

Совершенствование методики исследования физико-механических свойств подошв из термоэластопластов

М. А. Нейфельд,
А. Н. Буркин

Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь

Аннотация. Современные нормативные документы для исследования физико-механических свойств материалов для низа обуви и формованных подошв основаны на проведении испытаний с использованием пластин материалов определённой толщины, в пределах 1–3 мм (ГОСТ 270-75 «Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении», ГОСТ 269-66 «Резина. Общие требования к проведению физико-механических испытаний»).

Ассортимент подошв применяемых в настоящее время при производстве обуви отличается достаточно объёмными формами с глубоким рифлением ходовой поверхности. Последнее осложняет процесс подготовки образцов для проведения исследования физико-механических свойств при постановке продукции на производство. Как правило, на обувных предприятиях не изготавливают формованные подошвы, а приобретают их у сторонних организаций. В связи с этим изготовить пластины и реализовать входной контроль качества полимерных материалов для подошв не представляется возможным.

Цель исследования заключается в анализе действующих стандартов по рассматриваемой проблеме и адаптация методик испытания изложенных в них с учётом конструктивных особенностей современного ассортимента подошв обуви.

В статье представлена современная база стандартов по рассматриваемой проблеме и предлагаются варианты подготовки образцов выкроенных их подошв для исследования физико-механических свойств. В статье предложены следующие показатели для исследования физико-механических свойств: твёрдость по Шору А, плотность, прочность при растяжении, удлинение при разрыве и остаточное удлинение при разрыве. Также в статье предложены возможные варианты подготовки и проведения испытаний, по выше приведённым показателям, которые в дальнейшем позволили бы разработать методику экспертизы деталей низа обуви, не выдержавших гарантийный срок носки.

Ключевые слова: подошвы, современный ассортимент, физико-механические свойства, подготовка образцов, методика.

Информация о статье: поступила 19 июня 2025 года.

Improvement of the methodology for studying the physico-mechanical properties of thermoplastics soles

Maria A. Neufeld, Alexander N. Burkin

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. Today's regulatory documents for the study of the physical and mechanical properties of materials for the bottom of shoes and molded soles are based on conducting tests using plates of materials of a certain thickness, within 1–3 mm (GOST 270-75 "Rubber. Method for Determining the Elastic and Strength Properties in Tension", GOST 269-66 "Rubber. General Requirements for Conducting Physical and Mechanical Tests").

The range of soles currently used in the manufacture of shoes is characterized by rather voluminous shapes with deep grooving of the running surface. The latter complicates the process of preparing samples for the study of physical and mechanical properties when setting up products in production. As a rule, shoe companies do not manufacture molded soles, but purchase them from third-party organizations. In this regard, it is not possible to manufacture plates and implement input quality control of polymer materials for soles.

The purpose of the study is to analyze the current standards for the problem under consideration and adapt the testing methods outlined in them, taking into account the design features of the modern range of shoe soles.

The article presents a contemporary database of standards on the problem under consideration and suggests options for preparing samples of cut-out soles for the study of physical-and-mechanical properties. The article suggests the following

indicators for the study of physical-and-mechanical properties: Shore A hardness, density, tensile strength, elongation at break and residual elongation at break. The article also suggests possible options for preparing and conducting tests based on the above indicators, which would further allow us to develop a methodology for examining shoe bottom parts that could not withstand the warranty period of wear.

Keywords: soles, contemporary assortment, physical and mechanical properties, sample preparation, methodology.

Article info: received June 19, 2025.

Введение

На сегодняшний день при широком обилии товаров и большой конкуренции, качество товаров стало неотъемлемым условием. Главным и основным условием обеспечения конкурентоспособности предприятия является качество выпускаемой продукции. Специалисты по управлению считают, что конкурентоспособность предприятия зависит на 70 % от качества продукции [Тарасова, 2021]. Качество – это очень сложное понятие характер которого определяется: техническими, экономическими и социальными функциями, которым оно соответствует [Лисютина, 2020].

Главная функция обуви – защита стоп, обеспечить безопасность и комфорт, а также повысить нашу производительность во время различных видов деятельности [Kim, 2016]. Обувь в нашей жизни имеет большое значение, так как человек большую часть времени проводит на производстве, в транспорте, учебных заведениях и т. д. Поэтому она должна быть не только удобной, гигроскопичной, эстетичной, но и качественной [Козлова, 1987].

Подошва – одна из самых важных частей обуви, которая предохраняет ее от износа и во многом определяет срок ее службы [Лисовская, 2017]. Именно подошва подвергается интенсивным механическим воздействиям. Поэтому материалы, применяемые для изготовления подошв, должны быть максимально устойчивы к воздействию факторов окружающей среды [Радюк, Ковальчук и Буркин, 2022].

