

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

2026, Том 11, № 3 / 2026, Vol. 11, Iss. 3 <https://kostumologiya.ru/issue-3-2026.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/06TLKL326.pdf>

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Еспенко, Ю. А. Комплексное исследование физико-механических свойств хлоропренового каучука (неопрена) для верха обуви / Ю. А. Еспенко, О. В. Синёва // Костюмология. — 2026. — Т. 11. — № 3. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/06TLKL326.pdf>.

For citation:

Espenko Yu.A., Sineva O.V. The comprehensive study of the physical and mechanical properties of chloroprene rubber (Neoprene) for upper shoes. *Journal of Clothing Science*. 2026;11(3): 06TLKL326. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/06TLKL326.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 685.34.036

Еспенко Юлия Алексеевна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Аспирант

E-mail: akyula_85@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=874653

Синёва Ольга Владимировна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия

Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: Olga-mgudt@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2871-3833>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=435847

Комплексное исследование физико-механических свойств хлоропренового каучука (неопрена) для верха обуви

Аннотация. В статье проведён анализ современного ассортимента обуви отечественных и зарубежных производителей с применением в конструкциях верха материалов на основе хлоропренового каучука (неопрена). Авторами представлено исследование основных характеристик физико-механических свойств высокотехнологичного материала — хлоропренового каучука, широко применяемого в качестве основы материалов деталей верха при изготовлении обуви различного назначения. Для решения поставленных задач использовались современные методики измерения физических и механических свойств. В процессе исследования определялись стандартные характеристики физических свойств материала, такие как плотность и твёрдость, водопроницаемость, а также стандартные показатели механических свойств при деформациях растяжения и сжатия, усадка материала при воздействии повышенной температуры. Результаты исследований сравнивались и сопоставлялись с требованиями нормативно-технической документации. Исследование разрабатывается в рамках диссертации Еспенко Ю. А. «Обоснование и разработка рациональных конструкций обуви различного назначения по показателям физико-механических свойств пакетов материалов верха и низа». Полученные в ходе комплексного исследования результаты могут быть использованы обувными предприятиями при изготовлении повседневной, спортивной, медицинской ортопедической и профилактической обуви и обуви

для занятий в водной среде, а также туризмом, охотой и рыбалкой, с целью осуществления рациональной комплектации материалов и систем материалов обуви на стадии конструкторско-технологической подготовки производства и обеспечить высокое качество и необходимый уровень потребительских свойств готовой обуви.

Ключевые слова: полимерные материалы; хлоропреновый каучук; неопрен; методы исследования; физико-механические свойства; анализ; конструкции; качество; обувь

Введение

За последние десятилетия произошло резкое увеличение ассортимента применяемых при изготовлении обуви материалов, возникновение принципиально новых способов работы с ними и изменение некоторых технологических операций и конструкций, это делает актуальным анализ и исследование новых материалов при разработке рациональной конструкции обуви различного назначения по основным показателям физико-механических свойств материалов и систем материалов, из которых состоит конструкция, что приводит к повышению качества обуви и обеспечению необходимого уровня потребительских свойств производимой обуви на стадии конструкторско-технологической подготовки производства.

В современной обувной промышленности широкое применение получили материалы на основе каучуков, в том числе для верха обуви.

На основе проведенного анализа современных конструкций обуви, показателей физико-механических свойств полимерных материалов на основе каучуков, данных об использовании различных материалов в отдельных типах обуви и данных о средней себестоимости изготовления обуви с применением данных материалов преимущественно в качестве материалов деталей верха в зависимости от технологии в качестве объектов исследования был выбран достаточно широко применяемый производителями изделий легкой промышленности, включая обувь, высокотехнологичный материал — хлоропреновый каучук — ХПК (неопрен¹, Neoprene, CR — Chloroprene Rubber), полученный путём полимеризации хлоропрена [1–14].

Материалы на основе хлоропренового каучука имеют высокие показатели потребительских (водонепроницаемость, способность к сохранению тепла, эластичность, стойкость к старению, амортизационная способность, прочность при различных видах деформациях, устойчивость к действию агрессивных сред, атмосфероустойчивость и др.) и технико-экономических свойств (возможность применения новых методов обработки и сборки деталей, соответствие требованиям нормативно-технической документации и др.), придающие данному материалу возможность использования в рациональных конструкциях обуви, эксплуатируемой при различных условиях носки [15].

¹ Патентовед.com. — URL: <https://patentoved.com/news?tableid=340&itemid=152> (дата обращения: 14.03.2026).

Анализ конструкций моделей обуви с применением материалов на основе хлоропренового каучука

Данный вид материала используется при производстве обуви различного назначения²: повседневной³, спортивной, медицинской ортопедической и профилактической обуви⁴ и обуви для занятий туризмом, охотой и рыбалкой.⁵

В рамках данного исследования был проведён анализ некоторых конструкций обуви из ассортимента отечественных и зарубежных производителей, где в качестве деталей верха обуви используются материалы на основе хлоропренового каучука (рис. 1–6).



Рисунок 1. Модели обуви с верхом из материалов на основе CR-каучука: а — сапоги мужские для рыбалки CB-90HP⁶, б — сапоги мужские для рыбалки Nordman Neo Plus⁷; в — сапоги зимние специализированные «NORDIS» Prof⁸; г — зимние полусапоги для охоты и рыбалки HARWELD MINI Jaeger⁹; д — сапоги для осенне-весеннего периода носки RM 3330-306¹⁰; е — зимние мужские специализированные сапоги Kamik Field Day¹¹

² ГОСТ 23251-2023 Обувь. Термины и определения. Издание официальное. — М.: Российский институт стандартизации, 2023. — 15 с.

³ ГОСТ 26167-2005 Обувь повседневная. Общие технические условия. Издание официальное. — М.: Стандартинформ, 2006. — 11 с.

⁴ ГОСТ Р 54407-2020 Обувь ортопедическая. Общие технические условия. Издание официальное. — М.: Стандартинформ, 2020. — 15 с.

⁵ ГОСТ 5375-79 Сапоги резиновые формованные. Технические условия. Издание официальное. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 13 с.

⁶ Сапоги рыбацкие из ЭВА с утеплителем, надставка из неопрена CB-90HP, Изображение электронное // Источник: «ЛПО-Вездеход», [сайт]. — URL: https://vezdekhod.com/catalog/sv_90nr_sapogi_rybatskie_iz_eva_s_uteplitelem_nadstavka_iz_neoprena/ (дата обращения: 14.03.2026).

⁷ Сапоги забродные Nordman Neo Plus из неопрена на ТЭП подошве осенний лист, Изображение электронное // Источник: Nordman, [сайт]. — URL: <https://www.nordman.ru/product/nordman-neo-plus-eva-neopren-162/> (дата обращения: 13.06.2026).

⁸ Сапоги «NORDIS» Prof синие, Изображение электронное // Источник: Томский завод резиновой обуви, [сайт]. — URL: <https://tzro.ru/product/nordis-prof-sinie-novyj/> (дата обращения: 14.06.2026).

⁹ Сапоги «Harweld mini» Jaeger, Изображение электронное // Источник: HARWELD, [сайт]. — URL: <https://harweld.ru/product/zimnie-sapogi-s-flisom-i-mekhom-model-mini-jaeger/> (дата обращения: 14.06.2026).

¹⁰ Полусапоги «Remington Neoprene boots», Изображение электронное // Источник: Remington, [сайт]. — URL: <https://remingtonsw.com/catalog/boots/product/remington-neoprene-boots/> (дата обращения: 14.06.2026).

¹¹ Сапоги «Field Day», Изображение электронное // Источник: Kamik, [сайт]. — URL: https://www.kamik.com/products/field-day-mens-work-boots?variant=47691227594889&_pos=12&_sid=b94fa39a6&_ss=r (дата обращения: 14.06.2026).



