

УДК 685.34.06:685.34.082:620.17

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОДОШВ ОБУВИ**

*А. Н. РАДЮК, М. А. КОЗЛОВА, А. Н. БУРКИН*

Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь

UDC 685.34.06:685.34.082:620.17

## **PREDICTING THE PERFORMANCE PROPERTIES OF SHOE SOLES**

*A. N. RADYUK, M. A. KOZLOVA, A. N. BURKIN*

**Аннотация.** Проведен анализ работ о взаимосвязи показателей физико-механических свойств подошвенных материалов с износостойкостью. Выявлена количественная корреляционная связь между условной прочностью при разрыве и сопротивлением истиранию. Разработан алгоритм для этих целей. Построена математическая модель, позволяющая с удовлетворительной точностью прогнозировать значения показателя сопротивления истиранию по данным упругопрочностных свойств.

**Ключевые слова:** полимерные материалы, показатели свойств, корреляционная связь, алгоритм, математическая модель.

**Abstract.** The analysis of works on the relationship of indicators of physical and mechanical properties of plantar materials with wear resistance is carried out. A quantitative correlation between the conditional tensile strength and abrasion resistance was found. An algorithm has been developed for this purpose. A mathematical model is constructed. It allows you to predict the values of the abrasion resistance index with satisfactory accuracy based on the data of elastic-strength properties.

**Key words:** polymer materials, property indicators, correlation, algorithm, mathematical model.

Выбор полимерных материалов для производства подошв повседневной обуви основывается на значениях показателей их физико-механических и эксплуатационных свойств. Однако чаще всего имеются данные лишь об упругопрочностных свойствах подошвенных материалов как основополагающих показателях их механических и эластических свойств. Это обстоятельство затрудняет обоснованный выбор подошвенных материалов и прогнозирование их долговечности. Этому также способствует отсутствие необходимого испытательного оборудования на обувных предприятиях Республики Беларусь и однозначного определения некоторых показателей свойств. Так, например, истираемость / сопротивление истиранию / истирание подошвенных материалов различных производителей определяется по различным стандартам и выражается в миллиграммах, в кубических миллиметрах, в джоулях на кубический миллиметр. В связи с этим провести сравнительный анализ данных не представляется возможным, так как между собой нельзя сравнивать

показатель с разными единицами измерения. Кроме того, между размерностями показателя истираемость / сопротивление истиранию / истирание не существует коррелирующей зависимости. При этом в [1] в результате проведенного анализа выявлено, что одним из основных эксплуатационных показателей для полимерных материалов для низа обуви является сопротивление истиранию.

Согласно ГОСТ 4.387–85 *Система показателей качества продукции. Материалы синтетические для низа обуви. Номенклатура показателей* [2] сопротивление истиранию пластин и деталей из синтетических материалов для низа обуви (резина, термопластичный эластомер, поливинилхлорид, полиуретан) определяется по ГОСТ 426–77 [3] и выражается в джоулях на кубический миллиметр.

На сегодняшний день в различных литературных источниках имеются сведения о связи многих показателей физико-механических свойств подошвенных материалов с износостойкостью [4–7]:

- с увеличением предела прочности при растяжении и увеличении твердости подошвы уменьшается ее истираемость;

- с повышением модуля упругости и жесткости подошвы снижаются ее амортизационные свойства, а это приводит к некоторому снижению и показателя ее износостойкости;

- в процессе носки обуви скорость изнашивания подошвы постепенно повышается за счет снижения ее амортизационных свойств;

- в прямой связи с износостойкостью резиновой подошвы находится ее упругость;

- износ синтетических материалов связан с энергией активации течения. Так, например, энергия активации течения ТЭП (термоэластопласта) в 2 раза ниже, чем пластифицированного ПВХ, а следовательно, выше эффект смазывания трущихся поверхностей, выше сопротивление к истиранию;

- на износостойкость подошвы влияет относительное ее удлинение; так, износ подошвы за счет ее излома наблюдается там, где использован материал с низким показателем относительного удлинения;

- износостойкость подошвы зависит от динамической ее выносливости. Отмечается также, что в износе резиновой подошвы превалирует усталостный характер;

- в тесной связи с износостойкостью подошвенной резины находится ее прочность при сжатии.

Однако в приведенных работах количественно эта связь не определена. В связи с этим данная работа направлена на выявление связи между условной прочностью при разрыве и сопротивлением истиранию. Для выявления количественной корреляционной связи на основании методики, представленной в [8, 9], был разработан алгоритм, приведенный на рис. 1.

