

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2023, Том 8, № 1 / 2023, Vol. 8, Iss. 1 <https://kostumologiya.ru/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/08TLKL123.pdf>

Дата поступления: 04.03.2023 / Дата публикации: 15.05.2023

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Карабанов, П. С. Концепция прогнозирования формоустойчивости деталей низа обуви из пористых материалов / П. С. Карабанов, В. В. Костылева, С. В. Юревич // Костюмология. — 2023. — Т. 8. — № 1. —

URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/08TLKL123.pdf>

**For citation:**

Karabanov P.S., Kostyleva V.V., Yurevich S.V. Prediction of shape stability of footwear bottom parts made of porous materials. *Journal of Clothing Science*. 2023; 8(1): 08TLKL123. Available at:

<https://kostumologiya.ru/PDF/08TLKL123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УКД 685.34.017.82

ББК 37.255

**Карабанов Пётр Степанович**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»  
Новосибирский технологический институт (филиал), Новосибирск, Россия  
Заведующий кафедрой  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: p.s.karabanov@mail.ru

**Костылева Валентина Владимировна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия  
Заведующая кафедрой  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: kostyleva-vv@rguk.ru

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=353612](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=353612)

**Юревич Светлана Валерьевна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»  
Новосибирский технологический институт (филиал), Новосибирск, Россия  
E-mail: svetaurev@mail.ru

**Концепция прогнозирования  
формоустойчивости деталей низа обуви  
из пористых материалов**

**Аннотация.** В условиях современного рынка большое внимание отводится качеству производимых товаров, которое понимается как соответствие его требованиям, предъявляемым со стороны покупателей. Оценка свойств материалов и обуви в целом проводится на основе соответствующих нормативных документов. На этом фоне оценка формоустойчивости деталей низа обуви, которая является одним из важнейших показателей качества материалов и обуви, никак не регламентируется. Формоустойчивость является не только важной составляющей эстетических свойств обуви, но и определяет ее удобство. Кроме того, показатель формоустойчивости обуви позволяет косвенно судить об эффективности технологических процессов, совершенстве используемого оборудования и оснастки, а также соответствии используемых материалов конструкциям обуви различного назначения.

В настоящей статье представлена концепция прогнозирования формоустойчивости деталей низа обуви из пористых материалов по их остаточной деформации при статическом сжатии. На основе литературных источников положено, что пороговые значения остаточной деформации, при которых сохраняется формоустойчивость деталей низа обуви, находятся в интервале 15...30 %.

Разработана модель зависимости остаточной деформации образцов подошвенных материалов от их плотности и длительности статического сжатия, которая позволяет прогнозировать формоустойчивость деталей низа обуви из материалов разной плотности. Установлена зависимость степени формоустойчивости подошвенных материалов от их плотности. Предложено диапазон плотности пористых материалов разделить на четыре интервала, в пределах которых обеспечивается высокая, достаточная, частично достаточная и неудовлетворительная формоустойчивость деталей низа обуви. Даны рекомендации по применению пористых подошвенных материалов для различных типов обуви.

**Ключевые слова:** формоустойчивость; детали низа обуви; сжатие; остаточная деформация; плотность; длительность сжатия; прогнозирование

### Актуальность

Проблеме обеспечения формоустойчивости верха обуви посвящено значительное количество экспериментальных и теоретических исследований, обобщенных в работах<sup>1</sup> [1–8], на основе которых разработаны практические рекомендации для производства изделий из кожи. При этом вопросам оценки формоустойчивости деталей низа обуви не уделялось внимание. Отчасти это обусловлено тем, что для деталей низа применяются в основном непористые материалы или композиции невысокой пористости, которые заведомо сохраняют форму в течение установленного срока эксплуатации обуви.

В последние десятилетия разработаны эффективные средства и технологии получения подошвенных композиций низкой плотности, которые обладают рядом преимуществ перед непористыми (легкость, эластичность, повышенные теплозащитные и амортизационные характеристики, снижение расходов материалов на изделия) [9]. Препятствием для более широкого использования подошвенных материалов низкой плотности является их невысокие механические свойства и отсутствие четких рекомендаций по их применению в производстве обуви.

Отметим, что при эксплуатации обуви детали низа испытывают растяжение, сжатие и изгиб<sup>2</sup>, однако основной деформацией, вызывающей потерю их формы, является сжатие<sup>3</sup>.