Рисунок 2. Модели медицинской ортопедической и профилактической обуви с эластичными вставками из материалов на основе CR-каучука¹²



Рисунок 3. Модели с деталями из материалов на основе CR-каучука:
а — полуботинки для активного отдыха Expected result¹³; б — полуботинки для активного отдыха Enkel¹⁴; в — полуботинки садовые GreenStep Series Waterproof Slip-On Garden Shoes¹⁵



Рисунок 4. Модели ботинок лыжных с чехлами из материалов на основе CR-каучука: а — Overboot 505; б — Bootcover Thermo 503¹⁶

¹² Сабо медицинские женские ортопедические MED 912, MED 934, Изображение электронное // Источник: Leonmedical, [сайт]. — URL: <https://leonmedikal.ru/#!/tproduct/344997736-1628681325208>; <https://leonmedikal.ru/#!/tproduct/344967522-1655192828914> (дата обращения: 14.06.2026).

ОБУВЬ LEON САБО ЖЕНСКИЕ MED953В ЧЕРНЫЙ, Изображение электронное // Источник: Ортопедические товары, обувь и медицинская техника, [сайт]. — URL: <https://ortoped-shop.ru/catalog/comfort-plus-shoes/women-comfort-shoes/sabo-zhenskie-komfort-obuv-leon-sabo-zhenskie-med953b-chernyy/> (дата обращения: 14.06.2026).

¹³ Полуботинки «Expected Result», Изображение электронное // Источник: Remington, [сайт]. — URL: <https://remingtonsw.com/catalog/boots/product/expected-result/#4> (дата обращения: 14.06.2026).

¹⁴ Полуботинки «Enkel», Изображение электронное // Источник: Spine, [сайт]. — URL: <https://spine.ru/products/shoes/lifestyle/enkel/> (дата обращения: 14.06.2026).

¹⁵ Полуботинки «Trudave GreenStep Series Waterproof Slip-On Garden Shoes Durable Rubber Outdoor Footwear», Изображение электронное // Источник: Trudave Gear, [сайт]. — URL: <https://www.trudavegear.com/products/unisex-waterproof-slipon-durable-rubber-garden-shoes-greenstep-trudavegear?variant=49150740463893> (дата обращения: 14.06.2026).

¹⁶ Ботинки «Overboot 505», «Bootcover Thermo 503», Изображение электронное // Источник: Spine, [сайт]. — URL: https://spine.ru/products/nordic_ski_boots/overboot_505/; https://spine.ru/products/nordic_ski_boots/Bootcover_Thermo_503/ (дата обращения: 14.06.2026).



Рисунок 5. Модели повседневных женских сапог для осенне-весеннего периода носки с голенищами из материалов на основе CR-каучука: а — Balance; б — Mover 501¹⁷



Рисунок 6. Модели обуви для занятий в водной среде с верхом из материалов на основе CR-каучука¹⁸: а — ботинки «BT-95C41»; б — ботинки «BT-25U3»; в — полуботинки «ASC-G20»; г — полуботинки «BT-141C-PK»

Анализ конструкций обуви различного назначения, представленный на рисунках 1–6, показал, что материалы на основе хлоропренового каучука широко применяется в обуви для различного рода занятий (туризм, охота, рыбалка и др.), медицинской ортопедической и профилактической, повседневной и спортивной в качестве таких деталей верха как голенище, задинка, берцы, части детали союзки, детали верхнего канта и др., к которым предъявляются производственно-технологические и функционально-потребительские требования, определяемые характеристиками физико-механических свойств материалов, знание которых позволяет осуществить рациональную комплектацию материалов для обуви на стадии конструкторско-технологической подготовки производства и обеспечить её высокое качество и необходимый уровень потребительских свойств.

Целью работы является анализ существующих методов оценки физико-механических свойств хлоропренового каучука, применяемого в качестве основы систем материалов для деталей верха обуви различного назначения: повседневной, медицинской профилактической и ортопедической обуви и обуви для различного рода занятий (туризм, охота и рыбалка и др.), производимой на территории РФ, и их исследование на базе аккредитованной лаборатории предприятия производителя различных видов каучука (Китай), а также возможность использования испытательного оборудования для научных целей.

¹⁷ Сапоги «Balance», «Mover 501», Изображение электронное // Источник: Spine, [сайт]. — URL: <https://spine.ru/products/shoes/lifestyle/balance/>; https://spine.ru/products/shoes/lifestyle/mover_501/ (дата обращения: 14.06.2026).

¹⁸ Модели «BT-95C41»; «BT-25U3»; «ASC-G20»; «BT-141C-PK», Изображение электронное // Источник: Aropec Sports Corp. [сайт]. — URL: <https://www.aropec.com/uploadfiles/952/%E9%9B%BB%E5%AD%90%E5%9E%8B%E9%8C%84ECATALOG/2026-catalog.pdf> (дата обращения: 14.06.2026).

Показатели свойств хлоропренового каучука для обуви

Хлоропреновый каучук представляет собой синтетический эластомер, получаемый полимеризацией хлоропрена (2-хлор-1,3-бутадиена) [16].¹⁹

Перечень показателей оценки качества обувных материалов и деталей включает в себя: плотность, предел прочности при растяжении, удлинение при разрыве, остаточное удлинение, твердость, сопротивление многократному изгибу, сопротивление истиранию, клеящую способность, усадку и сопротивление раздиру, гибкость, толщину, условную прочность и относительное удлинение при разрыве и др.²⁰

На сегодняшний день все применяемые материалы для верха обуви должны соответствовать требованиям, установленным стандартами для обуви определённого назначения. Для производства обуви надлежащего качества обувным предприятиям необходимо проводить самостоятельную оценку качества материалов и сотрудничать с производителями и поставщиками материалов, предоставляющими всю необходимую информацию о показателях свойств поставляемых материалов и гарантирующими заявленные и требуемые показатели для каждой поставляемой партии.

На основании анализа показателей свойств и требований, приведённых в нормативно-технической документации, нами установлена номенклатура основных показателей качества хлоропренового каучука для деталей верха обуви различного назначения, по которому проводилось исследование (табл. 1).

Таблица 1

Номенклатура показателей качества

Наименование показателя качества	Обозначение
Твердость, усл. ед.	H
Плотность, г/см ³	ρ
Предел прочности при растяжении, кг/см ²	$P_{\text{рст}}$
Относительное удлинение при разрыве, %	ε_r
Прочность при разрыве, кг/см	$P_{\text{разр}}$
Водопроницаемость, %	W
Сопротивление сжатию, %	CS
Усадка при повышенной температуре, %	Si

Разработано авторами

Объекты, методы и результаты исследования физико-механических свойств

Объектом исследования является полимерный материал — вспененный хлоропреновый каучук (ХПК, CR-каучук).

Предметом исследования являются физико-механические свойства вспененного хлоропренового каучука (неопрена), являющегося основой систем материалов для деталей обуви. Для их исследования были использованы следующие виды оборудования: твердомеры PTC Analog e2000 Durometer — 501E (E-Scale), GS-701N фирмы «ASKER», весы электронные

¹⁹ ГОСТ ISO 1629-2019 Каучук и латексы. Номенклатура. Издание официальное. — М.: Стандартинформ, 2019. — 6 с.

ГОСТ ISO 2475-2013 Каучук хлоропреновый (CR). Методы оценки. Издание официальное. — М.: Стандартинформ, 2014. — 11 с.

²⁰ Справочник обувщика (Проектирование обуви, материалы) / Л. П. Морозова [и др.]. — М.: Легпромиздат, 1988. — 432 с.

Зурабян, К. М. Материаловедение изделий из кожи / К. М. Зурабян, Б. Я. Краснов, М. М. Бернштейн. — М.: Легпромбытиздат, 1988. — 416 с.

аналитические марки HZY, универсальную испытательную машину на растяжение марки BGD 575 и др. Также при исследовании были использованы поверенные приборы, произведённые в РФ: твердомер 2033 ТИР, штангенциркуль цифровой типа 1ШЦЦ-I-300.²¹

Все исследования проводились в аккредитованной лаборатории китайской компании, являющейся крупнейшим мировым производителем и экспортером высокотехнологичных продуктов из резины и полимеров. Компания прошла сертификацию по системе менеджмента качества и экологического менеджмента.²² Ниже представлены методы и средства для исследования свойств материала на основе хлоропренового каучука.