Для определения качества подошв необходимо провести комплекс испытаний на определение их физико-механических свойств, которые в свою очередь связаны с эксплуатационными свойствами [Закатова и Михеева, 1966]. Основополагающие принципы заложенные в данной монографии являются актуальными до сегодняшнего времени, о чём свидетельствует публикация зарубежных авторов [Masaki Yamano et al., 2025] о необходимости проведения подобных испытаний.

Анализ зарубежных исследований показал, что нет определённого установившегося перечня показателей физико-механических свойств. Так в одном источнике определялись следующие показатели: прочность на растяжение, модуль упругости при 300 %, удлинение при разрыве [Saja Q. Mohammed, et al., 2017]. В другом источнике в качестве механических свойств материалов определяют прочность на разрыв, относительное удлинение при разрыве и твёрдость по Шору А [Eyssa, et al., 2024].

В источнике [Subramanian, Senthilvel and Prabu, 2020] испытания на растяжение проводились с использованием образцов в форме гантели (в русскоязычном пространстве известны как образцы в форме двухсторонней лопаточки) в соответствии со стандартом ASTM D412. Прочность на разрыв определялась с использованием образцов в форме полумесяца в соответствии со стандартом ASTM D673. Оба испытания проводились на универсальной испытательной машине со скоростью перемещения траверсы 500 мм/мин. Твёрдость оценивалась с помощью твердомера по Шору А в соответствии с ASTM D2240. Степень сжатия определяют с помощью цилиндрических образцов при температуре 100 °C в течение 22 часов в соответствии с ASTM D395.

В источнике [Oraphin Chaikumpollert, et al., 2012] испытание на растяжение проводилось при комнатной температуре с использованием универсального испытательного оборудования Instron. Испытанию на растяжение подвергались резиновые изделия в форме гантели в соответствии со стандартом JIS K 6251. Скорость перемещения зажима разрывной машины составляла 200 мм/мин⁻¹. Толщина резиновых изделий составляла примерно 1 мм. Измерение проводилось пять раз для каждого образца.

ГОСТ 4.387-85 «Система показателей качества продукции. Материалы синтетические для низа обуви. Номенклатура показателей» устанавливает номенклатуру основных показателей пластин и деталей из синтетических материалов для низа обуви, в том числе для тер-

мопластичных эластомеров. В перечень основных показателей качества, согласно стандарту, относятся такие показатели как: условная прочность при разрыве, относительное удлинение при разрыве, относительная остаточная деформация после разрыва, толщина пластины, твёрдость и плотность.

Ввиду разных подходов и методов исследования физико-механических свойств полимерных материалов, а также не возможность исследования данных свойств на современном ассортименте подошв, целью данной является анализ существующих методик по определению физико-механических свойств и разработка алгоритма проведения подобного рода испытаний на подошвах современного ассортимента.

Материал и средства исследований

Основополагающим стандартом для исследования полимерных подошвенных материалов является ГОСТ 7926-75 «Резина для низа обуви. Методы испытаний». Данный стандарт распространяется на пластины

и детали для низа обуви разной структуры (подошвы, каблуки, набойки, флики и т. д.) и устанавливает методы их испытаний.

Согласно данному стандарту для подошв определяются следующие показатели: плотность (вне зависимости от структуры), условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве и относительная остаточная деформация после разрыва (вне зависимости от структуры), твёрдость (вне зависимости от структуры) и испытания проводят на образцах или деталях.

В настоящей работе в качестве объектов исследования были выбраны формованные подошвы, применяемые при производстве современной обуви осенне-весеннего периода носки, мужского и женского ассортимента из монолитного термоэластопласта (ТЭП), представленные на рисунке 1.

Основная проблема, с которой можно сразу столкнуться при испытании современных подошв – это сложность подготовки проб и вырезание образцов в указанных стандартом местах (рисунок 2).



Рисунок 1 – Современный ассортимент подошв
Figure 1 – Contemporary range of soles



Рисунок 2 – Места вырубki образцов по ГОСТ 7926-75:

1, 2 – определение плотности/сопротивление истиранию при скольжении; 3 – определение условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, относительной остаточной деформации после разрыва

Figure 2 – Sample cutting sites according to GOST 7926-75:

1, 2 – determination of density/abrasion resistance during sliding; 3 – determination of conditional tensile strength, elongation at break, relative residual deformation after rupture

Методика подготовки сложного профиля подошв в тексте стандарта не приводится, а приведённая информация не в полной мере подходит для испытания современного ассортимента, так как он описывает требования к испытанию гладких и с мелким рисунком рифления деталей низа обуви. Современный ассортимент имеет сложную конфигурацию ходовой поверхности подошвы, что затрудняет вырезание образцов в установленных местах.

