

УДК 678.13:685.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
КОМПОЗИЦИЙ ТЕРМОПЛАСТ-ЭЛАСТОМЕР В КАЧЕСТВЕ НИЗА
СПЕЦОБУВИ РАБОТНИКОВ АПК**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15702232>

Мусаев С.С., Аслонов А.А.

Бухарский государственный технический университет, Бухара, Узбекистан

**STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING THERMOPLASTIC-
ELASTOMER COMPOSITIONS AS THE BOTTOM OF SPECIAL FOOTWEAR
FOR AGRIBUSINESS WORKERS**

Musayev S.S., Aslanov A.A.

*Bukhara State Technical University, Bukhara, Uzbekistan
ssmusayev@rambler.ru*

Аннотация

В статье исследуются возможности создания термопластичных литевых композиций на основе термопластов и эластомеров, таких как суспензионный поливинилхлорид с сополимером этиленвинилацетата, суспензионный поливинилхлорид с нитрилбутадиеновым каучуком и полиэтилен высокой плотности с тройным этиленпропиленовым каучуком. Было изучено влияние типа и количества эластомера на деформационно-прочностные и реологические свойства полимерной композиции. В ходе исследований был выявлен допустимый диапазон содержания эластомера в термопластичной композиции для литья под давлением. Используя значения единичных показателей качества материалов низа обуви, полученные в результате экспертного опроса, и сравнивая их с показателями потребительских свойств термопластичных литевых композиций на основе LDPE/TEPC, PVCS/PBNC и PVCS/SEVA, было определено, что допустимое содержание эластомера в композиции не должно превышать 25-45 мас. %.

Abstract

The article explores the possibilities of creating thermoplastic injection molded compositions based on thermoplastics and elastomers, such as suspension polyvinyl chloride with ethylene vinyl acetate copolymer, suspension polyvinyl chloride with nitrile butadiene rubber and high-density polyethylene with triple ethylene propylene rubber. The influence of the type and amount of elastomer on

the deformation-strength and rheological properties of the polymer composition was studied. During the research, the permissible range of elastomer content in a thermoplastic injection molding composition was revealed. Using the values of single quality indicators of shoe bottom materials obtained as a result of an expert survey, and comparing them with indicators of consumer properties of thermoplastic injection molded compositions based on LDPE/TEPC, PVCS/PBNC and PVCS/SEVA, it was determined that the permissible elastomer content in the composition should not exceed 25-45 wt. %.

Ключевые слова

Термопластичная литевая композиция, термопласт и эластомер, поливинилхлорид суспензионный, полиэтилен высокого давления, сополимер этилена и винилацетата, порошкообразный бутадиен-нитрильный каучук, тройной этиленпропиленовый каучук, деформационно-прочностные и реологические свойства, литья под давлением деталей низа обуви.

Keywords

Thermoplastic injection composition, thermoplastic and elastomer, suspension polyvinyl chloride, high-density polyethylene, ethylene-vinyl acetate copolymer, powdered nitrile butadiene rubber, triple ethylene propylene rubber, deformation-strength and rheological properties, injection molding of shoe bottom parts.

Одним из основных направлений развития обувной промышленности является расширение сырьевой базы полимерных подошвенных материалов. В этом аспекте большой интерес представляют термопластичные литевые композиции полученные на основе термопластов и эластомеров близких по параметрам растворимости. По составу термопластичные литевые композиции представляют собой смеси высокомолекулярных сополимеров или эластомеров и термопластов, такими как тройной этиленпропиленовый каучук с полиолефинами, натуральный каучук с полиэтиленом, нитрильный каучук с полипропиленом, нитрильный каучук с полиамидом, нитрильный каучук с поливинилхлоридом и сополимер этилен винилацетата с поливинилхлоридом. Соотношения термопласта и эластомера в композициях можно менять в широких пределах от 70:30 до 95:5, при этом полимерные смеси проявляют широкий диапазон значений потребительских и технологических свойств.