Определение твёрдости по Шору

Исследования показателя твёрдости хлоропренового каучука для обуви производилось согласно трём различным стандартам: (1) американскому стандарту ASTM D2240, наиболее широко применяемому в мировой практике²³; (2) японскому стандарту JIS K 7312, JIS S 6050²⁴; (3) по ГОСТ 263-75, действующему на территории РФ.²⁵ Выбор твердомера и метода испытания производилось исходя из того, что хлоропреновый каучук относится к мягким резинам, т. е. к материалам с низкими показателями твёрдости.

Принцип определения твёрдости согласно различным стандартам основан на измерении глубины вдавливания в материал индентора (дюрометра), снабжённого специальным приспособлением или элементом крепления груза, центрированного по оси индентора, позволяющим создавать определённое прижимное усилие. Усилие регламентируется нормативно-технической документацией на конкретные материалы.

Индентор представляет собой стержень из закалённой стали с различным исполнением стержня и стального шарика в зависимости от метода Шор. Твёрдость при вдавливании обратно пропорциональна глубине вдавливания и зависит от модуля упругости и вязко-эластичных свойств материала.

На получаемые результаты влияет форма индентора и прилагаемая к нему сила, поэтому между результатами, получаемыми при испытаниях с дюрометрами разных типов или другими приборами для измерения твердости, не может быть прямой зависимости.

Внешний вид приборов для измерения твердости резины по Шору по трём различным методикам представлены на рисунке 7.

²¹ ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия. Издание официальное. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1991. — 10 с.

²² SO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. — URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en> (дата обращения: 14.03.2026).

ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use. — URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en> (дата обращения: 14.03.2026).

²³ ASTM-D2240:2015 Standard Test Method for Rubber Property — Durometer Hardness. — P. 13. — URL: <https://plantech.com/wp-content/uploads/2017/05/ASTM-D2240-Durometer-Hardness.pdf> (дата обращения: 14.03.2026).

²⁴ JIS K 7312:1996 Physical testing methods for molded products of thermosetting polyurethane elastomers 31-07-1996 P. 121. — URL: <https://standards.globalspec.com/std/638718/JIS%20K%207312> (дата обращения: 14.03.2026).

JIS S 6050:2002 Plastics erasers Japanese Standards Association 31-01-2002 P.6. — URL: https://www.intertekinform.com/en-gb/standards/jis-s-6050-2002-632307_saig_jsa_jsa_1450354/ (дата обращения: 14.03.2026).

²⁵ ГОСТ 263-75 Резина. Метод определения твердости по Шору А. Издание официальное. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. — 6 с.



Рисунок 7. Внешний вид твердомеров по Шору: а — GS-701N

в соответствии со стандартами JIS K 7312/JIS S 6050 (тип индентора по шкале ASKER-C); б — PTC Analog e2000 Durometer — 501E в соответствии со стандартом ASTM D2240 (тип индентора по шкале E); с — 2033 ТИР в соответствии со стандартом ГОСТ 263-75 (тип шкалы А) (фото авторов)

Данные, полученные в ходе проведения испытаний показателя твёрдости по трём различным методикам представлены в таблице 2.

Таблица 2

Данные твёрдости образцов хлоропренового каучука для обуви

Метод испытания	Тип индентора	Форма индентора	Условия испытания (прижимное усилие / толщина, не менее)	Толщина материала	Значение показателя твёрдости Н, усл. ед.					Среднеарифметическое значение показателя твёрдости, усл. ед.
					Номер образца					
					1	2	3	4	5	
ASTM D2240, метод E	E, полусфера r = 2,55 мм		1 кг / не менее 10 мм	2 мм	12,5	13	12,5	13,5	12	12,7
				5 мм	13	13	13	13	13	13
JIS K 7312, метод C	C, полусфера Ø 5,08 мм		1 кг / не менее 10 мм	2 мм	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
				5 мм	13	13	13	13	13	13
ГОСТ 263-75, метод A	A, усеченный конус, угол конуса 35°		1 кг / не менее 6 мм	2 мм	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,7
				5 мм	7	7	7	7	7	7

Разработано авторами

Как показывают данные таблицы 2, твёрдость материала на основе хлоропренового каучука в зависимости от метода испытания составляет по Шору: в соответствии со стандартом JIS K 7312/JIS S 6050 (тип индентора по шкале ASKER-C) — 12,5 усл. ед. для толщины 2 мм, 13 усл. ед. для толщины 5 мм; в соответствии со стандартом ASTM D2240 (тип индентора по шкале E) — 12,7 усл. ед. для материала с толщиной 2 мм, 13 усл. ед. для толщины 5 мм; в соответствии со стандартом ГОСТ 263-75 (тип шкалы А) — 6,7 усл. ед. для материала с толщиной 2 мм, 7 усл. ед. для толщины 5 мм.

Данные показателя твёрдости используются для оценки деформации материала под нагрузкой, а также для контроля постоянства свойств во времени и между поставляемыми партиями.

Кроме этого данный показатель помогает производителю прогнозировать поведение материалов в зависимости от условий окружающей среды (воздействий химикатов, изменения температуры).

Определение плотности

Для определения плотности (ρ) в кг/м^3 использовались лабораторные электронные аналитические весы марки HZY для измерения удельного веса/относительной плотности (Specific gravity) марки HZ китайской фирмы HUAZHI (рис. 8) согласно стандарту ASTM1817.²⁶

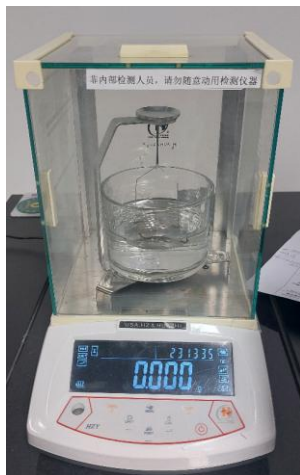


Рисунок 8. Весы электронные аналитические марки HZY фирмы HUAZHI (фото авторов)

Принцип работы и расчётов аналитических весов для определения показателя плотности в г/см^3 для материала соответствует расчётам, представленным в стандарте ASTM D1817. Вес тестируемого образца для данного оборудования должен быть не более 220 г, требования к форме образца не предъявляются. Образцы взвешиваются на воздухе, затем повторно взвешиваются в дистиллированной воде при стандартной лабораторной температуре. Процесс измерения изображён на рисунке 9. Для получения тестируемых материалов должно быть взято не менее пяти тестовых образцов, а в качестве результата должно быть взято среднее значение. Результаты полученных измерений представлены в таблице 3.

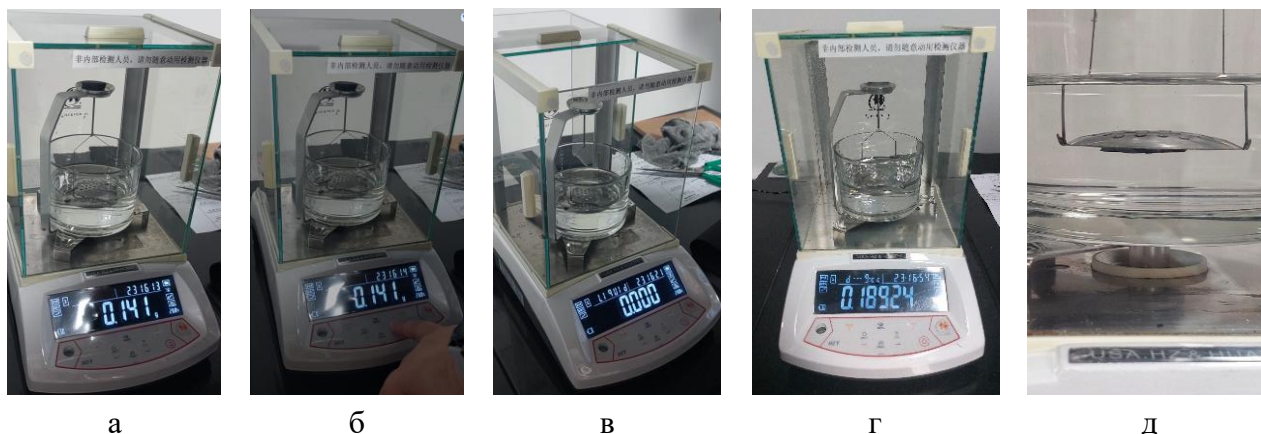


Рисунок 9. Принцип измерения: а — этап взвешивания образца на платформе весов в воздухе; б — этап фиксации значения веса; в — этап снятия образца с весов и подготовка к взвешиванию в жидкости; г — этап взвешивания в камере с жидкостью и фиксация данных тестируемого образца, г/см^3 ; д — форма опоры-подвесной корзины (выпуклая) (фото авторов)

²⁶ ASTM D1817-05 Standard Test Method for Rubber Chemicals — Density. P. 3. — URL: https://www.intertekinform.com/en-gb/standards/astm-d-1817-2005-r2011-141633_saig_astm_astm_2638253/ (дата обращения: 14.03.2026).