Сначала проводили испытания, не требующие разрушения образца, то есть по определению твердости. В выше описанном стандарте даётся ссылка на ГОСТ 263-75 «Резина. Метод определения твёрдости по Шору А». При наличии глубокого рифления, твёрдость можно определять на выступах рифа, однако выступы рифов в современных подошвах часто имеют шероховатую поверхность, поэтому допускается проводить определение на неходовой поверхности для пластин и деталей с мелким рисунком рифления. Однако сложная конфигурация внутренней поверхности подошвы и габаритные размеры перегородок (малая толщина и ширина) не позволяют разместить индикатор прибора и провести замеры.

Ввиду указанных выше затруднений, твёрдость образцов определяли на любом возможном участке, позволяющем расположить опорную поверхность твердомера на поверхности подошвы. Это были соответствующие размерам рифы подошвы, борта, боковая сторона каблука и в меньшей степени неходовая сторона подошвы. Обязательным требованием для получения подлинных значений является расположение образца на ровной твёрдой поверхности.

Для уменьшения погрешностей измерений предлагается проводить измерение твердости на ходовой поверхности подошв на предварительно закреплённых обувных колодках, что минимизирует её прогиб и повышает точность определения показателя, в частности это касается образцов подошв, которые имеют высокие борта.

Отсчёт значения твёрдости производят по шкале по истечении трёх секунд с момента прижатия прибора к образцу. В случае, если по истечении трёх секунд наблюдается дальнейшее отчётливое погружение индикатора, то показатель отсчитывают по истечении пятнадцати секунд. Твёрдость измеряют не менее чем в трёх точках в разных местах образца.

Плотность образцов можно измерять несколькими способами:

1. Метод гидростатического взвешивания по ГОСТ 267-73 «Резина. Метод определения плотности», измеряется на образцах из материала непористой структуры.
2. Метод определения кажущейся плотности по ГОСТ 409-77 «Пластмассы ячеистые и резины губчатые. Метод определения кажущейся плотности».
3. Метод вытеснения жидкости для всех структур образцов.

Наиболее легко воспроизводимым и не затратным способом с точки зрения приборной базы, является метод определения кажущейся плотности. Для испытания по данному методу используют образцы правильной геометрической формы: куб, параллелепипед, цилиндр (рисунок 3), без видимых дефектов, которые в дальнейшем могут быть использованы для испытаний на

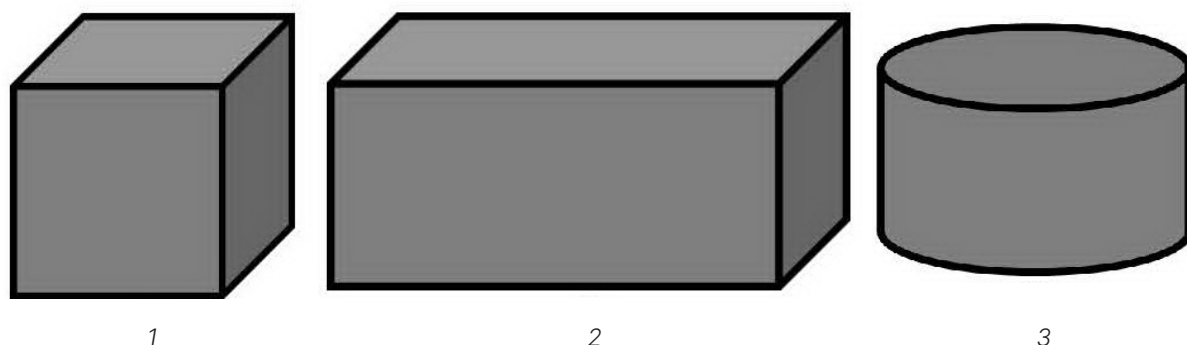


Рисунок 3 – Рисунок 3 – Пробы для определения плотности
Figure 3 – Density determination samples

износостойкость. Для испытания используют не менее трёх образцов (проб), каждая из которых имеет массу не менее 2 г.

Из подошвы выкраивается штанцевым ножом (резаком) образец максимально возможного объёма, если образец имеет двух- и более слойное строение, то плотность определяется для слоя, который имеет непосредственный контакт с опорной поверхностью, так как от данного слоя в большей степени зависит износостойкость подошвы обуви.

Полученные образцы кондиционируют при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ при относительной влажности $(50 \pm 5)\%$. Испытания проводят в условиях кондиционирования: определяют массу при помощи весов с погрешностью взвешивания не более 0,5 % и линейные размеры рабочего участка образца. Рассчитывают объём образца и определяют плотность (ρ) в г/см^3 по формуле 1:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, г; V – объём образца, см^3 .

За результат принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений.

Упругопрочностные свойства определяют на образцах в виде двухсторонней лопаточки, размеры и разметкой образцов по ГОСТ 7926-75 (рисунок 4).