По показателям физико-механических свойств термопластичные литевые композиции на основе термопластов и эластомеров близки к

обычным и могут конкурировать, с одной стороны, с синтетическими каучуками, такими, как полихлоропреновый, бутадиен-стирольный, а с другой,- с термопластами, например, полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, особенно в тех областях применения, где требуются высокие значения эластических свойств. Термопластичные литьевые композиции на основе термопластов и эластомеров в отличие от каучуков и пластмасс имеет низкое значение плотности ($0,87-0,90 \cdot 10^3$ кг/м³) и широкий диапазон значений твердости (от 40 ед. шкале А до 50 ед. по шкале Д по Шору).

В зависимости от состава полимерных композиций (типа и количества эластомера и термопласта) и технологических параметров получения, показатели прочности на разрыв составляют 3-24 МПа, относительное удлинение при разрыве в пределах 200-1100%, температура стеклования достигает значения -50 °С, а температура хрупкости -70 °С. Термопластичные литьевые композиции на основе термопластов и эластомеров выдерживают нагрев при температуре 150 °С до появления трещин в течение 200-300 часов. Таким образом, высокие значения деформационно - прочностных свойств, широкий интервал рабочих температур от -50 °С до $+150$ °С обеспечивают термопластичным полимерным композициям обширную область применения [1-3].

Термопластичные литьевые композиции на основе термопласта и эластомера характеризуются хорошим сопротивлением изгибу и истиранию, обладают низкими значениями остаточной деформации при растяжении и сжатии. Повышенная стойкость к воздействию кислорода, озона, УФ - излучения, воды, водяного пара и химических реагентов существенно расширяет область их применения в народном хозяйстве, обладают высокими значениями технологических свойств. Имея низкие значения вязкости, они легко перерабатываются. Наиболее предпочтительным способом переработки является литье под давлением. Причем на литье под давлением затрачивается в три раза меньше времени, чем на литье смесей каучуков, а изделия обладают низкими значениями усадки [2-5]. Способность к многократной переработке обеспечивает возможность организации безотходной технологии, что существенно снижает себестоимость готовой продукции и является главным преимуществом перед резинами. Кроме этого, термопластичные литьевые композиции обладают хорошей способностью к окрашиванию.

Указанные преимущества послужили основанием для проведения работы по исследованию возможности применения полимерных композиций

на основе тройного этиленпропиленового каучука (ТЭПК) и полиэтилена высокого давления (ПЭВД), порошкообразного бутадиен-нитрильного каучука (ПБНК) и суспензионного поливинилхлорида (ПВХС), а также сополимера этилен винилацетата (СЭВА) и суспензионного поливинилхлорида в производстве обувных подошвенных материалов. Основные характеристики выбранных полимеров приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики выбранных полимеров

№	Наименование показателей и ед. изм.	Показатели				
		ПВХ С	ПЭВД	СЭВА	ПБНК	ТЭПК
1	Внешний вид	порошо	гранул	гранул	порошо	порош
2	ГОСТ, ТУ	14332	16337	11507	34754	4097
3	Морозостойкость, °С	- 10	-25	-25	- 30	- 50
4	Степен кристалличности,	10	50-65	10	-	-
5	Параметр растворимости, $(\text{см}^3)^{1/2}$	9,57	8,0	9,4	9,64	8,0
6	Теплостойкость по Вика, °С	70 - 105	80	95	150	175
7	Молекулярная масса, тыс.	10-150	30-500	30-500	200-300	80-200
8	Вязкость, ml/g	127-118	-		-	-
9	Коэффициент кенчера Кф	70-68	-	-	-	-
10	Твердость по Шору, усл.ед.	60-95	70-80	70-85	35-95	50-80
11	Вязкост по Муни МБ 1+4 (°С), усл.ед.	-	-	12-55	50-60	40-60
12	Индекс расплава, г/10мин	25-40	30-70	25-50	-	-
12	Плотност при 25 °С, кг/м³	1,30	0,92	0,98	0,94	0,88
13	Прочност при растяжении, (не менее)	16,2	10,7	8-12	4,0-10,0	4,0-6,0
14	Относительное удлинение разрыве, %	390	600	600	250	350
15	Остаточное удлинение разрыве, %	52	40-60	30-40	10-20	6,0-10.0
16	Адгезионная прочност, не е (кгс/см)	2,7	2,7	3,7	3,7	2,7
17	Температура стеклования,	- 50	-50	- 50	-50	-62
18	Коэффициент опроводности при 25 °С, м К)	0,33	0,36	0,19	0,18	0,19