Таблица 3

Результаты определения плотности хлоропренового каучука для обуви

Толщина материала	Значение показателя плотности ρ , г/см ³					Среднеарифметическое значение показателя плотности ρ , г/см ³
	Номер образца					
	1	2	3	4	5	
2 мм	0,17171	0,17095	0,17133	0,17145	0,17163	0,17141
5 мм	0,19169	0,18924	0,19047	0,18986	0,19073	0,19053

Разработано авторами

Как следует из данных таблицы 3, значения плотности материала на основе хлоропренового каучука толщиной 2 мм и 5 мм составили 0,17141 г/см³ и 0,19053 г/см³ соответственно.

Определение упруго-прочностных свойств хлоропренового каучука для верха обуви

Исследование по определению упруго-прочностных свойств полимерного материала — хлоропренового каучука проводилось с использованием универсальной одностоечной испытательной машины для испытания на растяжение марки BGD 575 (разрывная машина — рисунок 10 а), оснащённую сенсорным экраном (рис. 10 б) и устройством для измерения деформации образца при нагрузке (экстензометром) в соответствии с требованиями, установленными международными стандартами ASTM D412²⁷ и ASTM D624²⁸.

Исследование согласно стандартного метода испытаний на растяжение для оценки механических свойств вулканизированной резины и термопластичных эластомеров ASTM D412, заключается в одноосном растяжении образцов с постоянной скоростью 500 ± 50 мм/мин до разрыва и измерении силы при заданных удлинениях и в момент разрыва и удлинения образца в момент разрыва. В стандарте ASTM D412 указан образец в форме двусторонней лопатки. В спецификации описаны 6 вариантов размеров образца, но предпочтительным является образец «А», форма и размеры которого изображены на рисунке 11. Измерение толщины каждого образца производилось с помощью штангенциркуля цифрового типа ШЦЦ-I-300 в трех точках в пределах его длины, при этом для расчетов принимается среднее значение (рис. 12). В процессе испытания были получены необходимые данные для определения предела прочности при растяжении $R_{раст}$ и относительного удлинения при разрыве ε_r .

Проведено исследование материала на сопротивление разрыву с помощью той же разрывной машины методом ASTM D624, при котором образец зажимается между двумя держателями и к нему прикладывается равномерное усилие со скоростью 500 ± 50 мм/мин до тех пор, пока не произойдёт вышеупомянутая деформация. Для испытания использовались образцы типа «С», форма и размеры которого изображены на рисунке 13. Измерение толщины каждого образца производилось с помощью штангенциркуля цифрового типа ШЦЦ-I-300 в трех точках в пределах его длины, при этом для расчетов принималось среднее значение. В процессе испытания получены необходимые данные для определения прочности при разрыве $R_{разр}$.

Результаты испытаний и вычислений по формулам (1), (2), (3), (4) представлены в таблицах 4, 5 и 6.

²⁷ ASTM D412-16(2021) Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension. — URL: <https://store.astm.org/d0412-16r21.html> (дата обращения: 14.03.2026).

²⁸ ASTM D624-00(2020) Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers. — URL: <https://store.astm.org/d0624-00r20.html> (дата обращения: 14.03.2026).



Рисунок 10. Внешний вид: а — универсальной испытательной машины на растяжение; б — сенсорного экрана (фото авторов)

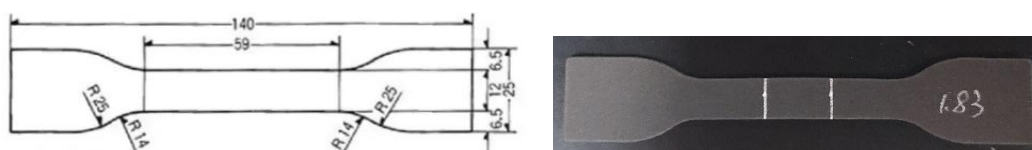


Рисунок 11. Форма и размеры образца-лопаточки (тип «А») по ASTM D412 (фото авторов)



Рисунок 12. Изображение штангенциркуля цифрового типа ШЦЦ-I-300²⁹

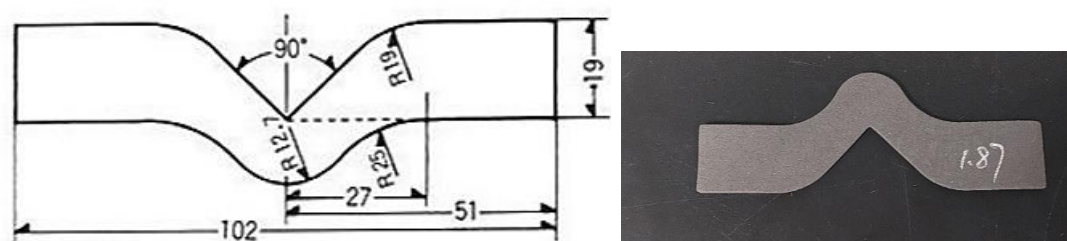


Рисунок 13. Форма и размеры образца типа «С» по ASTM D624 (фото авторов)

²⁹ ГОСТ ISO 1629-2019 Каучук и латексы. Номенклатура. Издание официальное. — М.: Стандартинформ, 2019. — 6 с.

Таблица 4

Данные, полученные в ходе испытаний
хлоропенового каучука для обуви толщиной 2 мм

Метод испытания	Наименование параметра	Ед. измерения	Значение параметра					Среднеарифметическое значение параметра
			Номер образца					
			1	2	3	4	5	
ASTM D412	Толщина, t	мм	1,83	1,84	1,92	1,86	1,95	1,88
	Максимальная нагрузка при растяжении, F_{max}	кг	1,34	1,47	1,47	1,41	1,51	1,44
	Площадь поперечного сечения образца, S	см ²	0,220	0,221	0,230	0,223	0,234	0,226
	Удлинение после разрыва, L_p	мм	81,6	81,6	83,6	80,8	80,4	81,60
ASTM D624	Толщина, t	мм	1,87	1,86	1,84	1,83	1,91	1,86
	Нагрузка при разрыве, F_p	кг	0,56	0,56	0,58	0,58	0,56	0,57

Разработано авторами

Таблица 5

Данные, полученные в ходе испытаний
хлоропенового каучука для обуви толщиной 5 мм по стандарту

Метод испытания	Наименование параметра	Ед. измерения	Значение параметра					Среднеарифметическое значение параметра
			Номер образца					
			1	2	3	4	5	
ASTM D412	Толщина, t	мм	5,33	5,35	5,29	5,25	5,20	5,28
	Максимальная нагрузка при растяжении, F_{max}	кг	4,45	4,18	4,23	4,24	4,61	4,34
	Площадь поперечного сечения образца, S	см ²	0,640	0,642	0,635	0,630	0,624	0,644
	Удлинение после разрыва, L_p	мм	82,4	81,6	83,6	81,8	80,6	82,00
ASTM D624	Толщина, t	мм	5,34	5,34	5,35	5,25	5,33	5,32
	Нагрузка при разрыве, F_p	кг	1,62	1,71	1,67	1,75	1,72	1,70

Разработано авторами

Площадь поперечного сечения образца S рассчитывается по формуле 1:

$$S = L \times t, \quad (1)$$

где:

S — первоначальная площадь поперечного сечения, см²;

L — ширина образца, см;

t — толщина образца, см.

