

СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИИЗОПРЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАКТАМСОДЕРЖАЩИХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ПУЧКОВ А.Ф.¹, СПИРИДОНОВА М.П.¹, НАСЫРОВ И.Ш.², МОХОВ А.Н.³,
КИРИЛОВА И.И.³, СВИНУХОВ Д.С.¹

¹Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волжский, Россия

²АО «Стерлитамакский нефтехимический завод», г. Стерлитамак, Россия

³ОАО «Алтайский шинный комбинат», г. Барнаул, Россия

E-mail: mspiridonova@list.ru

В соответствии с рекомендациями правительства России о проведении научных разработок, способных осуществить замену натурального полиизопрена — НК на синтетические — СКИ-3, СКИ-5, авторы провели апробацию разработанных ими лактамсодержащих комплексных соединений в эластомерных композициях на основе НК, СКИ-3 и СКИ-5. Полученные результаты свидетельствуют о возможности решения проблемы, в частности, при использовании СКИ-5.

Ключевые слова: каучуки, транс ориентация технического углерода, свойства эластомерных композиций

Для цитирования: Пучков А.Ф., Спиридонова М.П., Насыров И.Ш., Мохов А.Н., Кирилова И.И., Свинухов Д.С. Свойства эластомерных композиций на основе синтетических полиизопренов с использованием лактамсодержащих комплексных соединений // Промышленное производство и использование эластомеров, 2025, № 1, С. 30-36. DOI: 10.24412/2071-8268-2025-1-30-36.

Поступила в редакцию 25.02.25.

Принята в печать 24.03.25.

*Работа выполнена при поддержке гранта Администрации Волгоградской области.

PROPERTIES OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS BASED ON SYNTHETIC POLYISOPRENES USING LACTAM-CONTAINING COMPLEX COMPOUNDS

PUCHKOV A.F.¹, SPIRIDONNOVA M.P.¹, NASYROV I.Sh.²,
МОХОВА.Н.³, КИРИЛОВА И.И.³, СВИНУХОВ Д.С.¹

¹Volga Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Russia

²Sintez-Kauchuk, Sterlitamak, Russia

³Altai tire Factory, Barnaul, Russia

Abstract. In accordance with the recommendations of the Russian government on scientific developments capable of replacing natural polyisoprene – NK with synthetic ones – SKI-3, SKI-5, the authors tested their lactam-containing complex compounds in elastomeric compositions based on NK, SKI-3 and SKI-5. The results obtained indicate the possibility of solving the problem, in particular, when using SKI-5.

Key words: rubbers, carbon black trans-orientation, properties of elastomeric compositions

For citation: Puchkov A.F., Spiridonova M.P., Nasyrov I.Sh., MokhovA.N., Kirilova I.I., Svinukhov D.S. Properties of elastomeric compositions based on synthetic polyisoprenes using lactam-containing complex compounds. *Prom. Proizvod. Ispol'z. Elastomerov*, 2025, no. 1, pp. 30-36. DOI: 10.24412/2071-8268-2025-1-30-36. (In Russ.)

Крупнотоннажное производство синтетических полиизопренов СКИ-3 и СКИ-5 может в достаточной степени снизить потребление дорогостоящего зарубежного натурального каучука НК. Эта мотивация исходит из объективной оценки сравнительных эксплуатационных свойств эластомерных композиций на основе НК, СКИ-3 и СКИ-5, обладающих практически одинаковой структурой [1,2].

Авторы статьи в своем решении выдвинули предположение, что некоторые прерогативные свойства эластомерных композиций НК можно отнести на счёт возможного комплексообразования, учитывая присутствие в НК белков, липидов и некоторых оксидов металлов [3]. При этом образование комплексных соединений не может исключать возможность вхождения в лигандную сферу комплекса наночастиц технического

