
ALIAKSANDR PAPOU

**INVESTIGATING STABILITY OF POLYMER
FOOTWEAR BOTTOM MATERIALS**

Authors affiliation. *Aliaksandr PAPOU (alex21_88@mail.ru), Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus).*

Abstract. Techniques are described for estimating polymer soles at repeated bending, as well as the results of the study of repeated bending resistance of individual sole brands..

Keywords: tests, soles, polymers, bending.

UDC 685.34.073:620.174

*Статья поступила
в редакцию 17.03. 2015 г.*

М. И. ДОЛГАН

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДОШВ**

В статье дана характеристика современных полимерных подошвенных материалов, проведена оценка их физико-механических свойств и исследована их пористость.

Ключевые слова: подошвы обуви, резина, термоэластопласты, полиуретановые подошвы, кожволон, пористость.

УДК 685.34.036

Любой товар обладает множеством различных по своей природе свойств. Однако основополагающими свойствами для товара являются потребительские свойства, в номенклатуре которых могут содержаться десятки наименований свойств [1]. В настоящее время отсутствует общепринятая классификация свойств обувных товаров. Потребительские свойства обуви делят на сложные нескольких уровней и простые. Для характеристики свойств обуви выделяют чаще всего социальные свойства, эргономические, эксплуатационные, эстетические и безопасности [1]. В каждом из названных свойств выде-

Мария Ивановна ДОЛГАН (masha.do47@gmail.com), аспирантка кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

БДЭУ. Беларускі дзяржаўны эканамічны ўніверсітэт. Бібліятэка.

БГЭУ. Белорусский государственный экономический университет. Библиотека.°.

BSEU. Belarus State Economic University. Library.

<http://www.bseu.by>

elib@bseu.by

ляют несколько единичных свойств, характеризующих конкретное свойство количественным показателем. Например, эксплуатационные свойства или свойства надежности, как их иногда называют, характеризуются безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью. Данный вид требований имеет первостепенное значение для обуви, в особенности для такой конструктивной детали обуви, как подошва.

В настоящее время для производства подошв обуви в Республике Беларусь применяются полимерные материалы, к которым можно отнести резины различных марок, кожволон, полиуретаны (ПУ), термоэластопласты (ТЭП). Использование любого из указанных выше материалов для изготовления подошв обуславливается в первую очередь назначением обуви и условиями ее эксплуатации, а также физико-механическими показателями материалов [2].

Пористые резины марки ВШ (резины для клеевого метода крепления, шпальтованные) и ИШ (износостойкие резины для клеевого метода крепления, шпальтованные) обладают сравнительно низкой плотностью и, следовательно, меньшей массой при равной толщине. Такая резина гидрофобна, в результате чего не намокает, а наличие в порах воздуха обеспечивает низкую теплопроводность и высокую теплозащитную способность резин, сохраняющуюся весь период эксплуатации [3]. Из данного вида резин изготавливают обувь клеевого метода крепления.

Кожволон, или как его называют в производстве «тунит», — кожеподобная резина, наполненная измельченными вискозными волокнами и обладающая достаточно высокими показателями механических свойств [4]. Данный вид подошвенного материала предназначен для обуви клеевого метода крепления и может быть цветным или черного цвета. Главным отличием кожволон является его толщина, которая не превышает 5 мм. Выпускают кожволон в виде пластин и готовых деталей для модельной и повседневной мужской и женской обуви клеевого метода крепления. Наличие в рецептуре кожволон термопластичных каучуков и смол приводит к размягчению его даже при кратковременном нагревании. Это обеспечивает хорошую формуемость, но при плохой обработке следа обуви на подошве из кожволон проступают бугры и неровности. Применяют и термостойкий кожволон КТМ-дарнит, в который введена термостойкая смола. Дарнит имеет свойства, близкие к обычному кожволону, но меньшую деформируемость при нагревании [3].

Полиуретановые подошвы находят широкое применение в обувном производстве, так как обладают высокими амортизационными характеристиками, которые к тому же можно регулировать за счет плотности и твердости материала. Полиуретан (для низа обуви преимущественно пористой структуры) обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, повышенным сопротивлением истиранию, многократному изгибу и растяжению, раздиру [3].