Предел прочности при растяжении $P_{рст}$ рассчитывается по формуле 2:

$$P_{рст} = \frac{F_{max}}{S}, \quad (2)$$

где:

$P_{рст}$ — прочность при растяжении, кг/см²;

F_{max} — максимальное усилие при растяжении, кг;

S — первоначальная площадь поперечного сечения, см².

Относительное удлинение при разрыве ε_p рассчитывается по формуле 3:

$$\varepsilon_p = \frac{L_p - L_0}{L_0} * 100 \%, \quad (3)$$

где:

ε_p — относительное удлинение при разрыве, %;

L_p — значение удлинения образца после разрыва, мм;

L_0 — начальное значение длины образца, мм (20 мм).

Прочность при разрыве $P_{разр}$ рассчитывается по формуле 4:

$$P_{разр} = \frac{F_p}{t}, \quad (4)$$

где:

$P_{разр}$ — прочность при разрыве, кг/см;

F_p — нагрузка при разрыве, кг;

t — толщина образца, см.

Таблица 6

Результаты вычислений упруго-прочностных характеристик

Метод испытания	Среднеарифметическое значение толщины материала t , мм	Среднеарифметические значения упруго-прочностных характеристик		
		$P_{раст}$, кг/см ²	ε_p , %	$P_{разр}$, кг/см
ASTM D412	1,88	6,51	308	—
	5,28	6,88	310	—
ASTM D624	1,86	—	—	3,10
	5,32	—	—	3,25

Разработано авторами

Исследование упруго-прочностных характеристик материала, представленных в таблицах 4–6, показало, что значения предела прочности при растяжении составили 6,51 кг/см² для образца с толщиной 2 мм и 6,88 кг/см² для образца толщиной 5 мм, значения относительного удлинения при разрыве — 308 % и 310 %, значения прочности при разрыве — 3,10 кг/см и 3,25 кг/см соответственно, что характеризует материал высокой способностью к растяжению и высокими прочностными характеристиками.

Упруго-прочностные характеристики материалов особо важны для оценки потребительских и технологических свойств, особенно в условиях, где они подвергаются значительному напряжению.

Определение показателя водопроницаемости

Исследование показателя водопроницаемости производится по американскому стандарту ASTM D1056³⁰, который определяет классификацию и требования к гибким губчатым (открыто-ячеистым) или вспененным (закрыто-ячеистым) резиновым материалам из синтетических, натуральных каучуков, а также с добавками за исключением латексной вспененной резины, обеспечивая соответствие их физическим свойствам (плотность, прочность) для различных

³⁰ ASTM D1056-2020 Standard Specification for Flexible Cellular Materials-Sponge or Expanded Rubber. — URL: <https://store.astm.org/d1056-20.html> (дата обращения: 01.02.2026).

промышленных применений.³¹ Стандарт гарантирует, что материалы соответствуют необходимым эксплуатационным характеристикам для широкого спектра применений, включая обувную промышленность.

Этот метод испытаний определяет водопоглощающие свойства резиновых материалов с закрытыми порами путем измерения изменения веса (массы) после определенного периода погружения в воду. Этот метод испытаний косвенно позволяет оценить ячеистую структуру образца/содержание закрытых ячеек.

Для данного испытания использовались образцы квадратной формы толщиной приблизительно 12,5 мм и площадью 2500 мм². Образцы взвешивались в воздухе, после погружались в дистиллированную воду комнатной температуры от 18 до 35°C на глубину 50 мм от поверхности воды, давление над поверхностью воды понижалось до 17 кПа на 3 минуты. После отключения вакуума образец выдерживался под водой 3 минуты при атмосферном давлении. После этого образец извлекался и рассчитывалось процентное изменение массы (формула 3).

Для вакуумной насыщающей подготовки пористых материалов для точного измерения водопроницаемости пористых материалов использовалась автоматическая вакуумная инфильтрационная машина марки MZ-V2 (рис. 14), поскольку на поверхности вспененного каучука большое количество мелких открытых пор, через которые жидкости сложно проникать в структуру материала при обычных условиях, необходимо быстрое проникновение жидкости в поры с помощью вакуума и отрицательного давления, чтобы материал начал впитывать жидкость. Оборудование оснащено сенсорным дисплеем с управляемыми кнопками для установки давления поддержания вакуума, выпуском воздуха, сигнализацией, а также вакуумным резервуаром.

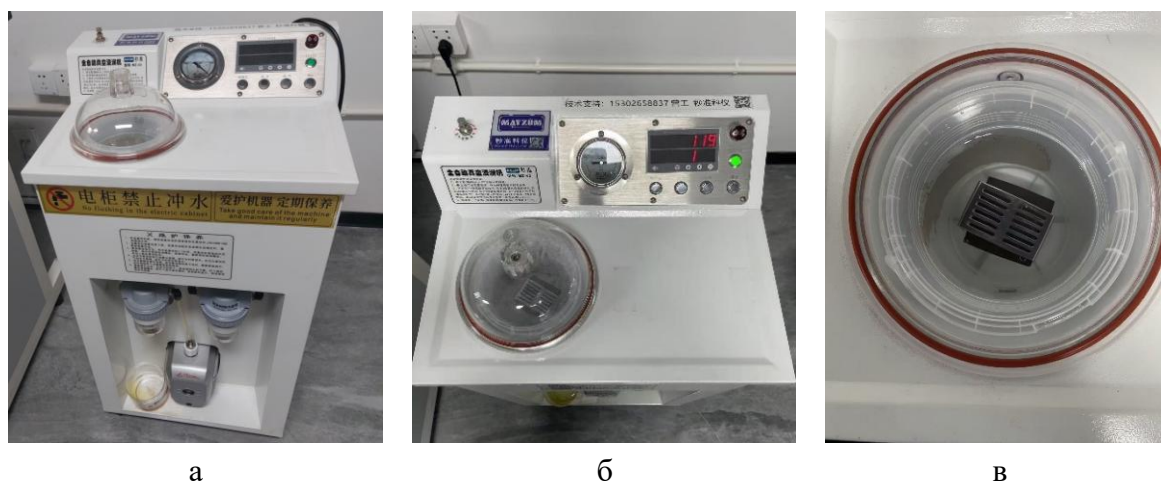


Рисунок 14. Внешний вид: а — автоматической вакуумной инфильтрационной машины марки MZ-V2; б — дисплея и вакуумного резервуара; в — вакуумного резервуара с образцом, помещенным в дистиллированную воду (фото авторов)

Для измерения водопроницаемости использовалась специальная модель электронного плотномера твердых веществ (или тестера плотности) марки MZ-Y150 (рис. 15), предназначенного для быстрого и точного измерения плотности, удельного веса, массы, пористости и водопроницаемости различных твердых и пористых материалов, таких как каучук, ЭВА, вспененные полиуретан и полиэтилен, пластмассы, керамика и др., с использованием принципа

³¹ URL: <http://mzkeyi.com/?c=msg&ts=秒准%20MZ-Y150%20高精度海绵泡棉孔隙率%20吸水率%20密度比重测试仪> (дата обращения: 14.03.2026).

Архимеда (при котором вес измеряется в воздухе, а затем погружается в жидкость (обычно в воду) для определения плотности) с высокой точностью (с разрешением до 0,0001 г/см³).²⁶ Результаты вычислений показателя водопроницаемости представлены в таблице 7.