углерода, на поверхности которых содержатся кислородсодержащие группы: карбонильные, гидроксильные и карбоксильные [3]. Исходя из этого, авторы используют вариант исследований, принцип которого состоит в создании лактамсодержащего комплексного соединения (ЛКС) с последующей модификацией техуглерода (ТУ) этим ЛКС. Результат этого процесса — улучшение физико-механических свойств резиновых смесей и вулканизаторов на основе синтетических полизопренов. Для сохранения достигнутых свойств в условиях действия абразивного износа, а также динамических напряжений, авторы статьи рекомендуют совместное использование новых ЛКС — ϵ -KJZnSiTU, а также комплексного соединения ПРС-1NR, обладающего функциями противостарителя и способствующего уменьшению абразивного износа резин. Основная прерогатива использования созданных комплексных соединений ϵ -KJZnSiTU и ПРС-1NR — это учет физической структуры эластомерных композиций, как на основе индивидуальных каучуков, так и их комбинаций. Для индивидуальных каучуков — области с наименее рыхлой упаковкой макромолекул между ленточными надмолекулярными образованиями [ЗЭП], для комбинаций каучуков — межфазные области. Учитывая, что частицы ЛКС не молекулярного уровня, в силу стерических затруднений, вполне вероятно сосредоточение ЛКС в этих двух указанных областях.

Целью исследований явилось определение наиболее существенных положительных изменений физико-механических свойств эластомерных композиций либо на основе СКИ-3, либо — СКИ-5, при использовании ЛКС — ϵ -KJZnSiTU (далее МТУ) и ПРС-1NR.

Экспериментальная часть

Приготовление МТУ осуществляли в керамическом реакторе при $120 \pm 5^\circ\text{C}$. После загрузки в реактор расчетного количества ϵ -капролактама, JPPD и стеариновой кислоты и получения гомогенного расплава, осуществляли порционную загрузку оксида цинка. Это делалось для того, чтобы избежать перетекания вспененного расплава из реактора при выделении паров воды в результате образования стеарата цинка. Эти технологические особенности необходимо учитывать для определения конструктивных параметров производственного реактора, прежде всего — соотношение его диаметра и высоты. После прекращения вспенивания, смешение продолжалось до постоянства значений вязкости по Брук菲尔ду. Готовый продукт в виде расплава сливался в контейнер. После охлаждения при комнатной температуре и приобретения продук-

том консистенции твороженной массы, его подвергали капсулированию в шаровой мельнице. Учитывая более существенное влияние ударных нагрузок со стороны шаров при капсулировании продукта, в производственной шаровой мельнице*, в экспериментах использовались продукты производственного приготовления, в том числе и комплексный противостаритель ПРС-1NR. Технология его лабораторного изготовления подобна МТУ. Рецептура отличается отсутствием оксида цинка и стеариновой кислоты, вместо которой используется канифоль.

Для доказательства возможной *транс*-ориентации частиц ТУ в расплав, при синтезе МТУ, вводили 5% масс. П-234 от общей массы ϵ -капролактама, JPPD, оксида цинка и стеариновой кислоты. Затем так же, как и продукт производственного приготовления, подвергали капсулированию в лабораторной шаровой мельнице.

Определение усталостной выносливости резин при многократном растяжении осуществлялось в соответствии с ГОСТ 261-79, при частоте растяжения 500 в минуту и при амплитуде растяжения 100%. Все остальные методы испытаний эластомерных композиций проводились по соответствующим ГОСТам.

Часть образцов вулканизаторов, приготовленных к испытаниям на абразивный износ, была подвергнута действию озона в озонной камере при концентрации $[\text{O}_3] = 5 \cdot 10^{-5} \text{ % об}$. Недеформированные образцы закреплялись в струбцинах. Поверхность, подвергаемая абразивному износу, направлялась перпендикулярно к потоку озона.

Приготовление резиновых смесей осуществлялось в лабораторном резиносмесителе Brabender и на лабораторных вальцах 320 160/160.

Загрузка МТУ в смесительное оборудование осуществлялась на той же стадии, характерной для загрузки наполнителя контрольной смеси. Загрузка комплексного противостарителя ПРС-1NR — перед загрузкой вулканизирующей системы.

Вулканизация осуществлялась в течение 30 мин при 155°C — для шинных протекторных смесей и при 150°C — для стандартных смесей на основе индивидуальных изопреновых каучуков. Физико-механические показатели определялись согласно ГОСТ 270-75, показатель истирания по ГОСТ 426-77.

Для получения реометрических данных использовался реометр MDR-3000.

