0,05}$ величина W считается значимой.

Все оценки экспертов были сведены в общую таблицу. На базе табличного процессора Microsoft Office Excel кафедрой стандартизации была разработана программа, алгоритм которой позволяет быстро оценить значимость рассматриваемых факторов и определить согласованность мнений экспертов путем автоматического расчета всех вышеописанных показателей и сравнения расчетного значения критерия Пирсона с табличным.

В сводной таблице выделенные факторы зашифрованы следующим образом: X1 — химический состав материала; X2 — строение полимера; X3 — плотность материала подошвы; X4 — пористость материала подошвы; X5 — толщина подошвы; X6 — рисунок ходовой поверхности подошвы; X7 — конструкция подошвы; X8 — температура окружающей среды; X9 — тип опорной поверхности; X10 — действие света; X11 — воздействие озона; X12 — воздействие биологических агентов при нарушении правил хранения, упаковки, транспортировки. На рис. 3 представлен результат работы программы в виде сводной таблицы, которая содержит экспертные оценки факторов, влияющих на эксплуатационные свойства подошвенных материалов, расчетное значение коэффициента конкордации и критерия Пирсона.

Шифр экспертов	Ранговые оценки факторов X												Сумма рангов	Tj	
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12			
1	1	10	11	5	4	2	6	3	7	8	9	12	78	0	
2	1	5	4	6	11	3	10	2	7	9	8	12	78	0	
3	3	4	5	6	7	2	10	1	9	11	8	12	78	0	
4	1	3	8	6	4	2	9	5	7	11	10	12	78	0	
5	1	4	8	7	5	2	9	3	6	10	11	12	78	0	
6	1	4	5	8	7	6	2	3	10	9	11	12	78	0	
7	2	5	4	6	1	3	9	8	7	10	12	11	78	0	
8	2	4	8	7	5	1	9	3	6	10	11	12	78	0	
9	1	4	3	6	5	2	8	7	10	9	12	11	78	0	
10	1	3	4	7	5	2	8	6	10	9	11	12	78	0	
11													0	0	
12													0	0	
Si	14	46	60	64	54	25	80	41	79	96	103	118	780	0	
mn-Si	106	74	60	56	66	95	40	79	41	24	17	2	-660		
Vi	0,16	0,11	0,09	0,08	0,1	0,14	0,06	0,12	0,06	0,04	0,03	0	-1		
Vio	0,2	0,14	0,11	0,1	0,12	0,18	-----	0,15	-----	-----	-----	-----	-----		
bio	1,89	1,32	1,07	1	1,18	1,7	-----	1,41	-----	-----	-----	-----	-----		
Si-Scp	-41,2	-9,17	4,83	8,83	-1,17	-30,2	24,8	-14,2	23,8	40,8	47,8	62,8			
(Si-Scp)^2	1695	84	23,4	78	1,36	910	617	201	568	1667	2288	3948	12080,33		
Коэффициент согласия (конкордации)								0,84	значим						
Критерий								92,9							

Рис. 2. Экспертная оценка факторов, оказывающих влияние на эксплуатационные свойства подошв

Таким образом, наибольшее влияние на эксплуатационные свойства полимерных материалов для низа обуви оказывают производственные факторы. Экспертами была отмечена

значимость практически всех конструктивных и технологических факторов. Из группы производственных факторов была выделена только температура окружающей среды (эксплуатационный фактор).

По мнению экспертов, наиболее значимыми факторами оказались следующие: химический состав материала, строение полимера, плотность материала подошвы, пористость материала подошвы, толщина подошвы, рисунок ходовой поверхности подошвы и температура окружающей среды.

В результате ранжирования выделенных факторов была построена средняя априорная диаграмма рангов (рис. 3), на которой факторы расположены в порядке уменьшения их значимости и явно видны наиболее и наименее значимые факторы.