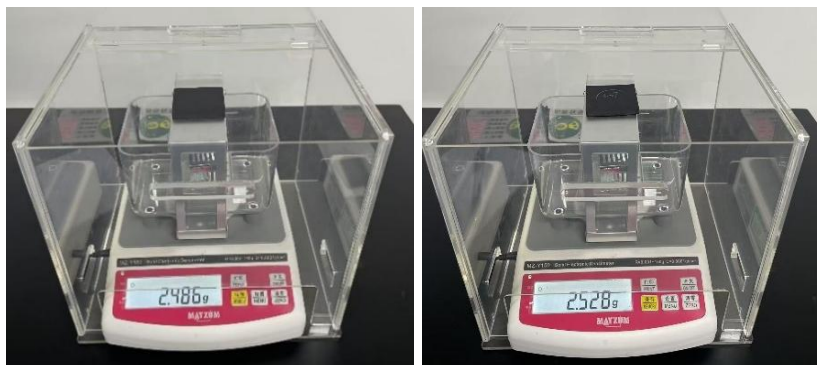


Рисунок 15. Электронный плотномер марки MZ-Y150 (фото авторов)

Расчёт процентного изменения массы осуществляется по формуле 5:

$$W = \frac{A - B}{B} * 100 \%, \quad (5)$$

где:

W — изменение массы, %;

A — конечная масса образца, г;

B — начальная масса образца, г.

Таблица 7

Результаты вычислений показателя водопроницаемости

Метод испытания	Наименование параметра	Ед. измерения	Значение параметра			Среднеарифметическое значение параметра
			Номер образца			
			1	2	3	
ASTM D1056	Начальная масса образца, В	г	2,486	2,478	2,471	2,478
	Конечная масса образца, А	г	2,528	2,525	2,514	2,522
	Водопроницаемость, W	%	1,69	1,90	1,74	1,78

Допустимое значение, $W_{\max} = 5 \%$ (плотность свыше 160 кг/м³). Разработано авторами

Как показывают данные таблицы 7, материал обладает высокими влагозащитными свойствами, что является особенно значимым для обуви, эксплуатируемой в условиях длительного воздействия влаги (туризм, охота, рыбалка). Показатель водопроницаемости составил 1,78 %, что соответствует допустимому значению показателя 5 % для каучуков с плотностью выше 160 кг/м³ и показывает возможность применения материала при необходимости обеспечения влагозащитных свойств готовой обуви.

Определение показателя сопротивлению сжатию

Испытание материала на сжатие проводилось согласно стандарту ASTM D395 по методу В³², при котором образец сжимался на фиксированный процент — 25 % от первоначальной толщины с помощью компрессионного устройства, состоящего из двух плоских стальных пластин, между которыми помещались образцы квадратной формы и размерами 50×50 мм с

³² ASTM D395-2018 Standard test methods for rubber property — Compression set. — URL: <https://store.astm.org/d0395-18.html> (дата обращения: 14.03.2026).

толщиной не менее 12,5 мм, и распорные планки для обеспечения постоянной величины сжатия толщиной 9,5 мм, соответствующей толщине деформации сжатия 25 % (рис. 16). За результат испытания принимается среднеарифметическое значение испытаний трёх образцов.

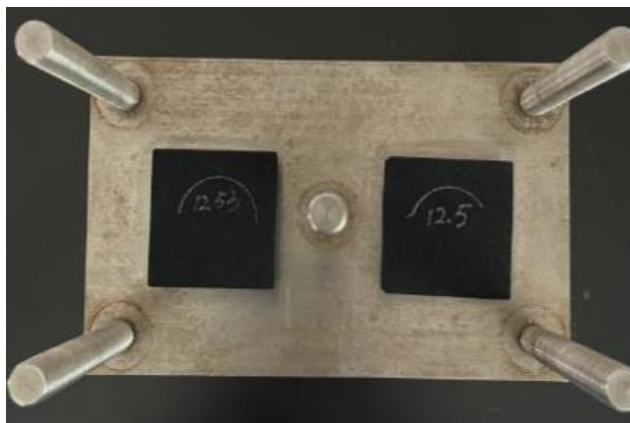


Рисунок 16. Изображение испытываемого образца и стальных пластин (фото авторов)

Перед испытанием отобранные образцы были помещены в атмосферу с комнатной температурой $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ и относительной влажностью $50 \pm 5\%$ на 24 часа. Измерения толщины производилось с помощью штангенциркуля, длины и ширины — с помощью металлической линейки³³ [38]. Фиксировалось первоначальное значение толщины до сжатия t_0 . Далее образец подвергался деформации сжатия 25 %, затем приспособление для испытания на сжатие с образцами помещалось в лабораторный сушильный электрический шкаф с термостатом и постоянной циркуляцией воздуха марки HZ-3013F (рис. 17) с установленной температурой 70°C на 22 часа.



Рисунок 17. Внешний вид лабораторного сушильного электрического шкафа с термостатом и постоянной циркуляцией воздуха марки HZ-3013F (поставщик Hengzhi Instrument Technology Co., Ltd) (фото авторов)

После выдержки образец извлекался из термошкафа, далее происходило измерение толщины образца после восстановления в течение 30 мин $t_{30\text{мин}}$ и 24 часов $t_{24\text{ч}}$. Расчёт сопротивления сжатию, определённого остаточной деформацией, выраженной в процентах от первоначального сжатия, осуществлялся по формуле 6:

³³ ГОСТ 427-75 Линейки металлические измерительные. Технические условия. Издание официальное. — М.: Стандартинформ, 2007. — 5 с.

$$Cs = \frac{t_0 - t_i}{t_0 - t_s} * 100 \%, \quad (6)$$

где:

Cs — остаточная деформация сжатия, %;

t_0 — первоначальная толщина образца, мм;

t_i — конечная толщина образца после восстановления (через 30 мин и 24 часа), мм;

t_s — толщина прокладки, мм.

Значения, полученные в результате вычислений по формуле (6) представлены в таблице 8.

Таблица 8

**Результаты исследования остаточной деформации при сжатии
после выдержки при $t = 70^\circ\text{C}$ и восстановления в течение 30 мин и 24 часов**

Метод испытания	Наименование параметра	Ед. измерения	Значение параметра			Среднеарифметическое значение параметра
			Номер образца			
			1	2	3	
ASTM D395	Толщина образца перед сжатием, t_0	мм	12,53	12,50	12,51	12,51
	Фактическое сжатие образца (25 %), t_s	мм	9,50	9,50	9,50	9,50
	Толщина образца после сжатия, $t_{30\text{мин}}$	мм	11,68	11,64	11,71	11,68
	Остаточная деформация, 22 ч при t = 70°C, после 30мин, Cs 30мин	%	28,17	28,5	27,2	27,96
	Толщина образца после сжатия, $t_{24\text{часа}}$	мм	12,40	12,34	12,41	12,38
	Остаточная деформация, 22 ч при t = 70°C, после 24 ч. Cs 24ч	%	3,80	3,40	4,00	3,73

Стандартное значение $Cs < 30$ %. Разработано авторами

Анализируя данные, представленные в таблице 8, можно отметить, что значения показателя остаточной деформации при сжатии, с помощью которого оценивалось сопротивление сжатию, соответствуют требованиям стандарта ASTM D395, регламентирующим значение данного показателя меньше 30 %, так как после выдержки при $t = 70^\circ\text{C}$ и восстановления в течение 30 мин и 24 часов значения остаточной деформации составили 27,96 % и 3,73 % соответственно.

Высокая стойкость к сжатию материала (низкое значение остаточной деформации сжатия) указывает на способность материала сохранять свои упругие свойства после длительного воздействия нагрузки и способность материала противостоять деформации, тем самым сохраняя свои свойства.

Испытания на стойкость к термическому старению

Температурные свойства каучуков определяют границы их эксплуатации и являются важными параметрами при выборе материала для обуви определенного назначения, при разработке соответствующих рекомендаций по хранению и уходу за ними, тем самым прогнозируя срок службы и эксплуатационные характеристики материала и снижая риск выхода изделия из строя при определенных условиях.

С изменением температуры происходит ускорение процессов старения, деструкции полимерных цепей и изменение механических свойств, в результате чего они выходят за пределы функционального состояния.

В настоящее время существуют стандарты, регламентирующие испытания каучуков на стойкость к термическому старению: ISO 188³⁴, ASTM D573³⁵, ГОСТ 9.024³⁶.