*На базе ООО «Эластохим», где осуществляется производственное изготовление, используются мельницы диаметром около 1,2м и длиной — 2,5м; в лаборатории — мельницы объемом 3 дм³.

Обсуждение результатов

После лабораторного приготовления ЛКС (ε -KJZnSiTY (МТУ) и ПРС-1NR), в первую очередь, был апробирован МТУ. Для этого были использованы стандартные рецептуры резиновых смесей на основе НК, СКИ-3 и СКИ-5 [4]. В табл. 1 представлены составы резиновых смесей: контрольные — К1, К2 и К3 без МТУ, и опытные — О1 и О2 с МТУ.

Как следует из представленных в табл. 2 данных физико-механических свойств, опытные

Таблица 1

Составы эластомерных композиций, м.ч.

Ингредиенты	Образцы				
	К1	К2	О1	К3	О2
Каучук СКИ-3	100,0	—	100,0	—	—
Каучук НК	—	100,0	—	—	—
Каучук СКИ-5				100,0	100,0
ТУ П-234	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Белила цинковые	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Стеарин	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
ε -KJZnSiTY (МТУ)	—	—	5,0	—	5,0
Сера	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Альтакс	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Дифенил-гуанидин	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0

Таблица 2

Свойства вулканизатов эластомерных композиций

Показатели	Образцы				
	К1	К2	О1	К3	О2
Условное напряжение при 300% удлинении, МПа	4,5	7,4	5,2	4,3	4,0
Условная прочность при растяжении, МПа	27,3	29,4	29,7	27,1	28,6
Относительное удлинение, %	700	620	640	700	710
Истираемость, $\text{м}^3/\text{ТДж}$	64,8	33,4	31,0	128,9	45,1
Усталостная выносливость при многократном растяжении, тыс. циклов	66,0	60,0	123	105,0	150,0
Озоностойкость ($\varepsilon = 20\%$, $T = 50^\circ\text{C}$, $[\text{O}_3] = 5 \cdot 10^{-5} \text{ % об.}$, ч (ГОСТ 9.026-74))	2	2	4	2	3
Условная прочность при растяжении после термоокислительного старения ($120 \text{ ч} \times 100^\circ\text{C}$), МПа	23,1	20,3	25,1	22,9	26,2

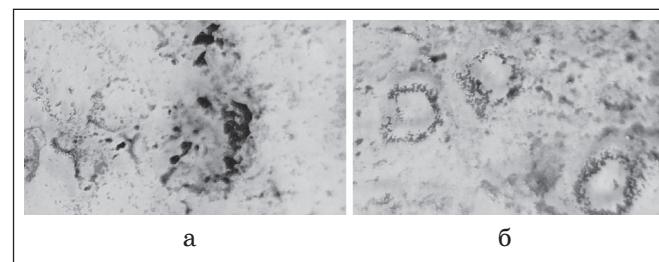
вулканизаты на основе СКИ-3 и СКИ-5 обладают более высокими упруго-прочностными свойствами, чем контрольные, не содержащие МТУ, а также не уступают, практически по всем показателям, вулканизатам на основе НК. Особое внимание необходимо уделить показателям усталостной выносливости, наибольшие значения которых у опытных резин, содержащих МТУ.

По теории Гриффита [5], в формулировке которой техническая прочность твердых тел зависит от дефектов, содержащихся как на поверхности, так и внутри тела, можно представить схему, в которой определена возможная транс-ориентация ТУ (рис. 1). В таком случае, при отсутствии цепочечных структур, дефектами могут быть агломераты ТУ, концентрация перенапряжений на которых приведет к снижению усталостной выносливости.

Рис. 1. Схема транс-ориентации частиц ТУ при каталитическом действии МТУ (ε -KJZnSiTY): 1 — частицы ТУ, 2 — ε -KJZnSiTY, 3 — макромолекула каучука

Возможность транс-ориентации подтверждается данными золь-гель анализа.