Подошвы из ТЭП сочетают в себе эластичные свойства каучуков (так как обладают способностью к высокоэластическим деформациям и высокой морозостойкостью) и термопластические свойства термопластов (высокая текучесть в расплавленном состоянии и способность перерабатываться литьевым способом) [5].

При характеристике ряда свойств названных выше материалов отмечается наличие пор у пористых материалов и отсутствие их у монолитных, в процессе производства монолитных материалов для низа обуви возможны образования пор как следствие неконтролируемых факторов. Наличие пор в монолитной подошве впоследствии может привести к концентрации напряжения в областях с наличием пор и к разломам в материале.

Для сравнения свойств материалов резин ВШ и ИШ, монолитного кожволон, ПУ материала и ТЭП материала для низа обуви были исследованы их

пористая структура и физико-механические свойства. Задачи микроструктурного анализа: установить отсутствие либо наличие пор, их формы, конфигурации и определение пористости выбранных материалов.

Образцы подошвенных материалов были взяты из пластин кожволон, резин ИШ и ВШ, а также подошв ПУ и ТЭП, представленных на рис. 1.

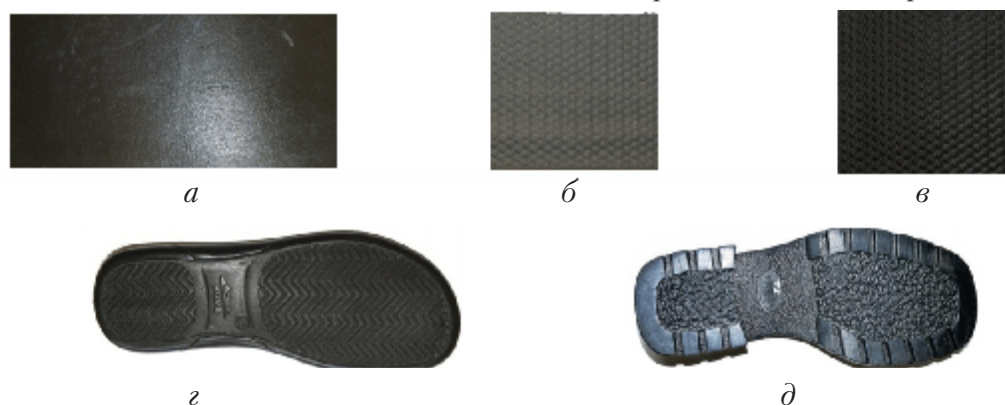


Рис. 1. Материалы и подошвы: а — кожволон; б — резина марки ИШ; в — резина марки ВШ; z — подошвы из ПУ; д — подошвы из ТЭП

С помощью микроскопа «Альтами» с цифровой USB-камерой на основе трехмегапиксельной матрицы CMOS с «большим» пикселем: $2,2 \times 3,2$ мкм были получены изображения внешнего вида ходовой и внутренней поверхности исследуемых подошв и материалов. Камера микроскопа выбрана для съемки оптимальных технических характеристик.

Снимки исследуемых образцов, полученные при помощи микроскопа «Альтами», представлены на рис. 2. Из всего массива образцов были отображены наиболее характерные по своим свойствам образцы.