В настоящей работе проведена оценка устойчивости пористых подошвенных материалов к сжатию при различной длительности их статического нагружения. Результаты этих исследований позволяют разработать рекомендации по выбору пористых подошвенных материалов для различных типов обуви, обеспечивающие требуемую формоустойчивость деталей низа и повышение эксплуатационных характеристик конструкций изделий в целом.

<sup>1</sup> Фукин, В.А. Технология изделий из кожи: учебник для вузов. В 2 ч. / В.А. Фукин, А.Н. Калита — Москва: Легпромбытиздат, 1988. — 272с. — ISBN 5-7088-0180-8.

<sup>2</sup> Конструирование изделий из кожи: учебник / Ю.П. Зыбин, В.М. Ключникова, Т.С. Кочеткова, В.А. Фукин — Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 264 с.

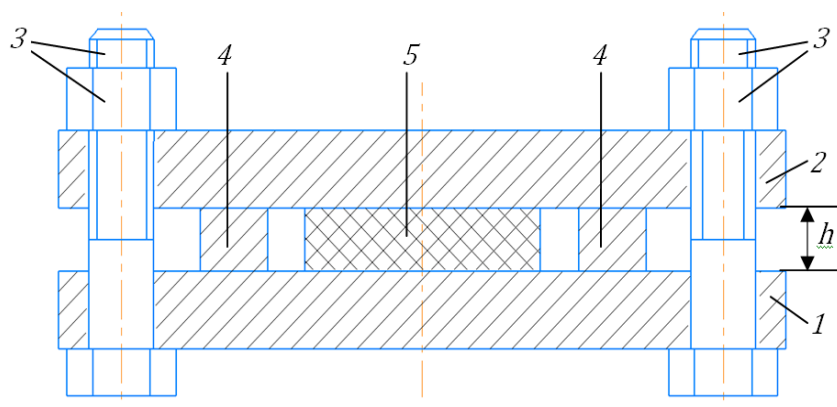
<sup>3</sup> Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Жихарев, Д.Г. Петропавловский, С.К. Кузин, В.Ю. Мишаков — Москва: Академия, 2004 — 448 с. — ISBN 5-7695-1468-X.

Эти исследования проводятся в рамках подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Юревич Светланой Валерьевной и их результаты предполагается внедрить в учебный процесс кафедры «Технология и конструирование изделий из кожи и упаковочное производство» Новосибирского технологического института (филиала) Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина в виде учебных пособий.

### Методы исследования

Формоустойчивость пористых подошвенных материалов оценивали по величине остаточной деформации образцов по ГОСТ Р ИСО 815-2-2017<sup>4</sup> после их сжатия на 25 % при различной длительности нагружения. Этот метод оценки отличается простотой, но позволяет получить надежную информацию о стойкости материалов к сжатию. Очевидно, что максимальная непрерывная длительность статического нагружения (168 часов), которую регламентирует ГОСТ, моделирует нагрузку сжатия на детали низа обуви в течение всего периода ее эксплуатации. Однако слабой стороной метода является отсутствие нормативных значений остаточной деформации материала, гарантирующих формоустойчивость деталей низа обуви. В литературных источниках<sup>5</sup> имеются лишь данные о том, что формоустойчивость деталей обуви сохраняется, если остаточная деформация их сжатия не превышает 15...30 %. В настоящей работе оценка результатов исследований и соответствующие выводы основаны на указанных количественных данных.

В качестве образцов подошвенных материалов использовали широко применяемые в производстве обуви композиции на основе сополимера этилена с винилацетатом (ЭВА) разной плотности. Для исследований формовали пластины разной плотности толщиной 12 мм из композиции марки EcoLine, из которых вырубали образцы в виде цилиндрических дисков диаметром 29 мм. Статическое сжатие образцов проводили на приспособлении, представленном на рисунке 1.



1 и 2 — зажимные пластины; 3 — болтовое соединение; 4 — проставки; 5 — сжимаемый образец;  $h$  — высота проставки

**Рисунок 1.** Приспособление для сжатия образцов подошвенных материалов (составлено автором)

<sup>4</sup> ГОСТ Р ИСО 815-2-2017 Резина и термоэластопласты. Определение остаточной деформации при сжатии. Часть 2. Испытание при низких температурах. Национальный стандарт РФ: дата введения 2019-01-01 / Изд. официальное. — Москва: Стандартинформ, 2017. — 14 с. (дата актуализации 01.01.2021).

<sup>5</sup> Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Жихарев, Д.Г. Петропавловский, С.К. Кузин, В.Ю. Мишаков — Москва: Академия, 2004 — 448 с. — ISBN 5-7695-1468-X.