После улетучивания ацетона из фильтрата некапсулированного МТУ (ε -KJZnSiTY) на дне чашки Петри видны совершенно бесформенные скопления чёрного цвета (рис. 2 а). Вероятнее всего, это частицы ТУ коллоидных или наноразмеров, способных раствориться в ацетоне и пройти через поры фильтра с синей лентой. Если же предположить, что под действием ударных нагрузок со стороны шаров, наночастицы ТУ координируются комплексообразователем и способствуют образованию цепочечных структур за счет водородных связей между поверхностными карбоксильными группами наночастиц, то можно ожидать эти образования в фильтрате. Действительно, на дне чашек появля-

Рис. 2. Фото растворимых частиц в фильтрате, оставшихся на дне чашки Петри, после улетучивания ацетона: а) некапсулированное ε -KJZnSiTY, б) капсулированное ε -KJZnSiTY

ются цепочечные кольцеобразные структуры (рис. 2 б).

Таким образом, комплексообразователь — цинк, при участии ϵ -капролактама, подобно комплексообразователям процесса полимеризации, как например титану и неодиму, способен организовать цепочечные структуры технического углерода, которые, прежде всего, должны быть ориентированы в областях с наименьшей упаковкой макромолекул. Наибольшая степень формирования цепочечных структур ТУ должна осуществляться в матрице каучука СКИ-5. Прерогативу в этом процессе следует отдать также катализатору, комплексообразователем в котором является неодим. Этот элемент, обладающий, практически, в два раза большим количеством электронных орбит, чем титан, способен передать более значительный энергетический потенциал макромолекулам. В таком случае, можно ожидать образование в полимере надмолекулярных структур (н.с.) в виде лент [6] с относительно плотной упаковкой макромолекул. При этом в областях между лентами возможно уменьшение различного рода макромолекулярных разветвлений, которые могли бы препятствовать образованию цепочечных структур.

Таким образом, при использовании МТУ в процессе приготовления резиновой смеси, возможно, происходит формирование цепочечных структур технического углерода, связанных между собой, как показано на рис. 1, комплексными соединениями.

Исходя из изложенного выше, можно ввести новый термин процесса формирования цепочечных структур — *транс*-ориентация. Можно, также, привести пример, когда в полимере нет условий для процесса *транс*-ориентации частиц ТУ. Вулканизаты эластомерных композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука БНКС-40АМН стандартной рецептуры без применения МТУ и с его использованием (5 м.ч. на 100 м.ч. каучука), соответственно, имеют условную прочность при разрыве, МПа: 18,8 и 15,6. Возможно, что н.с. в виде «пачек» [6] не способны к организации цепочечных структур частиц ТУ посредством *транс*-ориентации, а при создании цепочечных кольцеобразных структур, располагаемых вокруг ЛКС, не следует ожидать армирующего влияния, как это имеет место при *транс*-ориентации частиц ТУ. Снижение же прочностных свойств вулканизатов может произойти в результате локальных перенапряжений на кольцеобразных структурах. Таким образом, структуры, созданные *транс*-ориентацией, по всей вероятности, способны обладать армирующим действием, в итоге повышая когезионные свой-

ства резиновых смесей, а после вулканизации — повысить прочностные свойства резин.

Транс-ориентация частиц ТУ способна повышать когезионную прочность резиновых смесей на основе синтетических полизопренов. Так, резиновая смесь на основе СКИ-5, в рецептуре которой (см. табл. 1), вместо 30 м.ч. ТУ П-234, было использовано 50 м.ч. ТУ этой же марки, когезионная прочность была 0,33 МПа, в то время как смесь без МТУ — 0,17 МПа.

Как следует из реометрических кривых (рис. 3), возможная *транс*-ориентация частиц ТУ при использовании МТУ, судя об увеличении крутящего момента (кривая 2), приводит к увеличению напряжений в вулканизате при относительно небольших деформациях. Этот факт важен, особенно для «шашек» протектора большегрузных автомобилей, эксплуатируемых в карьерных условиях.