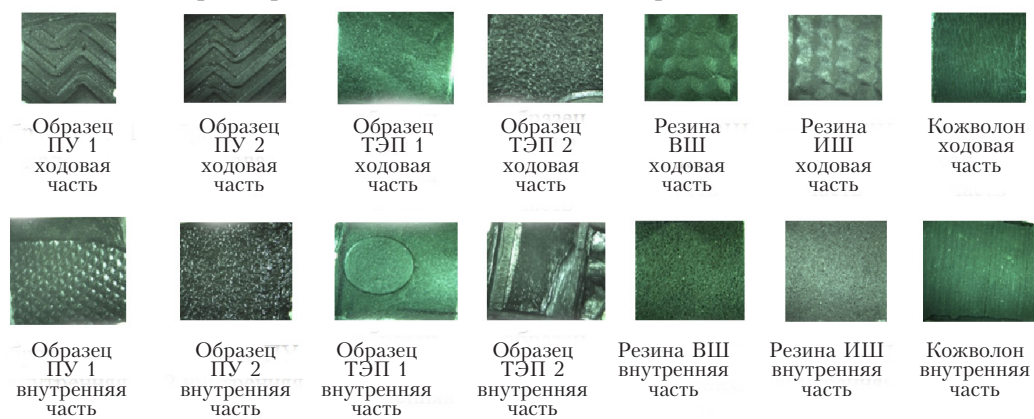


Рис. 2. Внешний вид ходовой и внутренней поверхностей образцов

На основании полученных снимков можно сделать вывод, что образцы из ПУ-подошвы имеют черную глянцевую поверхность, как бы чуть «жирноватую», что наиболее хорошо просматривается на внутренней стороне образцов, также можно отметить небольшое количество пор от воздушных мешочков, образовавшихся во время литья подошвы; обладают большим количеством пор на срезе. Образцы подошвы из ТЭП имеют матовую черную гладкую поверхность в тех местах, где нет рифления; на срезе имеют гладкую поверхность с редкими крупными порами. Внешний вид резин ВШ (черного цвета) и ИШ (серого цвета) при данном увеличении выглядит одинаково: матовые

поверхности с рифлением на ходовой поверхности и пористые с внутренней стороны; на срезе просматривается большое количество пор. Кожволон с ходовой поверхности глянцевый, черного цвета, с небольшими трещинками по поверхности, а с внутренней матовый, черный; на срезе видимых пор не имеет.

Для исследования пористой структуры подошвенных материалов использовалось следующее оборудование:

- микроскоп Nikon ECLIPSE MA200 — инвертированный металлографический микроскоп лабораторного класса отраженного света;

- для подготовки шлифов — шлифовально-полировальный станок LaboPol в комплекте с приспособлением для полуавтоматической подготовки образцов LaboForce.

Во время проведения исследования было отмечено, что при подготовке и обработке шлифов материалы резин ИШ, ВШ, ТЭП и кожволон легко и быстро истирались под небольшими усилиями, а внутренних дефектов в виде расслоений, трещин, разломов выявлено не было. При подготовке шлифа из образца ПУ следует отметить, что он очень трудно и медленно истирался даже при приложенных максимальных нагрузках, а внутренних дефектов в виде расслоений, трещин, разломов не выявлено. На рис. 3 представлены фотографии пор подошвенных материалов.

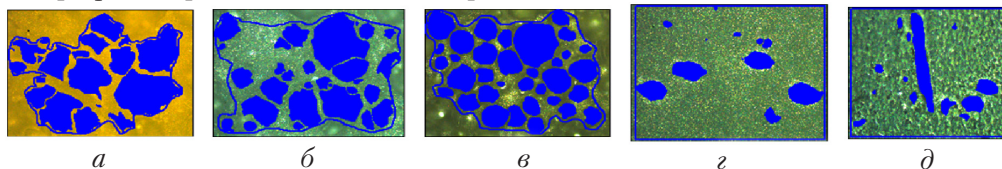


Рис. 3. Поры исследуемых подошвенных материалов: *а* — резина марки ИШ; *б* — резина марки ВШ; *в* — ПУ; *г* — ТЭП; *д* — кожволон

В образце резины марки ИШ (см. рис. 3, *а*) преобладают крупные поры по сравнению с другими образцами неправильной формы (прямоугольной формы, квадратной, пятигранной, треугольной и редко овальной) с «рваными» краями, структура материала чешуйчатая с множеством просматривающихся новых пор. Размеры пор колеблются в пределах от 100 до 750 мкм, основной размер пор 350–500 мкм.

Образец резины марки ВШ (см. рис. 3, *б*) также пористый по структуре. Однако по сравнению с резиной марки ИШ в структуре ВШ преобладает большее количество участков непосредственно самого материала и резина ВШ более плотная. Размеры пор колеблются в пределах от 100 до 400 мкм, основной размер пор 150–200 мкм.

По структуре материал ПУ (см. рис. 3, *в*) пористый, как и резины, однако поры хорошо сформированы, правильной шарообразной формы. Материал от резин отличается большим количеством крупных пор, хотя по пористости материалы резин и ПУ практически идентичны. Размер пор колеблется в пределах от 100 до 620 мкм, основной размер пор 200–400 мкм.