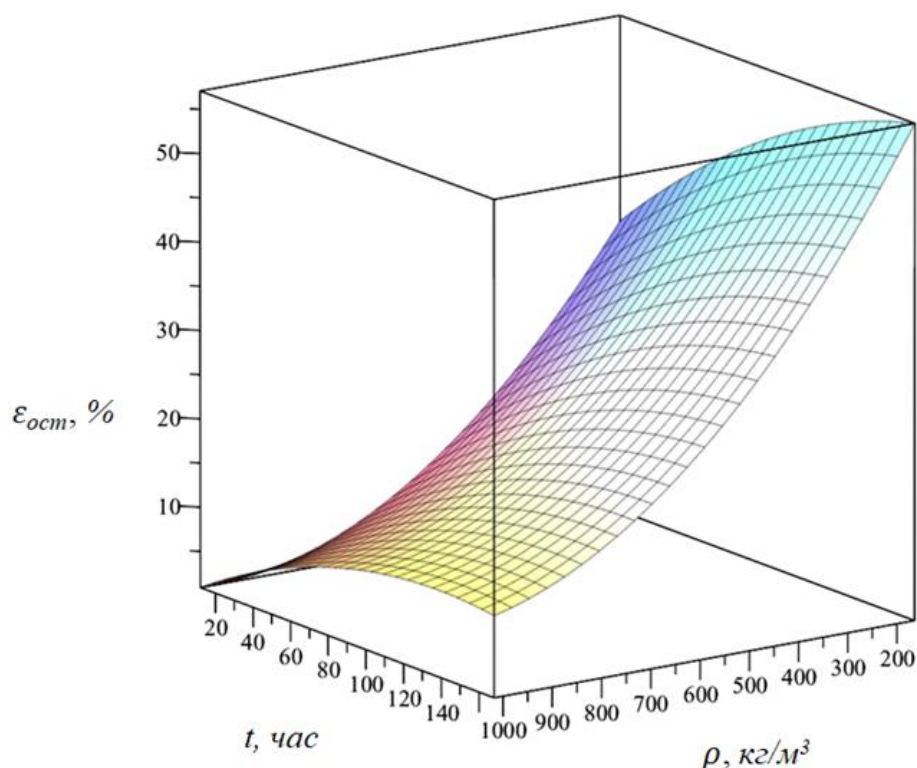
Для требуемой деформации образца 5 устанавливали необходимый зазор  $h$  между пластинами 1 и 2 с помощью болтового соединения 3. При этом пластина 1 опиралась на проставки 4, толщина которых обеспечивала требуемое сжатие материала.

Решение поставленной задачи проводили с применением математических методов планирования и анализа эксперимента [10]. В эксперименте исследуемым параметром являлась остаточная деформация  $\varepsilon_{ост}$  образцов после снятия нагрузки и их пролежки в течение 30 мин, а воздействующими на параметр  $\varepsilon_{ост}$  факторами плотность  $\rho$  подошвенного материала и длительность  $t$  его статического сжатия.

Диапазон варьирования плотности  $\rho$  материала выбран в пределах от 164 до 1018 кг/м<sup>3</sup>, в котором выпускаются композиции на основе ЭВА, а длительности статического сжатия образцов от 12 до 168 час.