Смеси получали на лабораторном смесителе фирмы “Брабендер” (Германия) при температуре смесительной камеры 170-200 °С. Полученную массу прессовали в течение 3-х минут методом прямого литья при температуре 180-220 °С и давления 15 МПа. Полученные образцы представляют собой монолитные пластины с ровной, гладкой, сухой на ощуп поверхностью.

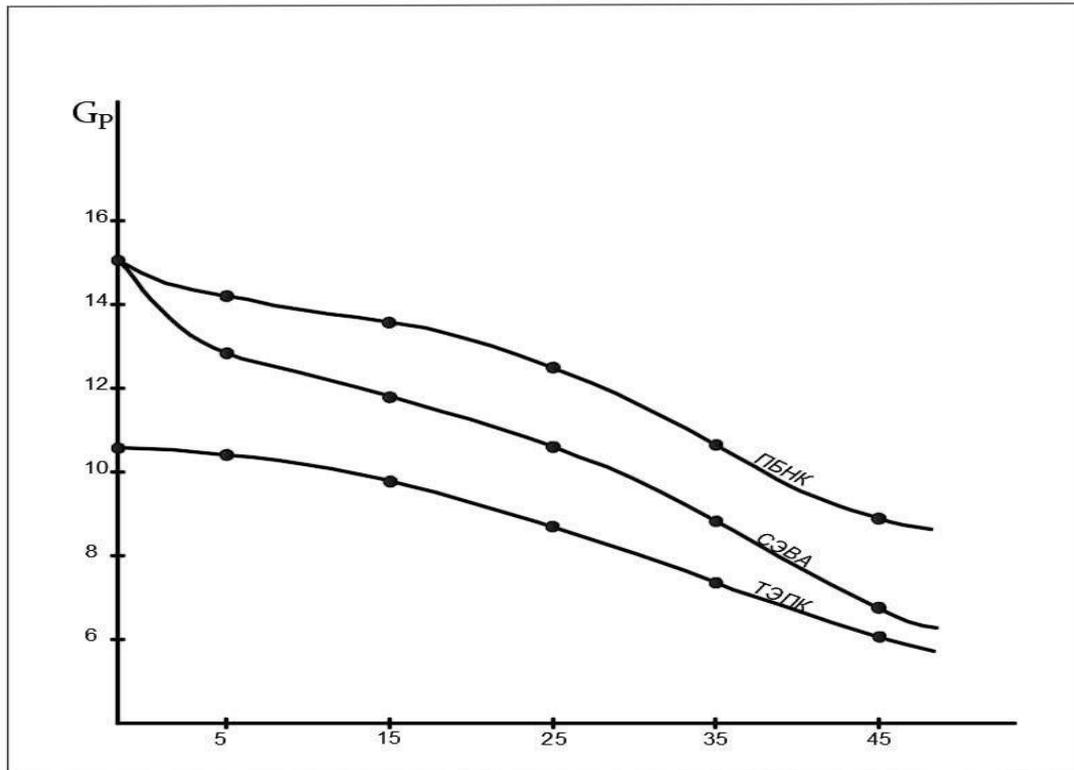
Исследования физико-механических свойств термопластичных литевых композиций проводили по стандартным методикам. За контрольную композицию, определяющую возможность использования полученных термопластичных литевых композиций в качестве обувных подошвенных материалов, выбран бутадиен-стирольный термоэластопласт стандартного состава, применяемый для изготовления деталей низа обуви.