По структуре материал ТЭП (см. рис. 3, *г*) плотнее, равномернее, чем материалы резин и ПУ. В ТЭП присутствуют поры следующих видов: поры более малых диаметров правильной шарообразной формы, поры больших размеров овальной формы, размеры пор колеблются в пределах от 5 до 150 мкм.

В материале кожволон (см. рис. 3, *д*) присутствуют включения иного, более светлого цвета с более плотной структурой размерами 150×115, 400×120, 350×225 мкм и более 9 шт. на сечение, также в материале присутствуют вытянутые «червеобразные» поры 2×20, 4×38, 8×70 мкм. Размеры пор колеблются в пределах от 2 до 60 мкм, основной размер пор 10×10, 15×15 мкм. По структуре материал кожволон еще более плотный и равномерный, чем все остальные исследуемые материалы.

Следует отметить, что наибольшей пористостью обладают образцы резины ИШ (68–70 %) и ВШ (57–59 %), а также ПУ (58–60 %). Данные материалы отличаются высокими амортизационными свойствами и широко используются для изготовления обуви специального назначения, спортивной и повседневной обуви.

Образец ТЭП обладает небольшой пористостью 7–8 %, что определяет его физико-механические свойства (повышенную плотность, повышенное сопротивление агрессивным средам, высокую морозо- и теплостойкость), поэтому данный материал широко используется в обуви демисезонной и зимнего ассортимента.

Материал исследуемого кожволон обладает низкой пористостью — менее 7 %. Кожволон монолитной структуры, а присутствующие в нем поры образовались в результате отливки пластины и возможного несоблюдения режимов литья.

Каждый полимерный подошвенный материал обладает рядом физико-механических свойств, таких, например, как плотность, твердость, которые по-разному влияют на свойства материалов. Способы определения физико-механических показателей исследуемых материалов описаны ниже.

Твердость определялась по ГОСТ 263-75 [6] при помощи твердомера не менее чем в трех точках образца, а за результат испытания была принята средняя арифметическая всех измерений, округленная до целого числа. Плотность определялась по ГОСТ 267-73 [7] гидростатическим методом. Толщину пластин материала определяли при помощи толщиномера по ГОСТ 11358-89 [8] в миллиметрах. Сопротивление истиранию определяли в соответствии с ГОСТ 426-77 [9] на приборе МИ-2, с передачей нагрузки на образцы, равной 26 Н, в течение 5 минут. Относительное удлинение определялось по ГОСТ 270-75 [10] следующим образом: вырубался образец в форме двусторонней лопатки длиной 75 мм и шириной 12,5 мм, с длиной рабочей части образца 40 мм и шириной 4 мм. Образец испытывался при помощи разрывной машины РТ-250, а относительное удлинение рассчитывалось как отношение разности расстояния удлинения разрыва и рабочей длины к рабочей длине в процентах.

Показатели физико-механических свойства исследуемых образцов представлены в таблице.

Физико-механические свойства исследуемых подошв

| Наименование образца | Твердость, у. е. | Плотность, г/см ³ | Средняя толщина, мм | Сопротивление истиранию, Дж/мм ³ | Нагрузка при разрыве, кгс | Относительное удлинение, % |
|----------------------|------------------|------------------------------|---------------------|---|---------------------------|----------------------------|
| ИШ | 52,3 | 0,44 | 0,81 | 3,3 | 5,5 | 112,5 |
| ВШ | 53,6 | 0,46 | 0,87 | 4,2 | 7,4 | 112,5 |
| ПУ | 72 | 0,50 | 1,47 | 5,4 | 11,3 | 187,5 |
| ТЭП | 50,3 | 0,84 | 0,86 | 2,4 | 3,8 | 300 |
| Кожволон | 90,6 | 1,56 | 0,42 | 2,5 | 20,0 | 75 |

На основании данных таблицы можно констатировать, что наибольшими твердостью, плотностью и наименьшей толщиной обладает кожволон. Твердость резин ВШ и ИШ находится в одном диапазоне, как и их плотность и средняя толщина. Твердость ТЭП близка твердости резин, однако он обладает большей плотностью при похожей толщине, что объясняется монолитной структурой. Пористый ПУ обладает меньшей твердостью, чем кожволон, но большей твердостью, чем пористые резины и монолитный ТЭП, при этом его плотность не намного больше плотности пористых резин, ПУ обладает наибольшим сопротивлением истиранию. Пористые резины ВШ и ИШ близки по показателю износостойкости, а ТЭП и кожволон имеют почти одинаковое сопротивление истиранию.