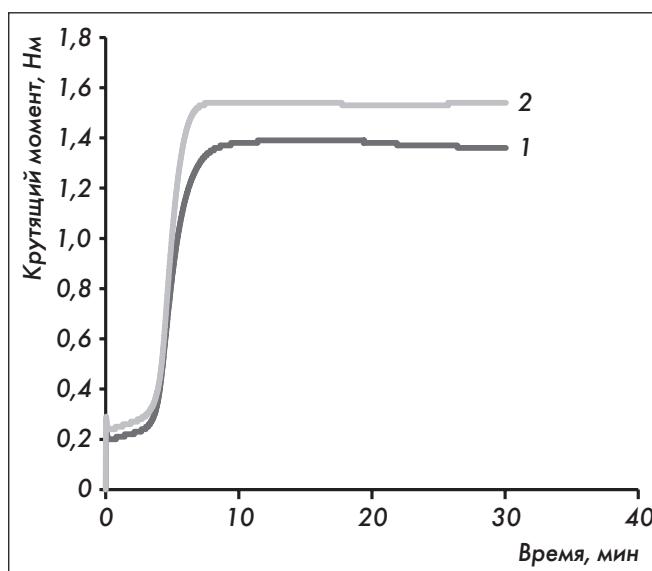


Рис. 3. Реометрические кривые эластомерных композиций на основе СКИ-5:

1 — К3 (без МТУ), 2 — О2 (с МТУ)

Исходя из относительно высокой динамической выносливости опытных вулканизатов СКИ-5, а также большего сохранения прочности в условиях термоокислительного старения, были проведены исследования возможности замены СКИ-3 на СКИ-5 в рецептуре протекторных резиновых смесей, используемых для сельскохозяйственных шин и многих других большегрузных автомобилей. В экспериментах были использованы опытные эластомерные композиции ОП-3 и ОП-5 (табл. 3), составы которых отличались от составов контрольных КП-3 и КП-5 тем, что в них была проведена замена комбинации противостарителей — JPPD и ацетонамила, на ПРС-1NR и МТУ. И, как следует из данных табл. 4, оснований для замены, именно в приведенных

рецептурах резиновых смесей, СКИ-3 на СКИ-5 вполне достаточно.

Таблица 3

Эластомерные композиции протекторов сельскохозяйственных шин, м.ч.

Ингредиенты	Образцы			
	КП-3	ОП-3	КП-5	ОП-5
Каучук СКИ-3	40,0	40,0	—	—
Каучук СКИ-5	—	—	40,0	40,0
Каучук СКД	30,0	30,0	30,0	30,0
Каучук СКМС-30				
АРКМ-15	30,0	30,0	30,0	30,0
ТУ П-234	68,0	68,0	68,0	68,0
Масло ПН-6	18,0	18,0	18,0	18,0
Белила цинковые	3,0	3,0	3,0	3,0
Стеарин	2,0	2,0	2,0	2,0
Канифоль	2,0	2,0	2,0	2,0
Защитный воск	4,0	4,0	4,0	4,0
ПРС-1NR	—	5,0	—	5,0
Ацетонанил Н	2,0	—	2,0	—
IPPD	2,0	—	2,0	—
ε-KJZnSiTU (МТУ)	—	5,0	—	5,0
Сера	2,0	2,0	2,0	2,0
Сульфенамид Ц	1,9	1,9	1,9	1,9
Сантогард PVI	0,2	0,2	0,2	0,2

Примечания: расшифровка — КП-3, ОП-3, КП-5, ОП-5; соответственно — контрольная на основе СКИ-3, опытная — СКИ-3; контрольная — СКИ-5, опытная — СКИ-5.

Таблица 4

Свойства вулканизатов эластомерных композиций протекторов сельскохозяйственных шин

Показатели	Вулканизаты			
	КП-3	ОП-3	КП-5	ОП-5
Условное напряжение при 300% удлинении, МПа	8,9	10,3	7,5	11,4
Условная прочность при растяжении, МПа	16,6	17,1	16,1	18,7
Относительное удлинение, %	500	480	520	460
Истираемость, $\text{м}^3/\text{ТДж}$	52	43	59	40
Усталостная выносливость при многократном растяжении, тыс. циклов	60	60	70	92
Озонастойкость ($\varepsilon = 20\%$, $T = 50^\circ\text{C}$, $[\text{O}_3] = 5 \cdot 10^{-5}\% \text{ об.}$), ч. (ГОСТ 9.026-74)	2	2,5	2	3