В ходе предварительных исследований выявлена допустимая область содержания эластомера в термопластичной литевой композиции. Используя значения единичных показателей качества материалов низа обуви, полученные в результате экспертного опроса [3-6], и сравнивая их с показателями потребительских свойств термопластичных литевых композиций полученных на основе ПЭВД/ТЭПК, ПВХС/ПБНК и ПВХС/СЭВА определено, что допустимое содержание эластомера в композиции не должно превышать 25-45 масс. %. При содержании эластомеров в смеси выше этого значения, полимерный материал обладает высокими значениями динамической вязкости что делает непригодным для литья под давлением, а также обладают низкими значениями деформационно-прочностных свойств и высокими показателями твердости, что делает невозможным использование таких полимерных материалов по указанному назначению.

В работе исследована область концентраций термопласт-эластомер от 95:5 до 55:45. Результаты деформационно-прочностных свойств полученных термопластичных литевых композиций представлены на рис. 1-3.

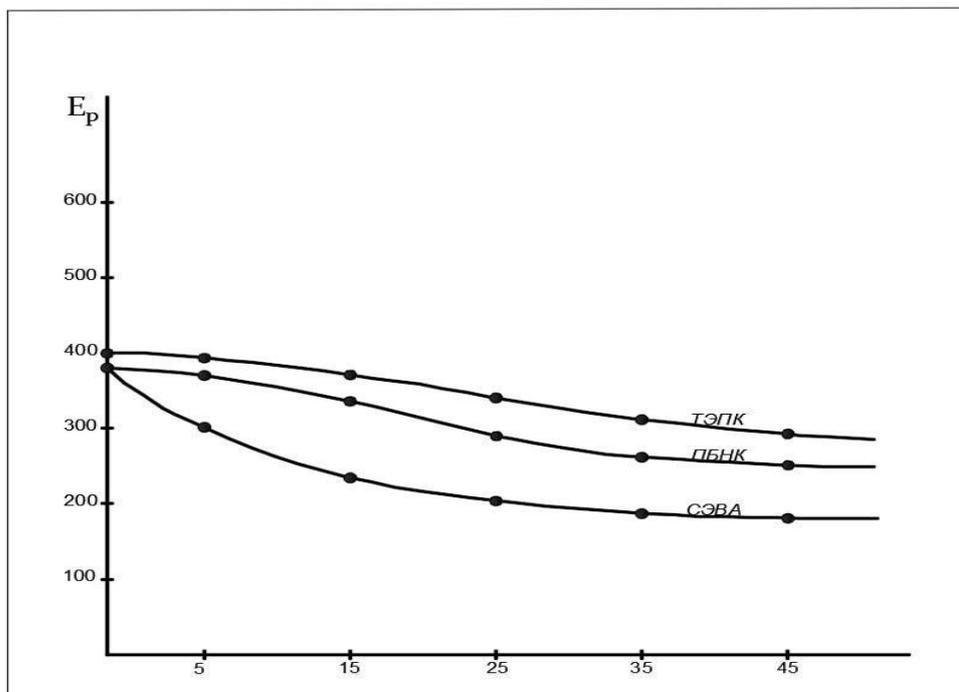
Анализ экспериментальных результатов выявил характер изменения физико-механических и реологических свойств термопластичных литевых композиций в зависимости от типа и количества эластомера.

Влияние типа и количества эластомера на изменение значений показателей деформационно-прочностных свойств и вязкости является более значительным, чем термопласты различных видов и марок при всех исследованных соотношениях термопласт-эластомер. Это объясняется более низкими исходными значениями показателей свойств у эластомеров.