Также были построены графики зависимости удлинения от разрывной нагрузки (рис. 4). На основании полученных данных все материалы по относи-

тельному удлинению при разрыве и прилагаемой нагрузке для разрыва были разделены на три группы.

В первую группу попал график разрывной нагрузки кожволон с наибольшей нагрузкой при разрыве и наименьшим относительным удлинением. На рис. 4, а приведена линия тренда — величина аппроксимации, которая составила 0,97. Во вторую группу попали резина и полиуретан. Их аппроксимирующая кривая представлена на рис. 4, б. На рис. 4, в представлена третья группа для материала ТЭП, для которого было получено наибольшее относительное удлинение при наименьшей нагрузке.

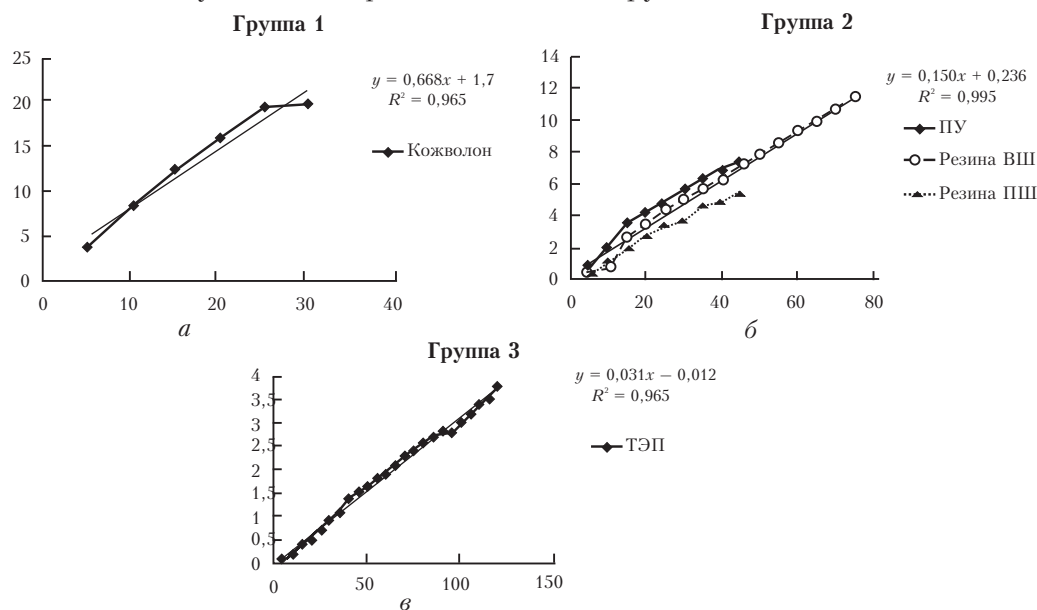


Рис. 4. Графики зависимости удлинения от разрывной нагрузки

Следует отметить, что кожволон обладает наименьшей пористостью (менее 7 %) наравне с ТЭП (7–8 %), однако он характеризуется наибольшей твердостью, плотностью и нагрузкой при разрыве при наименьших показателях относительного удлинения и средней толщины. Эти особенности кожволон можно объяснить наличием в его составе измельченных вязкозных волокон. ТЭП в свою очередь имеет наименьшую твердость среди выбранных образцов и наибольшее относительное удлинение при наименьшей нагрузке. Такое соотношение свойств в ТЭП можно объяснить наличием в их структуре гибких эластомерных блоков, которые придают им способность к обратимым деформациям наравне с жесткими термопластичными блоками, обеспечивающими прочность.

Пористость резин ВШ (57–59 %) и ИШ (68–70 %) не намного отличается от пористости ПУ (58–60 %), однако наличие в составе ПУ сложных олигоэфиров объясняет повышенное сопротивление истиранию по сравнению с другими подошвенными материалами подобной пористости и плотности, а также нельзя не отметить твердость, которая на 20 у. е. больше, чем у резин.