Согласно стандарту ASTM D573 образцы выдерживаются в термостатах, снабженных приборами для измерения и регулирования температуры и скорости воздухообмена, при заданной температуре в течение определенного времени, после чего измеряются изменения физических свойств и проводится сравнение с их первоначальными свойствами. Некоторые образцы исследуемых каучуков испытываются на прочность при растяжении, относительное удлинение, напряжение при различных удлинениях через промежутки времени. Рассчитывается процент изменения показателя от первоначального значения.

Стандарт ISO 188 аналогичен ASTM D573, но может иметь различия в температурных режимах и продолжительности испытаний. ГОСТ 9.024 полностью соответствует международному стандарту ISO 188.

Испытание на стойкость к термическому старению очень важен, поскольку позволяет производителям обуви, детали которой выполнены из каучука, убедиться в долговечности и безопасности выпускаемой продукции.

Параметр может оцениваться, а может и не оцениваться в рамках стандартных процедур, что позволяет сократить количество неисправных изделий и повысить качество предлагаемой продукции. Это повышает доверие конечного потребителя и увеличивает срок службы изделия при одновременном снижении затрат на его ремонт.

Определение усадки материала при воздействии повышенной температуры

В рамках данного исследования проводилось испытание на определение усадки материала на основе хлоропренового каучука при воздействии повышенной температуры, так как данный параметр имеет большое значение при эксплуатации обуви с деталями из данного материала. Это свойство также можно использовать для контроля, определения характеристик и изготовления изделия.

На образцах предварительно были нанесены взаимно перпендикулярные отрезки 20 см × 20 см.

Образцы помещались в термостат, прогретый до температуры 70°C и 100°C, и выдерживались в течении 24 ч и 90 ч соответственно (рис. 18). После выдержки (старения) образцы вынимались из термостата и после 16 ч кондиционирования при температуре не выше 30°C, затем измерялись длины перпендикулярных отрезков.

Усадка материала S принимается как изменение значений длин взаимно перпендикулярных отрезков L_x и L_y , выраженные в процентах, и определяется по формуле 7:

³⁴ ISO 188:2023 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Accelerated ageing and heat resistance tests. — URL: <https://www.iso.org/standard/80468.html> (дата обращения: 14.03.2026).

³⁵ ASTM D573-04 Standard test method for rubber — deterioration in an air oven. — URL: <https://store.astm.org/d0395-18.html> (дата обращения: 14.03.2026).

³⁶ ГОСТ 9.024-74 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы испытаний на стойкость к термическому старению. Издание официальное. — М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1975. — 9 с.

$$Si = \frac{Li - L0}{L0} * 100 \%, \quad (7)$$

где:

Si — усадка материала по направлению X или Y, %;

Li — значение длины отрезка после старения (через 24 ч и 90 ч), мм;

$L0$ — значение длины отрезка до старения, мм.

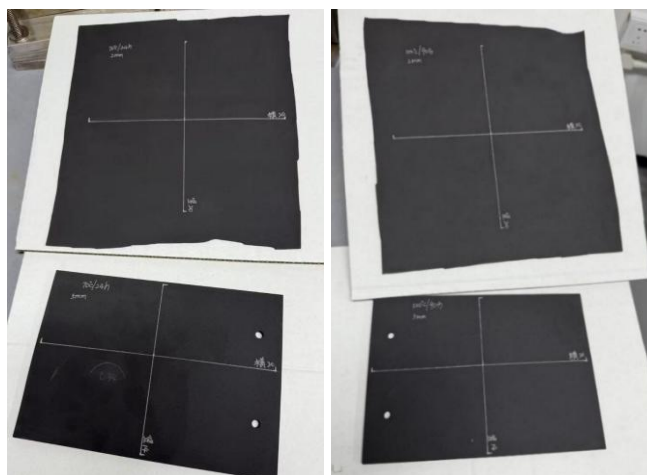


Рисунок 18. Внешний вид образцов при определении усадки при повышенной температуре (фото авторов)

Значения усадки при воздействии повышенной температуры для образцов с толщиной 2 мм и 5 мм представлены в таблицах 9 и 10 соответственно.

Таблица 9

Результаты исследования усадки при воздействии повышенной температуры хлоропренового каучука для обуви толщиной 2 мм

Метод испытания	Наименование параметра	Ед. изме- рения	Значение параметра			Средне-арифметическое значение параметра
			Номер образца			
			1	2	3	
ASTM D573	Толщина, t	мм	1,95	1,84	1,92	1,90
	Усадка при $t = 70^{\circ}\text{C}$, 24 ч, направление X	%	3,0	3,0	4,0	3,3
	Усадка при $t = 70^{\circ}\text{C}$, 24 ч, направление Y	%	4,0	4,0	4,0	4
	Усадка при $t = 100^{\circ}\text{C}$, 90 ч, направление X	%	4,0	5,0	4,0	4,3
	Усадка при $t = 100^{\circ}\text{C}$, 90 ч, направление Y	%	5,0	6,0	5,0	5,3

Разработано авторами

Как показал анализ данных таблиц 9 и 10, усадка при воздействии повышенной температуры для материала на основе хлоропренового каучука при $t = 70^{\circ}\text{C}$, 24 ч по двум взаимно-перпендикулярным направлениям составила 3,3 % и 4 % для материала с толщиной 2 мм и 2,7 % и 3,7 % — для материала с толщиной 5 мм. Усадка при воздействии повышенной температуры для материала на основе хлоропренового каучука при $t = 100^{\circ}\text{C}$, 90 ч по двум взаимно-перпендикулярным направлениям составила 4,3 % и 5,3 % для материала с толщиной 2 мм и 4,0 % и 3,7 % — для материала с толщиной 5 мм.

Таблица 10

**Результаты исследования усадки при воздействии
повышенной температуры хлоропренового каучука для обуви толщиной 5 мм**

Метод испытания	Наименование параметра	Ед. измерения	Значение параметра			Средне-арифметическое значение параметра
			Номер образца			
			1	2	3	
ASTM D573	Толщина, t	мм	5,34	5,35	5,29	5,33
	Усадка при $t = 70^{\circ}\text{C}$, 24 ч, направление X	%	2,5	2,5	3,0	2,7
	Усадка при $t = 70^{\circ}\text{C}$, 24 ч, направление Y	%	3,5	3,5	4,0	3,7
	Усадка при $t = 100^{\circ}\text{C}$, 90 ч, направление X	%	4,0	4,0	4,0	4,0
	Усадка при $t = 100^{\circ}\text{C}$, 90 ч, направление Y	%	3,6	4,0	3,5	3,7

Разработано авторами

Таким образом, материал на основе хлоропренового каучука можно характеризовать как материал устойчивый к термическому старению, т. е. с высокой способностью сохранять свои свойства с течением времени при под воздействием повышенной температуры.

Выводы

Проведенный анализ конструкций ассортимента моделей обуви отечественных и зарубежных производителей с деталями верха из систем материалов на основе хлоропренового каучука выявил возможность применения данного вида каучука в обуви различного назначения ввиду его высокой технологичности, универсальности и возможности применения в обуви, эксплуатируемой в сложных условиях, обеспечивая прочностные характеристики при различных видах деформации, влагозащитные свойства, амортизацию, теплостойкость и др.

Исследованы и проанализированы физико-механические свойства хлоропренового каучука (неопрена, ХПК, CR-каучука) с использованием современных методик измерения. Определены стандартные характеристики физических свойств материала, такие как плотность и твердость, водопроницаемость, а также стандартные показатели механических свойств при деформациях растяжения и сжатия, усадка материала при воздействии повышенной температуры.

Также одно из основных преимуществ изделий из хлоропренового каучука заключается в оптимальном соотношении цены и высоких показателей физико-механических свойств, определяющих эксплуатационные характеристики обуви различного назначения.