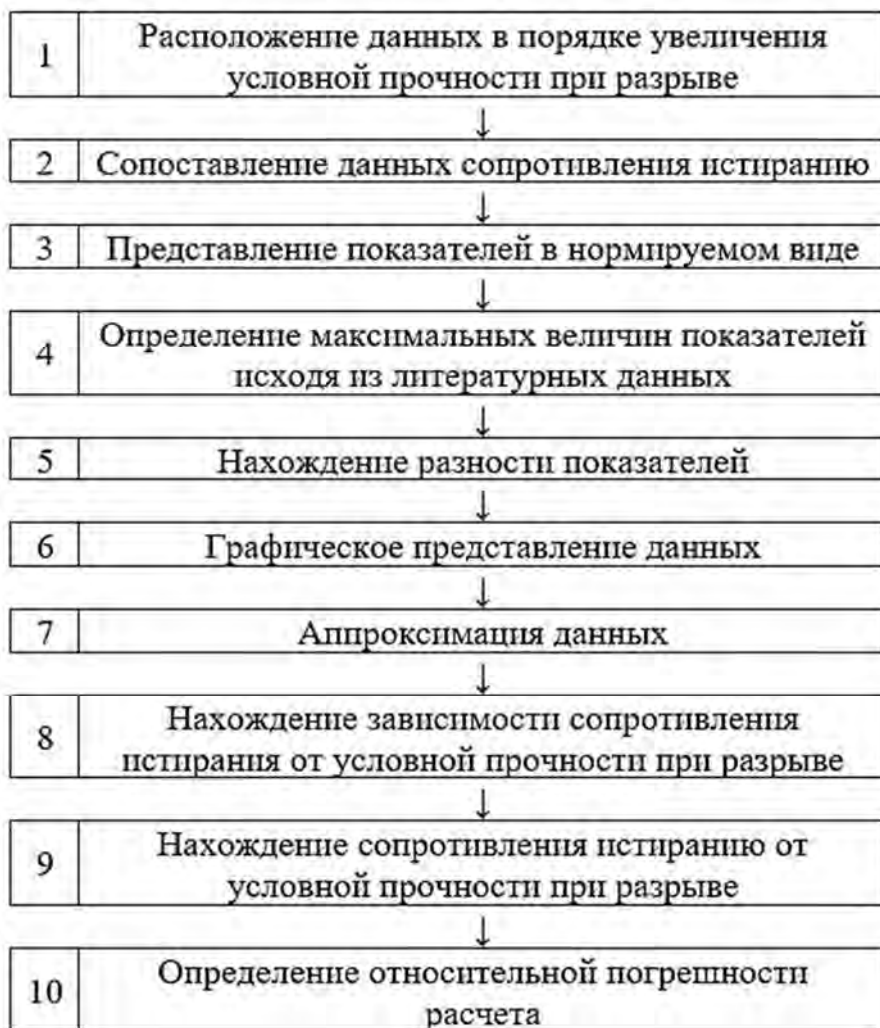


Рис. 1. Алгоритм выявления количественной корреляционной связи

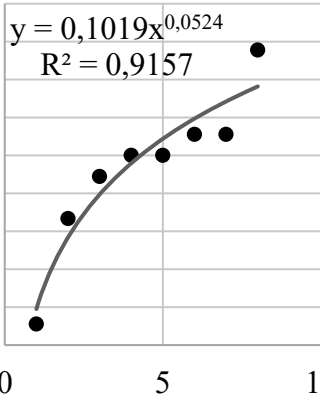
Объектом исследования в данной работе выступали материалы для подошв обуви на полимерной матрице из вторичного полиуретана с волокнистым наполнителем, получаемые методом литья под давлением смеси путем добавления в их состав, помимо отходов пенополиуретанов обувных предприятий, дополнительных ингредиентов (масло промышленное, стеарат кальция) и отходов коврового производства (кноп стригальный полипропиленовый). Подробно технология производства материалов и подошв изложена в [10].

Результаты выполнения алгоритма выявления количественной корреляционной связи представлены в табл. 1.

Таким образом, математическая модель, представленная на восьмом этапе алгоритма (см. табл. 1) позволяет, не проводя испытаний при известном значении условной прочности при разрыве, найти значение сопротивления истиранию. Расчет относительной погрешности составил  $\Delta y = 3,08 \%$ . Таким образом, использование математической модели

позволяет определять показатель сопротивления истиранию, что немаловажно для обувных предприятий, не располагающих необходимым для испытаний данного показателя оборудованием.