ГОСТ 7926-75 уточняет, что образцы для испытания вырубается штанцевым ножом с рабочим участком $10 \pm 0,5 \text{ мм} \times 50 \pm 0,5 \text{ мм}$. При проведении испытания рабочий участок разбивают на пять равных участков и толщину измеряют в центре участков 1, 3, 5 с точностью

до 0,01 мм. В расчёте условной прочности принимают толщину участка, на которой произошёл разрыв образца. За результат принимают среднее арифметическое значение результатов всех параллельных определений.

ГОСТ 270-75 выделяет семь типов образцов в виде двухсторонней лопаточки. Типы отличаются между собой размерами самого образца. Для испытания подошв используются тип образца – три, данный тип наиболее приближен к размерам образца по ГОСТ 7926-75.

Разность толщины образцов не должна превышать 0,1 мм. Количество образцов должно быть не менее пяти. Испытания проводятся с помощью разрывной машины РТ-250. Испытания проводят при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и скорости движения активного захвата $(500 \pm 50) \text{ мм/мин}$. Следует отметить, что немаловажным фактором в определении упругопрочностных показателей свойств является скорость перемещения зажима, которое может повлиять на результаты испытаний. Нами была принята скорость в пределах от 50 ± 5 до $100 \pm 10 \text{ мм/мин}$, как наиболее часто применяемая в практике исследования материалов для низа обуви. В момент разрыва образца фиксируют силу и расстояние между метками образца.

Условную прочность (f_p) в МПа (кгс/см^2) вычисляется по формуле 2:

$$f_p = \frac{P_p}{d \cdot b_0}, \quad (2)$$

где P_p – сила, вызывающая разрыв образца, МН (кгс); d – среднее значение толщины образца до испытания, м (см); b_0 – ширина образца до испытания, м (см).

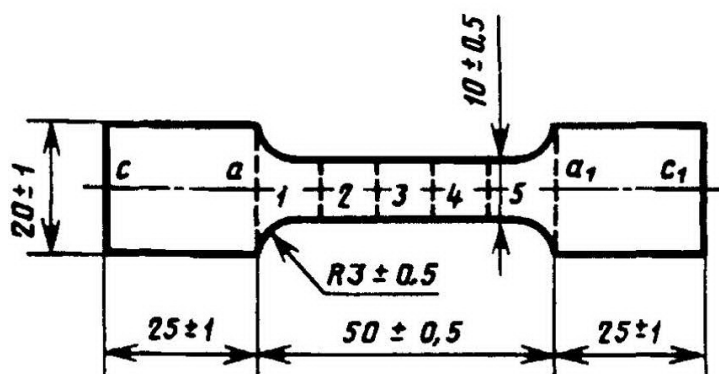


Рисунок 4 – Образец для испытания на упругопрочностные свойства
Figure 4 – Sample for testing for elastic strength properties

Относительное удлинение (ε_p) при разрыве в процентах вычисляют по формуле 3:

$$\varepsilon_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (3)$$

где l_p – расстояние между метками в момент разрыва образца, мм; l_0 – расстояние между метками образца до испытания, мм.

Относительное остаточное удлинение при разрыве или остаточная деформация после разрыва (θ) в процентах вычисляется по формуле 4:

$$\theta = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (4)$$

где l – расстояние между метками образца по двум сложенным вместе частям разорванного образца; l_0 – расстояние между метками образца до испытания, мм.

Отличительной особенностью стандартов XXI века является объединение резины и термоэластопластов в одном документе. Ранее для определения свойств полимерных подошв обуви, в частности ТЭП, за основу брались стандарты 70-х годов на резину (Коновалов и Долган, 2012; Долган и Буркин, 2015; Буркин, Коновалов и Долган, 2012).

ГОСТ Р 54553-2019 «Резина и термоэластопласты. Определение упруго-прочностных свойств при растяжении» устанавливает методы определения упруго-прочностных свойств резин и термоэластопластов при растяжении. В данном стандарте уделяется внимание такому показателю как предел текучести. Также в данном стандарте сказано, что температура и скорость растяжения могут оказывать существенное влияние на упругопрочностные свойства и должна учитываться анизотропия или структурная ориентация материала. Скорость перемещения зажима та же, что и в ГОСТ 270-75, 500±50 мм/мин.

Образцы используются в виде колец, полосок или двухсторонних лопаточек. Образцы в форме полосок имеют тенденцию разрываться в зажимах, поэтому их следует применять только в случаях невозможности подготовить образец другой формы. Однако в отличие от ГОСТ 270-75 применяются образцы более укрупнённых размеров, с рекомендуемой толщиной образцов 3,0±0,3 мм. Данный факт позволяет пользоваться данным стандартом только с теоретической точки зрения, так как ограниченное пространство пучковой части подошвы не позволит вырубить образцы крупного размера, особенно если подошвы, например, дошкольного ассортимента.