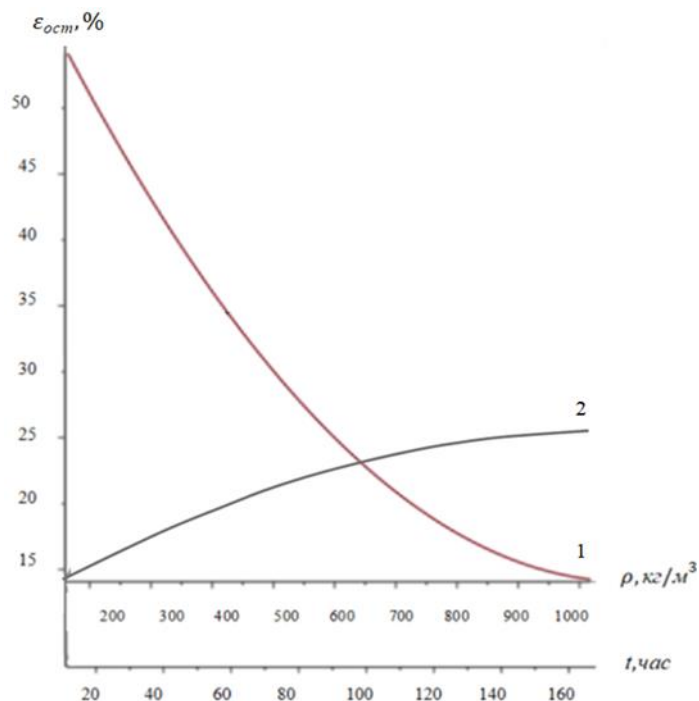
### Результаты и обсуждение

После проведения экспериментов в соответствии с матрицей планирования второго порядка (линейная модель исследуемых зависимостей неадекватна), обработки экспериментальных данных и необходимых критериальных расчетов получено уравнение регрессии вида  $\varepsilon_{ост} = f(\rho, t)$ . Картина исследуемых закономерностей представлена в виде геометрического образа, которой разработан в среде прикладного пакета программ Maple — 2017 (рис. 2).



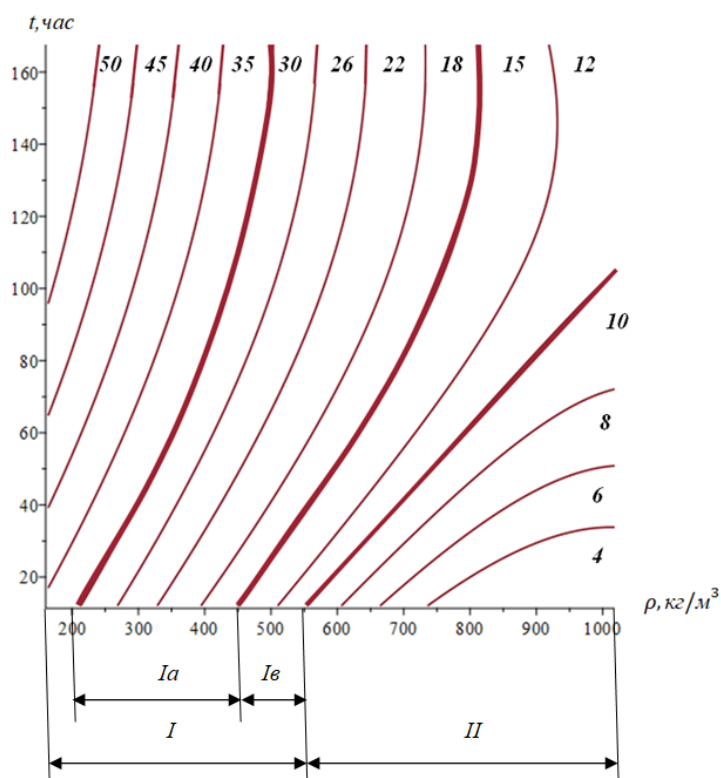
**Рисунок 2.** Геометрический образ зависимости параметра  $\varepsilon_{ост}$  от факторов  $\rho$  и  $t$  (составлено автором)

Из рисунка 2 следует, что плотность материала оказывает более значительное влияние на остаточную деформацию образцов, чем длительность их сжатия. Это наглядно иллюстрируется зависимостью параметра  $\varepsilon_{ост}$  от каждого из факторов  $\rho$  и  $t$  отдельно (при среднем значении другого), которая представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Зависимость параметра  $\epsilon_{ост}$  от факторов  $\rho$  при  $t = 90$  часов (кривая 1) и от  $t$  при  $\rho = 591 \text{ кг/м}^3$  (кривая 2) (составлено автором)

Количественная характеристика влияния факторов  $\rho$  и  $t$  на параметр  $\epsilon_{ост}$  представлена на рисунке 4 в виде серии кривых равных значений показателя  $\epsilon_{ост}$ .



**Рисунок 4.** Кривые равных значений остаточной деформации  $\epsilon_{ост}$  подошвенных материалов: I, Ia, Ib и II — интервалы плотности материала, обеспечивающие различную степень формоустойчивости деталей низа обуви. Цифры и кривых — значения параметра  $\epsilon_{ост}$  (составлено автором)

Перейдем теперь к анализу полученных закономерностей. Прежде всего отметим, что по характеру зависимостей на рисунке 4 их можно подразделить на две группы. К первой группе отнесены кривые для  $\varepsilon_{\text{ост}} > 10\%$ , а ко второй — для  $\varepsilon_{\text{ост}} < 10\%$ . Эти группы разделяет пропорциональная зависимость при  $\varepsilon_{\text{ост}} = 10\%$ , которая на рисунке 4 показана утолщенной линией.