Литература

1. Товароведение одежно-обувных товаров. Общий курс : учеб. пособие / В. В. Садовский [и др.] ; под общ. ред. В. В. Садовского, Н. М. Несмелова. — Минск : БГЭУ, 2005. — 427 с.

Tovarovedenie odezchno-obuvnyih tovarov. Obschiy kurs [The study of footwear and apparel products] : ucheb. posobie / V. V. Sadovskiy [i dr.] ; pod obsch. red. V. V. Sadovskogo, N. M. Nesmelova. — Minsk : BGEU, 2005. — 427 p.

2. Долган, М. И. Особенности пористой структуры материалов для подошв обуви / М. И. Долган // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : материалы III респ. науч.-техн. конф. молодых ученых, Гомель, 4–6 нояб. 2014 г. / ИММС НАН Беларуси. — Гомель, 2014. — С. 87–89.

Dolgan, M. I. Osobennosti poristoy strukturyi materialov dlya podoshv obuvi [The features of porous structure of shoe soles materials] / M. I. Dolgan // Novyye funktsionalnyie materialy, sovremennyye tehnologii i metody issledovaniya : materialy III resp. nauch.-tehn. konf. molodyih uchenyih, Gomel, 4–6 noyab. 2014 g. / IMMS NAN Belarusi. — Gomel, 2014. — P. 87–89.

3. Дрозд, М. И. Основы материаловедения : учеб. пособие / М. И. Дрозд. — Минск : Выш. шк., 2011. — 431 с.

Droz, M. I. Osnovy materialovedeniya : ucheb. posobie [The basics of materials science] / M. I. Drozd. — Minsk : Vyish. shk., 2011. — 431 p.

4. Товароведение обувных и пушных и меховых товаров : учеб. пособие / Л. И. Байдакова [и др.] ; под общ. ред. Л. И. Байдаковой. — Киев : Высш. шк., 1986. — 350 с.

Tovarovedenie obuvnyih i pushnyih i mehovyyih tovarov : ucheb. posobie [The basics of materials science] / L. I. Baydakova [i dr.] ; pod obsch. red. L. I. Baydakovoy. — Kiev : Vyssh. shk., 1986. — 350 p.

5. Долган, М. И. Оценка качества подошв из термоэластопластов / М. И. Долган, К. Г. Коновалов // Вестн. Витеб. гос. технол. ун-та. Вып. 22 / ВГТУ ; гл. ред. В. С. Башметов. — Витебск, 2012. — С. 58–64.

Dolgan, M. I. Otsenka kachestva podoshv iz termoelastoplastov [The estimation of quality of TPE shoe soles] / M. I. Dolgan, K. G. Konovalov // Vestn. Viteb. gos. tehnol. un-ta. Vyip. 22 / VGTU ; gl. red. V. S. Bashmetov. — Vitebsk, 2012. — P. 58–64.

6. Резина. Метод определения твердости по А. Шору : ГОСТ 263-75. — Введен 01.01.1977. — Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. — 8 с.

7. Резина. Методы определения плотности : ГОСТ 267-73. — Введен 01.01.1975. — Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. — 8 с.

8. Толщиномеры и стенкоммеры индикаторные с ценой деления 0,01 и 0,1 мм. Технические условия : ГОСТ 11358-89. Введен 01.01.1990. — Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. — 12 с.

9. Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении : ГОСТ 426-77. — Введен 01.01.1978. — Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. — 8 с.

10. Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении : ГОСТ 270-75. — Введен 01.01.1978. — Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. — 16 с.

MARYIA DAUHAN

PECULIARITIES OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF SOLE POLYMER MATERIALS

Authors affiliation. *Maryia DAUHAN (masha.do47@gmail.com), Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus).*

Abstract. The article gives characteristics of modern shoe sole materials. Their physical and mechanical properties are estimated and porosity is examined.

Keywords: shoe soles, rubber, TPE, polyurethane soles, leather-like rubber, porosity.

UDC 685.34.036

*Статья поступила
в редакцию 02.03. 2015 г.*

БДЭУ. Беларускі дзяржаўны эканамічны ўніверсітэт. Бібліятэка.
БГЭУ. Белорусский государственный экономический университет. Библиотека.°.
BSEU. Belarus State Economic University. Library.
<http://www.bseu.by> elib@bseu.by