ГОСТ ISO 37-2020 «Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при растяжении» – международный стандарт, принятый в Республике Беларусь. В тексте стандарта отмечено, что при испытании образцов в форме двухсторонней лопаточки, не всегда получаются одинаковые значения для соответствующих упруго-прочностных свойств, так как наличие структурной ориентации у материала образца приводит к разным значениям в зависимости от направления вырубания образца, то есть следует учитывать влияние анизотропии материала на свойства.

Стандарт предполагает использование двух форм образцов: двухсторонняя лопаточка или в форме кольца. Первый вид предпочтительнее, так как при испытании образцов в форме кольца получаются более низкие, а иногда значительно меньшие значения, чем у образцов в форме лопаточки.

Размеры образцов делятся на 5 типов, по своим размерам приближенные к ГОСТ 270-75. Предпочтительнее для испытания подошв обуви пользоваться типом образцов № 3 (общая длина образца не менее 50 мм, длина узкой части 16±1 мм). Выбор такого типа образца обусловлен его универсальностью применения, как для подошв обуви для взрослых, так и для детей.

Ввиду некоторых разночтений различных основных положений стандартов, необходимо выработать единый алгоритм испытаний современных подошв обуви, особенно по показателям упругопрочностных свойств. Нельзя забывать также о таком понятии как культура проведения измерений и масштабный фактор, связанный с размерами рабочей части образцов.

Результаты исследований

Результаты исследования плотности образцов представлены в таблице 1. Подготовленные образцы имели форму куба и параллелепипеда. Так же в таблице 1 представлены результаты по показателю твёрдость.

Для каждого вида подошв было подготовлено по 18 образцов, 6 из которых были испытаны при полном рифлении (полное рифление), 6 – были очищены от ходовых и внутренних рифлений (пластина), 6 – были очищены от внутренних рифлений (без внутренних рифлений). В некоторых образцах отсутствует один из трех вариаций подготовки образцов, в виду невозможности их подготовки. Профиль подготовленных образцов представлен на рисунке 5.

Таблица 1 – Результаты определения физических свойств

Table 1 – Results of determination of physical properties

№ образца	Плотность, г/см ³	Твёрдость по Шору А, усл. ед.
1	0,99-0,98	70-74
2	1,24-1,25	58-63
3	1,15-1,16	61-67
4	1,10-1,12	61-66
5	1,05-1,06	64-67
6	1,08-1,09	72-77
Допустимое отклонение от средних, %	±1,5	–



Рисунок 5 – Профиль подготовленных образцов к испытанию, на примере образца № 6:

а – полное рифление; б – очищенная пластинка; в – очищенная с неходовой стороны

Figure 5 – Profile of the prepared samples for testing, using the example of sample 6:

a – full corrugation; b – cleaned plate; c – cleaned from the non-running side

Получить идеально ровную поверхность вручную с помощью сапожного ножа очень сложно, поэтому приходится использовать наждачное полотно для подчистки поверхности образца. Ввиду того что в тексте стандарта не оговаривается толщина образца выкроенного из подошвы, мы получили диапазон толщины в пределах от 2,70 до 8,79 мм. Меньшие значения толщины относятся к пластинам, большие – к образцам, имеющим полное рифление. Из-за конструктивных особенностей подошвы № 6, к испытанию были подготовлены образцы из её бортовых частей (таблица 2).

Усреднённые значения упругопрочностных свойств представлены в таблице 2. Нормы на резиновые пласти-

ны и детали устанавливается в ГОСТ 10124-76 «Пластины и детали резиновые непористые для низа обуви», для сравнения берутся нормы по виду резины В, которые предназначены для клеевого метода крепления.

Как видно из таблицы по показателю условная прочность удовлетворяют требованиям образцы 3, 4, 6 и только те пробы, которые не имели посторонних рифлений. Образец 1 можно отнести к образцам с мелко-узорчатым, практически нулевым рифлением, в связи с затруднением очистки данного рифления, было принято решение не подготавливать образец в виде пластины. Из этого можно сделать вывод, что к испытанию должны подготавливаться образцы, по возможности, не имею-

Таблица 2 – Результаты испытаний упругопрочностных свойств*

Table 2 – Test results of elastic strength properties*

№ образца	Профиль образца	Условная прочность при растяжении, МПа	Норма, не менее	Относительное удлинение при разрыве, %	Норма, не менее	Относительное остаточное удлинение при разрыве, %	Норма, не более
1	Полное рифление	3,19	По виду В 4,5 (черн) 4,0 (цветн)	247	По виду В 170	12	По виду В 20
	Без внутреннего рифления	4,26		290		13	
2	Полное рифление	1,50		151		7	
	Без внутренних рифлений	3,12		157		4	
	Пластина	2,50		127		4	
3	Полное рифление	3,43		168		6	
	Без внутреннего рифления	3,60		214		7	
	Платина	5,87		294		10	
4	Полное рифление	1,96		112		6	
	Без внутренних рифлений	3,79		286		11	
	Пластина	4,56		219		13	
5	Полное рифление	4,05		159		8	
	Без внутренних рифлений	3,72		190		9	
	Пластина	3,51		130		11	
6	Полное рифление	1,89		83		4	
	Без внутреннего рифления	2,06		96		9	
	Пластина	3,79		156		8	
	Борт	4,75		252		20	
Допустимое отклонение, %			±10		±10		±10

Примечание: * – полужирным отмечены значения отвечающие требованиям ГОСТ 10124-76 «Пластины и детали резиновые непористые для низа обуви. Технические условия».