Заметим, что для кривых первой группы с увеличением плотности  $\rho$  материала длительность их сжатия возрастает экспоненциально, а для второй — растет с замедлением. На рис. 4 цифрами I и II отмечены интервалы плотности исследуемых образцов, соответствующие кривым первой и второй групп.

Из этого анализа вытекают следующие выводы. Во-первых, можно считать, что значения плотности материала, соответствующие зависимостям группы II ( $\rho > 550 \text{ кг/м}^3$ ), заведомо способны обеспечить формоустойчивость деталей низа обуви. Это утверждение основано на том, что рост остаточной деформации  $\varepsilon_{\text{ост}}$  в течение периода сжатия образцов происходит с замедлением и не переходит в стадию экспоненциального роста параметра  $\varepsilon_{\text{ост}}$ . Следовательно, подошвенные материалы плотностью свыше  $550 \text{ кг/м}^3$  можно рекомендовать для деталей низа всех типов обуви, в том числе эксплуатируемой при повышенных нагрузках.

Напротив, плотность материала, соответствующая зависимостям группы I ( $\rho < 550 \text{ кг/м}^3$ ) не гарантирует формоустойчивость деталей низа обуви в течение всего периода носки обуви из-за стремительного роста остаточной деформации на конечных этапах ее эксплуатации. Однако можно считать, что подошвенные материалы плотностью от  $450$  до  $550 \text{ кг/м}^3$  можно применять в обуви, которая не предназначена для эксплуатации при экстремальных нагрузках. Этот вывод основан на том, что кривые равных значений остаточной деформации для указанного диапазона плотности материала не превышают 15-ти процентного порога. На рисунке 4 кривые пороговых значений соответствующих величин  $\varepsilon_{\text{ост}}$  (15 и 30 %) показаны утолщенными линиями. Поэтому подошвенные материалы плотностью от  $450$  до  $550 \text{ кг/м}^3$  могут применяться для повседневной легкой обуви. Этот диапазон плотности подошвенных материалов на рисунке 4 отмечен цифрой Iв.

Проблематичными для обеспечения формоустойчивости являются материалы плотностью от  $200$  до  $450 \text{ кг/м}^3$ . Этот диапазон отмечен на рисунке 4 цифрой Ia. Тем не менее кривые равных значений остаточной деформации, расположенные в этом диапазоне, не превышают критической величины  $\varepsilon_{\text{ост}} = 30\%$ . Материалы такой плотности могут применяться для обуви, эксплуатируемой при невысоких нагрузках или предназначенной для кратковременной носки (детской, дорожной, домашней, пляжной). Что касается материалов плотностью менее  $200 \text{ кг/м}^3$ , то их следует считать непригодными для деталей низа обуви, если к их формоустойчивости предъявляются даже минимальные требования.

Сформулированные рекомендации по выбору подошвенных материалов разной плотности для деталей низа обуви обобщены и представлены в виде таблицы.

Таблица

**Рекомендуемые области применения пористых подошвенных материалов**

Плотность материала, $\text{кг/м}^3$	Область применения	Формоустойчивость материала
Свыше 550	Все типы обуви, в том числе эксплуатируемой при повышенных нагрузках (обувь повседневная, для активного отдыха, специальная)	Высокая
450...550	Легкая повседневная обувь	Достаточная
200...450	Обувь детская, дорожная, домашняя, сланцы	Частично достаточная
Менее 200	Не рекомендуется применять	Неудовлетворительная

Составлено автором

В заключение отметим ограничения при интерпретации и практическом использовании полученных в работе результатов.

Во-первых, выводы и количественные данные настоящего исследования основаны только на статических испытаниях одного вида подошвенной композиции. Во-вторых, детали низа обуви при эксплуатации испытывают не только сжатие, но также изгиб и растяжение, что не учитывалось в работе. Поэтому количественные результаты настоящей работы могут отличаться от соответствующих данных для других подошвенных композиций.

Однако качественные закономерности, полученные в работе следует считать справедливыми и для других подошвенных материалов, поскольку их структурные и механические характеристики принципиально не отличаются.