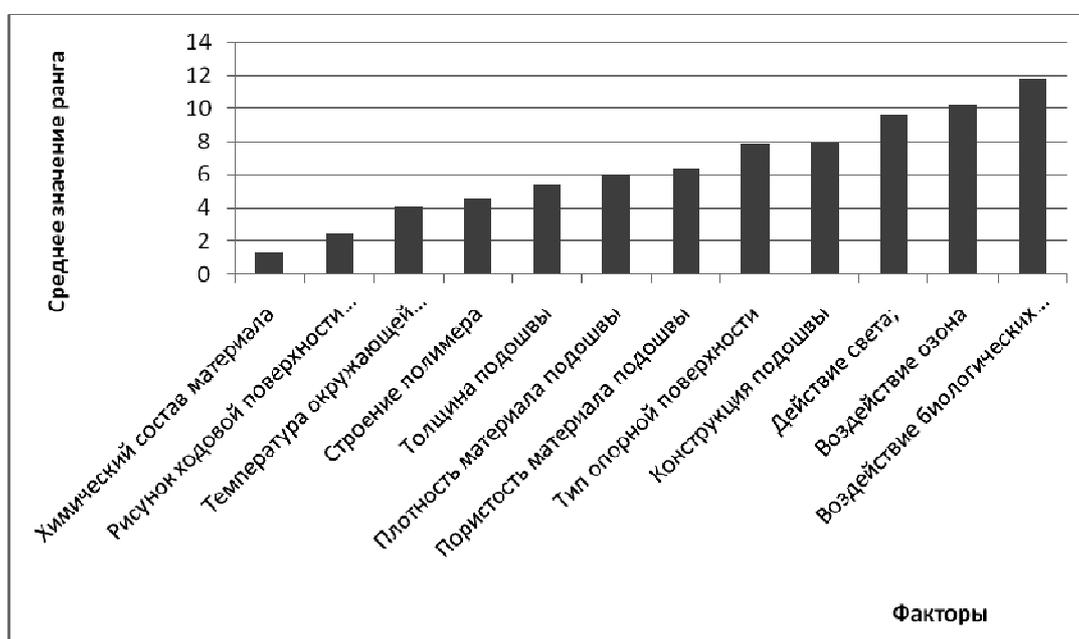


Рис. 3. Диаграмма распределения факторов по их значимости

Наиболее значимыми факторами эксперты признали химический состав материала, рисунок ходовой поверхности подошвы и температура окружающей среды. Эти факторы имеют наименьший средний ранг. Химический состав материала в значительной степени определяет механические свойства и влияет на срок службы подошв, поэтому он был признан наиболее значимым фактором.

Рисунок ходовой поверхности подошвы определяет фрикционные свойства подошв обуви. При грамотном построении пресс-форм значительно снижается возврат готовой обуви и увеличивается время эксплуатации подошвы.

Температура окружающей среды в значительной степени влияет на твердость подошвы. Кроме того, данный фактор является определяющим при формировании обувных коллекций для различных сезонов носки и выбора материалов низа обуви.

Наименее значимыми факторами эксперты признали воздействие света, озона и биологических агентов. Данные факторы в меньшей степени влияют на эксплуатационные свойства полимерных подошвенных материалов, их действие редко является определяющим.

Для оценки степени согласия специалистов был найден коэффициент конкордации, равный 0,84. Для оценки значимости коэффициента конкордации был рассчитан критерий Пирсона. В данном случае он составил 92,9. Это свидетельствует о том, что коэффициент конкордации является значимым, результатам экспертной оценки можно доверять, мнение экспертов согласованно, а данное ранжирование является достоверным.

Литература

1. Обувные подошвы, мужские и женские — подошвы из ТЭП, ПВХ, Релакса — производство и продажа // Титрус. Сырье, комплектующие и оборудование для производства обуви и кожгалантереи [Электронный ресурс]. — 2013. — Режим доступа: <http://www.titrus.ru>
2. Термоэластопласты // XuMuk.ru — сайт о химии [Электронный ресурс]. — 2013. — Режим доступа: <http://www.xumuk.ru>
3. ЭВА // Ведущий российский поставщик полимерных материалов — «Руспласт» [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: <http://www.rusplast.com>
4. Идеальная пара // Центр эксклюзивных размеров обуви [Электронный ресурс]. — 2013. — Режим доступа: <http://www.obuvexsize.ru>
5. Зурабян, К.М. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: учеб. для студентов вузов / К.М. Зурабян, Б.Я. Краснов, Я.И. Пустыльник. — 2-е изд., изм. и доп. — М.: Информ-Знание, 2003.
6. Товароведение непродовольственных товаров: учеб. / В.Е. Сычко [и др.]; под ред. В.Е. Сычко. — 2-е изд. — Минск: Выш. шк., 2006.
7. Методические материалы к лабораторным занятиям по дисциплине «Основы экспертизы» для студентов специальности 1-25.01.09 «Товароведение и экспертиза товаров» / Витебск. гос. технол. ун-т; сост. Е.М. Лобацкая. — Витебск, 2005.

Статья поступила в редакцию 24.12.2013 г.