щие посторонних рифлений и имеющие толщину в пределах 3 мм.

С целью устранения указанных выше недостатков была разработана последовательность подготовки образцов и средства для её реализации. Процедура подготовки образцов состоит из следующих этапов, представленных на примере подготовки образца № 4, внешний

вид которого представлен на рисунке 6:

1. Вырезание ножом фрагмента подошвы обуви (рисунок 7 а).
2. Удаление внутренних перегородок и подшлифовка полученной поверхности фрагмента подошвы (рисунок 7 б).
3. Вырубание или вырезание пробы (рисунок 7 в).



Рисунок 6 – Внешний вид подошвы, для демонстрации предлагаемой методики подготовки образцов к испытанию по упругопрочностным свойствам:

а – ходовая поверхность; б – неходовая поверхность

Figure 6 – The appearance of the sole, to demonstrate the proposed technique for preparing samples for testing for elastic strength properties:

а – running surface; б – non-running surface

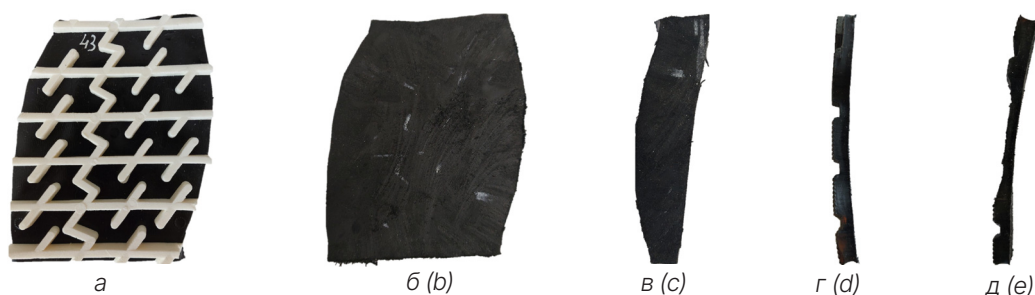


Рисунок 7 – Промежуточные этапы подготовки образцов

Figure 7 – Intermediate stages of sample preparation

4. Вырубание образцов в виде двухсторонней лопаточки (рисунок 7 г) с помощью резака для вырубки образцов и пресса, представленных на рисунке 8.

5. Удаление протектора с рабочей части образца (рисунок 7 д). В местах крепления в зажимах рифления желательно оставить для лучшей фиксации в зажимах и скруглив их ближе к рабочей части образца, для предотвращения разрывов по кромкам зажимов.

6. Подшлифовка рабочей части образца.

Представленная методика подготовки образцов и приспособление, должны облегчить подготовку образцов к испытанию на упруго-прочностные свойства современных подошв обуви, а также повысить точность их геометрических размеров.

Выводы

Проведя анализ стандартов и результатов испытания, можно заключить, что твёрдость подошв может быть измерена с ходовой стороны, если позволяют рифления,

но при обеспечении плотности прилегания неходовой стороны подошв к опоре (например, используя обувную колодку подходящего размера). При невозможности измерения твёрдости с ходовой поверхности допускается измерения с неходовой или боковой части подошв.

Наиболее удобным методом определения плотности образцов нами предлагается метод определения кажущейся плотности, так как он легко и быстро воспроизводим. Также для определения плотности предлагается испытывать образцы в форме куба, цилиндра или параллелепипеда, предполагается возможность применения образцов в форме цилиндра и параллелепипеда, например, сначала для определения плотности, а в последующем для определения сопротивления истиранию.