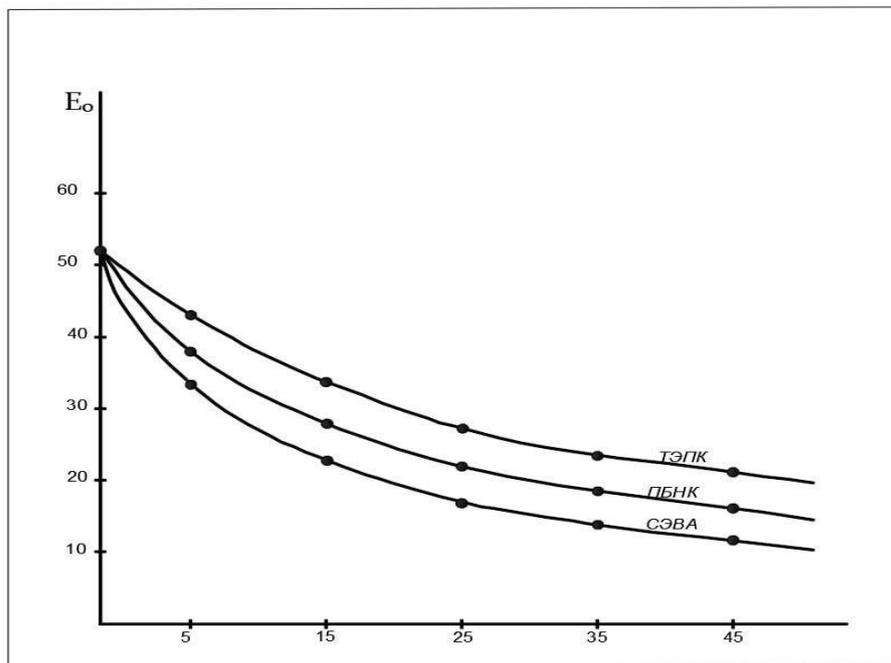
Содержание эластомера, масс. %

Рис. 1. Изменение показателей прочности на разрыв термопластичной литьевой композиции от типа и количества эластомера



Содержание эластомера, масс. %

Рис.2. Изменение показателей относительного удлинения при разрыве термопластичной литевой композиции от типа и количества эластомера



Содержание эластомера, масс. %

Рис.3. Изменение показателя остаточного удлинения после разрыва термопластичной литевой композиции от типа и количества эластомера

Термопластичные литевые композиции на основе ПВХС/ПБНК обладая большими по абсолютной величине значениями показателей свойств, чем ПВХС/СЭВА и ПЭВД/ТЭПК проявляет лучшие значения потребительских свойств.

Таким образом, на изменение показателей физико-механических и реологических свойств преобладающее влияние оказывает термопласт, формирующий основную структуру полимерной смеси. В области концентрации эластомеров от 5 до 45 масс. % наблюдается нелинейный характер изменения деформационно-прочностных и реологических свойств изученных термопластичных литевых композиций, что позволяет предположить о структурных изменениях полимерной матрицы в исследуемом диапазоне соотношений компонентов. Полученные кривые показывают наличие экстремумов при содежании в полимерной композиции от 5 до 15 масс. % эластомера что указывают на структурные изменения полимерной матрицы.

Выявление морфологической структуры композиций и нахождение алгоритма управления значениями потребительских и технологических свойств термопластичных литевых композиций являются еще не

решенными задачами получения композиционных полимерных материалов с заданными значениями показателей свойств.

Учитывая постановку задачи, что термопластичные литые композиции на основе ПВХС/ПБНК, ПВХС/СЭВА и ПЭВД/ТЭПК по своему назначению является альтернативным подошвенным материалом дивинилстирольному термоэластопласту, за критерии пригодности принимаем значения деформационно-прочностных свойств композиции на основе дивинилстирольного ТЭП, используемого в производстве деталей низа обуви: прочность при разрыве – не менее 3,5МПа, относительное удлинение при разрыве – не менее 250%, остаточное удлинение – не более 40%, твердость – не более 95 усл.ед. по шору, шкала, А, сопротивление истиранию – не менее 5 Дж/мм³.