Полученные в ходе комплексного исследования результаты по вышеизложенным стандартам, являются основными критериями для спецификации и выбора материалов из ячеистой резины и могут быть использованы обувными производствами при разработке рациональных комплектаций материалов и систем материалов на стадии конструкторско-технологической подготовки производства с целью обеспечения высокого качества и необходимого уровня потребительских свойств готовой обуви. Материалы на основе хлоропренового каучука можно рекомендовать обувным предприятиям, изготавливающим спортивную, повседневную, медицинскую профилактическую и ортопедическую обувь, а также обувь для различного вида занятий (охота, рыбалка) в качестве материала для различных систем материалов деталей верха, так как их использование будет способствовать повышению качества готовой обуви, повышению её конкурентоспособности на рынке и требованиям потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евсеева, Н. В. Применение неопрена в производстве изделий легкой промышленности / Н. В. Евсеева, О. Е. Гаврилова, Н. А. Халитова // Вестник Технологического университета. — 2016. — Т. 19, № 8. — С. 78–80. — EDN VVRILV. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25940990_31108529.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
2. Гаврилова, О. Е. Выбор конструктивных решений и полимерных материалов для одежды, используемой в водной среде / О. Е. Гаврилова, Л. Л. Никитина // Вестник Технологического университета. — 2015. — Т. 18, № 13. — С. 153–155. — EDN SGODSW. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_24095023_39714944.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
3. Синева, О. В. ABC-XYZ-анализ товарного ассортимента предприятия оптовой торговли материалами для производства обуви различного назначения / О. В. Синева, Ю. А. Еспенко // Костюмология. — 2025. — Т. 10, № 3. — EDN QFBIXP. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_85424051_93976418.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
4. Трегер, Ю. А. Хлоропреновый каучук: применение и получение / Ю. А. Трегер, К. А. Морозов, Г. С. Дасаева, А. К. Фролова // Тонкие химические технологии. — 2018. — Т. 13, № 4. — С. 26–38. — DOI 10.32362/2410-6593-2018-13-4-26-38. — EDN XZTRPV. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_35630237_46500375.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
5. Разумеев, К. Э. Неопрен: область применения и перспективы использования / К. Э. Разумеев, З. У. Зуфарова, С. Ш. Ташпулатов, И. В. Черунова, Х. А. Ибадов // Текстильная и легкая промышленность (Швейная промышленность / Кожевенно-обувная промышленность). — Москва: 2019. — № 4. — URL: https://www.researchgate.net/publication/348178450_NEOPRENE_APPLICATION_AREA_AND_PROSPECTS_FOR_USAGE (дата обращения: 14.03.2026).
6. Зуфарова, З. У. Использование современного вспененного материала типа “неопрен” в повседневной жизни / З. У. Зуфарова, С. Ш. Ташпулатов // Инновации и технологии к развитию теории современной моды, “Мода (Материалы. Одежда. Дизайн. Аксессуары)”, посвящённая Фёдору Максимовичу Пармону: Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Москва, 05–07 апреля 2022 года. — Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)”, 2022. — С. 72–75. — EDN XXPNCO. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_48654884_61189095.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
7. Перова, Л. Н. Создание футуристической одежды из неопрена / Л. Н. Перова // Вестник Технологического университета. — 2015. — Т. 18, № 23. — С. 79–80. — EDN VHISZP. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25286117_47868173.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
8. Зиятдинова, Е. Р. Разработка бренда авторской коллекции в стиле спорт-шик / Е. Р. Зиятдинова, Ю. Ю. Фирсова // Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения проф. А. И. Коблякова: Сборник научных трудов конференции, Москва, 21 декабря 2023 года. Часть 1. — Москва: Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2024. — С. 158–161. — EDN NBHBOH. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_80345546_26488778.pdf (дата обращения: 13.06.2026).

9. Смирнова, Т. А. Современные материалы для верха спортивной обуви / Т. А. Смирнова, С. Ю. Киселев // Инновационные технологии: кожа, мех, химические материалы, производство: Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти выдающегося советского ученого Н. В. Чернова, Москва, 25–27 ноября 2023 года. — Москва: Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2023. — С. 118–123. — EDN KKZIPW. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_59719770_94903390.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
10. Зуфарова, З. У. Анализ инновационных разработок в области вспененных материалов / З. У. Зуфарова, С. Ш. Ташпулатов, И. В. Черунова, Ч. Явень // Вестник Алматинского технологического университета. — 2021. — № 3. — С. 53–60. — DOI 10.48184/2304-568X-2021-3-53-60. — EDN OAEPLM. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46619860_61962258.pdf (дата обращения: 14.06.2026).
11. Зуфарова, З. У. Исследование физико-механических свойств пористого материала типа неопрен и прочности соединительного шва изделий из них / З. У. Зуфарова, С. Ш. Ташпулатов, И. В. Черунова // Universum: технические науки. — 2022. — № 11-4(104). — С. 9–11. — EDN MLNGSL. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49937754_34618661.pdf (дата обращения: 14.06.2026).
12. Исследование влияния пористости на теплопроводность однослойных вспененных материалов типа "Неопрен" / И. В. Черунова, Е. Н. Сирота, С. Ш. Ташпулатов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2021. — № 3(393). — С. 75–80. — DOI 10.47367/0021-3497_2021_3_75. — EDN FZGNPP. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46337377_36528909.pdf (дата обращения: 14.06.2026).
13. Исследование физико-механических свойств вспененных материалов типа неопрен для спецодежды / З. У. Зуфарова, С. Ш. Ташпулатов, И. В. Черунова, У. А. Вахидова // Universum: технические науки. — 2021. — № 11-3(92). — С. 43–47. — DOI 10.32743/UniTech.2021.92.11.12659. — EDN AGIZTD. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_47360298_49540841.pdf (дата обращения: 14.06.2026).
14. Вычислительное моделирование и анализ изображений компрессионных свойств неопрена гетерогенной структуры / И. Н. Тюрин, З. У. Зуфарова, С. Ш. Ташпулатов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2023. — № 5(407). — С. 175–183. — DOI 10.47367/0021-3497_2023_5_175. — EDN FTLSUD. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_57685849_30868203.pdf (дата обращения: 14.06.2026).
15. Горбачик, В. Е. Комплексная оценка уровня качества / В. Е. Горбачик, А. И. Линник // Обувная промышленность. Обзорная информация. — Вып. 2. — М.: ЦНИИТИлегпром, 1991. — 60 с. — URL: https://rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/17008/05_07_12_09.pdf (дата обращения: 13.06.2026).
16. Mnyango, J.I. Advances in chloroprene rubber: performance, sustainability, and emerging / J.I. Mnyango, S.P. Hlangothi // European Polymer Journal. — June 2026. — № 255. — P. 1–28. — DOI 10.1016/j.eurpolymj.2026.114919. — URL: https://www.researchgate.net/publication/408161230_Advances_in_chloroprene_rubber_performance_sustainability_and_emerging_material_strategies (дата обращения: 14.03.2026).

Espenko Iuliia Alekseevna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

E-mail: akyula_85@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=874653

Sineva Olga Vladimirovna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

E-mail: Olga-mgudt@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2871-3833>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=435847

The comprehensive study of the physical and mechanical properties of chloroprene rubber (Neoprene) for upper shoes

Abstract. The article analyzes the modern assortment of footwear from domestic and foreign manufacturers using chloroprene rubber (Neoprene)-based materials in the upper construction. The authors present a study the main characteristics of physical and mechanical properties of chloroprene rubber, a material widely used as base of a material for shoe upper details in the manufacture of footwear for various purposes. Modern methods for measuring physical and mechanical properties were used to solve the assigned tasks. The study determined standard characteristics of the physical properties of materials, such as density and hardness, water permeability, as well as standard indicators of mechanical properties under tensile and compressive deformations, and heat shrinkage. The research results were compared and contrasted with the requirements of regulatory and technical documentation. The study is being developed as part of the dissertation of I.A. Espenko «Justification and development of rational constructions of footwear for various purposes based on the physical and mechanical properties of upper and bottom material packages». The results obtained during the comprehensive study can be used by footwear companies in the production of everyday, sports, medical, orthopedic and preventive footwear, for activities in the water environment, as well as footwear for tourism, hunting and fishing, in order to achieve a rational selection of materials and material systems at the stage of design and technological preparation of production and to ensure high quality and the required level of consumer properties of finished footwear.

Keywords: polymer materials; chloroprene rubber; neoprene; research methods; physical and mechanical properties; analysis; designs; quality; shoes