Особые трудности вызывает испытания упругопрочностных свойств, так как имеются разночтения в стандартах. Из выше представленного можно сделать вывод, что необходимо разработать универсальную методику и

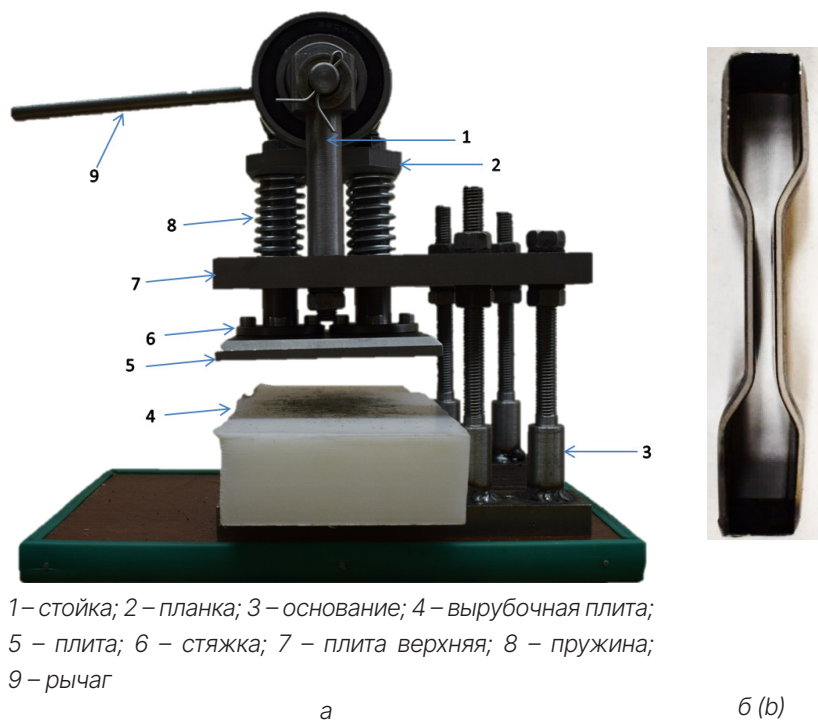


Рисунок 8 – Приспособление для вырубания образцов:

a – пресс; б – резак

Figure 8 – Devices for cutting down samples:

a – press; b – cutter

средства, для подготовки проб из полимерных подошв, с целью дальнейшего проведения испытаний, что минимизирует погрешности получаемых данных.

Представленная методика в дальнейшем может быть использована для экспертизы качества обуви не выдержавшей гарантийный срок носки по причине критических дефектов подошвы: износ, трещины, изломы по всей её рабочей толщине.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Буркин, А.Н., Коновалов, К.Г. и Долган, М.И. [2012]. Эксплуатационные свойства подошв из термоэластопластов, *Потребительская кооперация*, vol. 4 [39], pp. 77–82.

Долган, М.И. и Буркин, А.Н. (2015). Оценка физико-механических свойств подошв из полиуретана, *Технологии и материалы в производстве инновационных потребительских товаров*, pp. 135–139.

Закатова, Н.Д. и Михеева, Е.Я. (1966). *Эксплуатационные свойства обувных материалов и деталей*. Москва: Легкая индустрия, СССР.

- Козлова, Т.В. (1987). *Основы художественного проектирования изделий из кожи: учебное пособие для вузов*. Москва: Легпромбытиздат, СССР.
- Коновалов, К.Г. и Долган, М.И. (2012). Оценка качества подошв из термоэластопластов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (22), pp. 58–64.
- Лисовская, Н.М. (2017). Конспект лекции УД «Материаловедение обувного производства», [Online], URL: <https://infourok.ru/konspekt-lekcii-k-ud-materialovedenie-obuvnogo-proizvodstva-1703587.html> (дата обращения 24.04.2025).
- Лисюткина, А.И. (2020). Качество продукции: понятие и характеристики качества, *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, № 3, pp. 282–285.
- Радюк, А.Н., Ковальчук, Е.А. и Буркин, А.Н. (2022). *Материалы для подошв обуви на основе отходов производства*. Витебск: УО «ВГТУ», Республика Беларусь.
- Тарасова, Т.В. (2021). Качество продукции, *Молодые учёные*, vol. 35 (377), pp. 47–48.
- Chaikumpollert, O., Yamamoto, Y. and Suchiva, K. (2012). Mechanical properties and cross-linking structure of cross-linked natural rubber. *Polymer Journal*, vol. 44, pp. 772–777.
- Eyssa, H.M., Maziad Nabila A., Kansouh Wagdy and Ramadan Wageeh (2024). Neutron attenuation performance of EPDM rubber with BN Nanoparticles/B2O3 composite and studying physical, thermal and mechanical properties, *Nuclear Engineering and Technology*, vol. 56, № 11, pp. 4563–4577.
- Kim, In-Ju (2016). Identifying shoe wear mechanisms and associated tribological characteristics: Importance for slip resistance evaluation. *Wear*, vol. 360–361, pp. 77–86.
- Mohammed Saja Q., Alhumdany Abdulkareem A. and Al-Waily Muhannad L. (2017). Effect of nano zinc oxide on tensile properties of natural rubber composite, *Kufa Journal of Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 77–90.
- Subramanian, N., Senthilvel, K. and Prabu, B. (2020). Morphology and Mechanical Properties of NBR/PVC Hybrid Nanocomposites, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 9, no. 1, pp. 2606–2611.
- Yamano Masaki, Saito Takayuki, Yamamoto Yoshimasa and Kawahara Seiichi (2025). Effect of proteins on the structure of crosslinking junctions and mechanical properties of vulcanized natural rubber, *Polymer Testing*, vol. 146, pp. 1–9.