Предъявляя указанные требования к полученным термопластичным полимерным материалам, проведен выбор области допустимых соотношений компонентов смеси.

Получена допустимая область варьирования составов полимерной композиции (масс.%): ПЭВД : ТЭПК = 75:25 - 95:5; ПВХС : СЭВА = 75:25 - 90:10; ПВХС : ПБНК = 75:25 - 95:5.

К полимерным композициям, применяемым для получения обувных подошвенных материалов для обуви специального назначения, предъявляется широкий круг требований /5/. В таблице 1 приведены значения наиболее существенных показателей качества.

Сравнивая значения показателей потребительских и реологических свойств разработанных термопластичных литых композиций с соответствующими показателями дивинил стирольных ТЭП, видно, что термопластичные литые композиции на основе термопластов и эластомеров имеют близкие значения показателей. Причем, обладая практически неограниченными возможностями с точки зрения варьирования состава и технологическими параметрами смешения, производители обладают возможностями получения в каждом конкретном случае материалов с необходимым комплексом потребительских и технологических свойств.

Таблица 1

Значения показателей потребительских и реологических свойств термопластичных литых композиций

Наименование показателя качества	Тип полимерной композиции	Соотношение термопласт : эластомер в полимерной композиции, (масс.%)				
		95:5	85:15	75:25	65:35	55:45
Твердость по Шору,	ПВХС/ПБНК	68	70	72	76	78

шкала А, усл. ед.	ПЭВД/ТЭПК	66	68	70	73	75
	ПВХС/СЭВА	70	72	73	75	76
Сопротивление истиранию, Дж/мм ³	ПВХС/ПБНК	6,5	9,3	14,2	17,6	21,8
	ПЭВД/ТЭПК	6,2	8,8	11,5	14,4	17,2
	ПВХС/СЭВА	6,0	8,1	10,8	13,3	15,0
Теплопроводность, Вт/ (м К)	ПВХС/ПБНК	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
	ПЭВД/ТЭПК	0,21	0,24	0,27	0,29	0,31
	ПВХС/СЭВА	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31
Теплостойкость, °С	ПВХС/ПБНК	145	143	140	138	135
	ПЭВД/ТЭПК	140	134	128	123	120
	ПВХС/СЭВА	139	128	112	106	100
Показатель текучести расплава, г/10 мин	ПВХС/ПБНК	35	25	15	10	5
	ПЭВД/ТЭПК	30	20	10	5	5
	ПВХС/СЭВА	40	30	25	15	10

Учитывая, что разработанные термопластичные литьевые композиции на основе отечественного сырья и отходов производств имеют себестоимость в 2 раза меньшую, чем дивинил стирольных ТЭП, разработанные термопластичные литьевые композиции следует признать перспективными материалами для получения деталей низа обуви работников АПК эксплуатируемых в условиях сухих и жарких климатах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Y. Coran. Thermoplastic elastomeric rubber-plastic blends. //England, "CRC Press", 2001, -56 p.
2. Кресге Э. Смеси полимеров со свойствами термоэластопластов. Пер. с англ. М.: Мир, 2001. 324 с.
3. Мусаев С.С., Карпухин А.А., Андрианова Г.П. Ранжирование показателей качества материалов для низа обуви для региона с сухим жарким климатом.- Известия высших учебных заведений. - 1991.- № 3.-С.31-34
4. Харрингтон Дж. Управление качеством в американских корпорациях / Дж. Харрингтон. - М.: Легкая индустрия. - 1990. - 160 с.
5. Г.О.Самиева, С.С.Мусаев. Разработка технологии создания и крепления полимерных подошв обуви специального назначения. Монография. Бухара: Изд-во."Дурдона". 2022. -232с.
6. Musaev S.S., Samieva G.O. Optimization of values of technological parameters for obtaining thermoplastic polymer composition for bottom shoes. REVISTA, Leather and Footwear Journal. Bucharest, Romania, Europe. ISSN: 1583-4433 Volume 21, No. 4, December 2021. P 247-256.