Табл. 1. Результаты выполнения алгоритма

Этап	Результат																											
1, 2	Представление данных: $f_p$ – условная прочность при разрыве; $\beta$ – сопротивление истиранию <table border="1" data-bbox="1066 459 1385 869"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>f_p</math>, МПа</th> <th><math>\beta</math>, Дж/мм<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5,2</td><td>6,5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5,3</td><td>6,3</td></tr> <tr><td>3</td><td>5,4</td><td>6,4</td></tr> <tr><td>4</td><td>5,4</td><td>6,3</td></tr> <tr><td>5</td><td>5,5</td><td>6,6</td></tr> <tr><td>6</td><td>5,5</td><td>6,5</td></tr> <tr><td>7</td><td>5,6</td><td>6,8</td></tr> <tr><td>8</td><td>5,7</td><td>6,7</td></tr> </tbody> </table>		$f_p$ , МПа	$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>	1	5,2	6,5	2	5,3	6,3	3	5,4	6,4	4	5,4	6,3	5	5,5	6,6	6	5,5	6,5	7	5,6	6,8	8	5,7	6,7
	$f_p$ , МПа	$\beta$ , Дж/мм <sup>3</sup>																										
1	5,2	6,5																										
2	5,3	6,3																										
3	5,4	6,4																										
4	5,4	6,3																										
5	5,5	6,6																										
6	5,5	6,5																										
7	5,6	6,8																										
8	5,7	6,7																										
3	$f_{pH} = \frac{f_{pi}}{f_{pmax}}; \quad \beta_H = \frac{\beta_i}{\beta_{max}},$ <p>где <math>f_{pH}</math>, <math>\beta_H</math> – нормируемая величина показателя; <math>f_{pi}</math>, <math>\beta_i</math> – текущее <math>i</math>-е значение показателя; <math>f_{pmax}</math>, <math>\beta_{max}</math> – максимальное значение показателя</p>																											
4	Анализируя показатели прочности полиуретановых систем для подошв обуви различных производителей, можно заметить, что наибольшее значение (30 МПа) показателя характерно для полиуретановых систем фирмы «Dow Chemical Co» [11]. Наибольшее значение (90 Дж/мм <sup>3</sup> ) показателя сопротивление истиранию взято из [12]																											
5–7	<p>Зависимость – <math>f_{pH} - \beta_H</math></p> <p>Графическое представление</p> 																											
8	$f_{pH} = 0,1019N^{0,0524};$ $N = \left( \frac{f_{pH}}{0,1019} \right)^{-0,0524};$ $\beta_H = f_{pH} - 0,1019 \cdot \left( \frac{f_{pH}}{0,1019} \right)^{-0,0524}$																											

Окончание табл. 1

Этап	Результат
9	$f_p(1) = 5,2 \text{ МПа};$ $f_{p_n} = \frac{5,2}{30} = 0,173;$ $\beta_n = 0,173 - 0,1019 \cdot \left(\frac{0,173}{0,1019}\right)^{-0,0524} = 0,0742;$ $\beta(1) = \beta_n \cdot \beta_{\max} = 0,0742 \cdot 90 = 6,7$
10	$\Delta\gamma = \frac{\beta(1) - \beta_\phi}{\beta_\phi} \cdot 100 \%;$ $\Delta\gamma = \frac{6,7 - 6,5}{6,5} \cdot 100 \% = 3,08 \%.$ <p>Полученный результат свидетельствует об удовлетворительной точности расчета</p>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Радюк, А. Н.** Обоснование показателей свойств материалов для оптимизации технологического процесса переработки отходов полиуретана / А. Н. Радюк // Моделирование в технике и экономике: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 23–24 марта 2016 г. – Витебск, 2016. – С. 148–150.
- 2. ГОСТ 4.387–85.** Система показателей качества продукции. Материалы синтетические для низа обуви. Номенклатура показателей. – Введен 01.01.1987. – Минск: М-во легкой промышленности СССР, 1985. – 12 с.
- 3. ГОСТ 426–77.** Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении. – Взамен ГОСТ 426-66; введен 01.01.1978. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. – 8 с.
- 4. Краснов, Б. Я.** Материалы для изделий из кожи: учебник для средних учебных заведений легкой промышленности / Б. Я. Краснов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Легпромбытиздат, 1995. – 344 с.
- 5. Жихарев, А. П.** Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности: учебник для студентов высших учебных заведений / А. П. Жихарев, Д. Г. Петропавловский, С. Г. Кузин. – Москва: Академия, 2004. – 442 с.
- 6. Закатова, Н. Д.** Эксплуатационные свойства обувных материалов и деталей / Н. Д. Закатова, Е. Я. Михеева. – Москва: Легкая индустрия, 1966.

7. **Магомедов, Ш. Ш.** Надежность и конкурентоспособность кожаной обуви: теория, оценка: дис. ... д-ра техн. наук: 05.19.08 / Ш. Ш. Магомедов. – Ставрополь, 2004. – 302 с.

8. **Карабанов, П. С.** Корреляционная связь показателей свойств обувных материалов / П. С. Карабанов, А. В. Колесникова, Г. А. Бороздина // Вестн. Сибирского ун-та потребительской кооперации. – 2018. – № 3 (25). – С. 91–93.

9. **Карабанов, П. С.** Исследование корреляционной связи показателей свойств обувных термоэластопластов / П. С. Карабанов, А. В. Колесникова, Г. А. Бороздина // Инновации и современные технологии в индустрии моды: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. – Москва: РГУ им. А. Н. Косыгина, Новосибирский технолог. ин-т (филиал), 2018. – С. 78–82.

10. **Радюк, А. Н.** Получение подошв из отходов пенополиуретанов с волокнистым наполнителем / А. Н. Радюк, А. Н. Буркин // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: сб. науч. ст. Междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 21–22 нояб. 2018. – Витебск: ВГТУ, 2018. – С. 266–269.

11. Официальный сайт компании «Dow Izolan» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dow-izolan.com/ru/production/footwear-industry/>. – Дата доступа 14.07.2020.

12. **Карабанов, П. С.** Полимерные материалы для деталей низа обуви: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Технология, конструирование изделий и материалы лёгкой промышленности». – Москва: КолосС, 2008. – 167 с.

E-mail: ana.r.13@mail.ru; a.burkin@tut.by.