REFERENCES

- Burkin, A.N., Konovalov, K.G. and Dolgan, M.I. (2012). Performance properties of thermoplastics soles [Ekspluatatsionnye svoystva podoshv iz termoelastoplastov], *Potrebitel'skaya kooperatsiya = Consumer Cooperation*, vol. 4 (39), pp. 77–82 [In Russian].
- Dolgan, M.I. and Burkin, A.N. (2015). Valuation of the physico-mechanical properties of polyurethane soles [Ocenka fiziko-mekhanicheskikh svoystv podoshv iz poliuretana], *Tekhnologii i materialy v proizvodstve innovatsionnykh potrebitel'skikh tovarov = Technologies and materials in the production of innovative consumer goods*, pp. 135–139 [In Russian].
- Zakatova, N.D. and Miheeva, E.Ya. (1966). *Ekspluatatsionnye svoystva obuvnykh materialov i detalej* [Performance properties of shoe materials and parts]. Moscow: "Light Industry", USSR [In Russian].
- Kozlova, T.V. (1987). *Osnovy hudozhestvennogo proektirovaniya izdelij iz kozhi: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Fundamentals of artistic design of leather products: A textbook for universities]. Moscow: Legprombytizdat, USSR [In Russian].
- Konovalov, K.G. and Dolgan, M.I. (2012). Assessment of the quality of thermoplastics soles [Ocenka kachestva podoshv iz termoelastoplastov], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Vitebsk State Technological University*, no. 1 (22), pp. 58–64 [In Russian].
- Lisovskaya, N.M. (2017). *Lecture notes of the UD "Materials Science of shoe production"* [Konspekt lektsii UD «Materialovedenie obuvnogo proizvodstva»], [Online], URL: <https://infourok.ru/konspekt-lekcii-k-ud-materialovedenie-obuvnogo-proizvodstva-1703587.html> (Accessed date: 24.04.2025) [In Russian].
- Lisyutina, A.I. (2020). Product quality: the concept and characteristics of quality [Kachestvo produktsii: ponyatie i harakteristiki kachestva], *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Proceedings of*

Tula State University. Technical Sciences, no. 3, pp. 282–285 [In Russian]

Radyuk, A.N., Kolal'chuk, E.A. and Burkin, A.N. [2022]. *Materialy dlya podoshv obuvi na osnove othodov proizvodstva* [Materials for shoe soles based on industrial waste]. Vitebsk: UO "VSTU", Republic of Belarus [In Russian].

Tarasova, T.V. [2021]. Product quality [Kachestvo produkci], *Molodye uchyonye = Young Scientists*, vol. 35 [377], pp. 47–48 [In Russian].

Chaikumpollert, O., Yamamoto, Y. and Suchiva, K. [2012]. Mechanical properties and cross-linking structure of cross-linked natural rubber. *Polymer Journal*, vol. 44, pp. 772–777.

Eyssa, H.M., Maziad Nabila, A., Kansouh Wagdy and Ramadan Wageeh [2024]. Neutron attenuation performance of EPDM rubber with BN Nanoparticles/B2O3 composite and studying physical, thermal and mechanical properties, *Nuclear Engineering and Technology*, vol. 56, no. 11, pp. 4563–4577.

Kim, In-Ju [2016]. Identifying shoe wear mechanisms and associated tribological characteristics: Importance for slip resistance evaluation. *Wear*, vol. 360–361, pp. 77–86

Mohammed Saja Q., Alhumdany Abdulkareem A. and Al-Waily Muhannad L. [2017]. Effect of nano zinc oxide on tensile properties of natural rubber composite, *Kufa Journal of Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 77–90.

Subramanian, N., Senthilvel, K. and Prabu, B. [2020]. Morphology and Mechanical Properties of NBR/PVC Hybrid Nanocomposites, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 9, no. 1, pp. 2606–2611.

Yamano Masaki, Saito Takayuki, Yamamoto Yoshimasa and Kawahara Seiichi [2025]. Effect of proteins on the structure of crosslinking junctions and mechanical properties of vulcanized natural rubber, *Polymer Testing*, vol. 146, pp. 1–9.

Информация об авторах

Information about the authors

Нейфельд Мария Александровна

Аспирант кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: mneufeld8@yandex.by

Maria A. Neufeld

Postgraduate Student of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: mneufeld8@yandex.by

Буркин Александр Николаевич

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: a.burkin@tut.by

Alexander N. Burkin

Doctor of Science (in Engineering), Professor, Professor at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: a.burkin@tut.by