### Выводы

Предложено оценивать формоустойчивость деталей низа обуви из пористых материалов величиной остаточной деформации образцов при их статическом сжатии. Разработана модель зависимости остаточной деформации подошвенных материалов от их плотности и длительности нагружения, которая позволяет прогнозировать формоустойчивость пористых деталей низа обуви. Предложено весь диапазон плотности подошвенных материалов разделить на четыре интервала, каждый из которых обеспечивает высокую, достаточную, частично достаточную и неудовлетворительную формоустойчивость деталей низа обуви. Обоснованы и сформулированы рекомендации по применению материалов каждого интервала плотности для различных типов обуви.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Буркин, А.Н. Формоустойчивость обуви: монография / А.Н. Буркин, Е.А. Шеремет, под общей ред. А.Н. Буркин — Витебск: УО «ВГТУ», 2017. — 340 с.
2. Куприянов, М.П. Деформационные свойства кожи для верха обуви: монография / М.П. Куприянов — Москва: Легкая индустрия, 1969. — 248 с.
3. Любич, М.Г. Свойства обуви / М.Г. Любич — Москва: Легкая индустрия, 1969. — 254 с.
4. Михеева, Е.Я. Современные методы оценки качества обуви и обувных материалов / Е.Я. Михеева, Л.С. Беляев — Москва: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 248 с.
5. Зарицкий, Б.П. Формуемость и формоустойчивость обуви с верхом из войлока / Б.П. Зарицкий, И.Н. Леденова // Дизайн и технологии — 2014, № 42 — С. 33–38.
6. Калита, А.Н. Влияние режимов формования на формоустойчивость систем материалов / А.Н. Калита, В.В. Щербаков // Кожевенно-обувная пром-сть — 1981, № 1 — С. 30–31.
7. Тихонова, Н.В. Исследование формоустойчивости обуви с верхом из низкосортной натуральной кожи / Н.В. Тихонова // Кожевенно-обувная пром-сть — 2011, № 4 — С. 30–31.

8. Тарасюк, П.Е. Повышение формоустойчивости обуви с деталями верха из юфти / П.Е. Тарасюк, Г.И. Лаевская // Кожевенно-обувная пром-сть — 1992, № 2 — С. 14–15.
9. Карабанов, П.С. Полимерные материалы для деталей низа обуви / П.С. Карабанов, А.П. Жихарев, В.С. Белгородский — Москва: КолосС, 2008. — 167 с.
10. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента / В.Б. Тихомиров — Москва: Лёгкая индустрия, 1974. — 262 с.



### **Karabanov Petr Stepanovich**

Russian State University named A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)  
Novosibirsk Institute of Technology (branch), Novosibirsk, Russia  
E-mail: p.s.karabanov@mail.ru

### **Kostyleva Valentina Vladimirovna**

Russian State University named A.N. Kosygin (Technology. Design. Art), Moscow, Russia  
E-mail: kostyleva-vv@rguk.ru  
RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=353612](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=353612)

### **Yurevich Svetlana Valeryevna**

Russian State University named A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)  
Novosibirsk Institute of Technology (branch), Novosibirsk, Russia  
E-mail: svetaurev@mail.ru

## **Prediction of shape stability of footwear bottom parts made of porous materials**

**Abstract.** In the conditions of the modern market, great attention is paid to the quality of goods produced, which is understood as compliance with its requirements imposed by buyers. The assessment of the properties of materials and footwear in general is carried out on the basis of relevant regulatory documents. Against this background, the assessment of the form stability of parts of the bottom of shoes, which is one of the most important indicators of the quality of materials and shoes, is not regulated in any way. Form resistance is not only an important component of the aesthetic properties of shoes, but also determines their convenience. In addition, the parameter of the shape stability of shoes makes it possible to indirectly judge the efficiency of technological processes, the perfection of the equipment and accessories used, as well as the correspondence of the materials used to the structures of shoes for various purposes.

This article presents an assessment of the shape stability of footwear bottom parts made of porous materials by their residual deformation under static compression. Based on literary sources, it is assumed that the threshold values of residual deformation, at which the form stability of the lower parts of the shoe is maintained, are in the range of 15... 30 %.

A model of the dependence of the residual deformation of samples of plantar materials on their density and the duration of static compression has been developed, which makes it possible to predict the shape stability of footwear bottom parts from materials of different densities. Dependence of degree of shape stability of base materials on their density is established. Proposed range of density of porous materials is divided into four intervals, within which high, sufficient, partially sufficient and unsatisfactory form stability of footwear bottom parts is ensured. Recommendations are given on the use of porous plantar materials for various types of shoes.

**Keywords:** shape stability; footwear bottom parts; compression; residual deformation; density; compression duration; prediction