Что касается кинетики вулканизации, то использование МТУ и ПРС-1NR не оказывает влияние на величину индукционного периода, увеличивая, несколько, максимальный крутящий момент. На рис. 4 реометрическая кривая контрольной резиновой смеси на основе СКИ-3

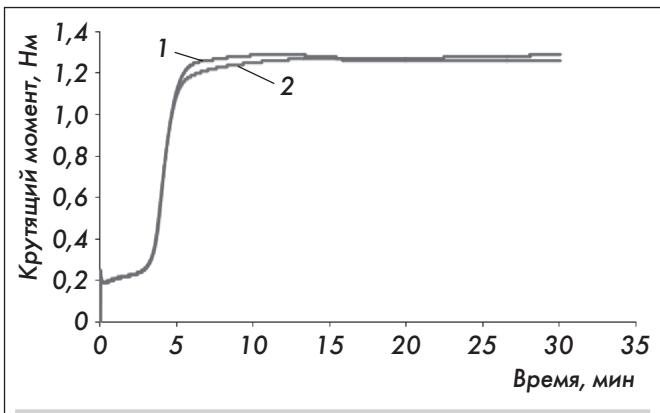


Рис. 4. Реометрические кривые протекторных резиновых смесей сельскохозяйственных шин: 1 — опытная ОП-5; 2 — опытная ОП-3

(без использования МТУ и ПРС-1NR) не приведена, так как она совпадает с кривой — ОП-3.

Значительная часть исследований была посвящена анализу данных абразивного износа. Это было вызвано тем, что вулканизаты шинных протекторных эластомерных композиций, с использованием «классической» системы противостарителей — 2 м.ч. IPPD и 2 м.ч. ацетонанила на 100 м.ч. каучука, только в начальном периоде абразивного износа (табл. 5 — первые 100 оборотов) при испытании образцов на машине типа «Грассели» дают вполне удовлетворительные результаты. Вероятно, это следствие присутствия в поверхностных слоях контрольных образцов миграционной системы противостарителей. Но, уже при действии следующих 100 оборотов все изменяется в пользу опытных вулканизатов на основе СКИ-5. Наконец, при действии 300 оборотов, вулканизаты контрольной резины на «шкурке» оставляет темный след. При этом потеря массы резко снижается, так как часть износа остается на «шкурке». При испытании опытных образцов появление темного следа отмечается к 600 оборотов диска. Таким образом, для опытных вулканизатов, из-за миграционных стерических затруднений ЛКС, в частности — комплексного противостарителя ПРС-1NR, защитные действия от диффузионного кислорода, в поверхностных слоях, несколько меньше. Но, при достижении 700 оборотов, когда поверхностные слои контрольной резины, с относительно большой концентрацией противостарителей, уже износились, как отмечено выше «картина меняется»: Δm вулканизата КП-5 больше Δm вулканизата ОП-5. Впрочем, опытный вулканизат характеризуется и меньшим показателем истираемости (α , $\text{м}^3/\text{ТДж}$).

Можно отметить, что движение грузовых автомобилей по асфальту, особенно при торможении, также, сопровождается образованием темного следа, как это имеет место при испытании образцов их протекторных резин.

Таблица 5

Результаты абразивного износа вулканизатов КП-5 и ОП-5

Количество оборотов абразивного диска	Абразивный износ Δm ; (истираемость, α , $\text{м}^3/\text{ТДж}$) образцов			
	Под действием озона		Без действия озона	
	КП-5	ОП-5	КП-5	ОП-5
100	0,0658; (-)	0,0728; (-)	0,0669; (35)	0,0706; (37)
200	0,0410; (-)	0,0504; (-)	0,1107; (59)	0,0758; (40)
300	0,0202; (-)	0,0338; (-)	0,0131; (-)	0,0776; (41)

На рис. 5 видно, что олигомерные продукты, образующиеся при контакте контрольных резин (КП-5) с острыми гранями абразивной шкурки, приводят к слиянию крупных скаток, по сравнению с образующимися при испытаниях образцов опытных резин (ОП-5), с использованием комплексного противостарителя. Возможно, что в реальных условиях эксплуатации шин, с противостарителями из производных *n*-фенилендиамина в их комбинациях с ацетонанилом, подобные явления могут привести к увеличению тормозного пути.

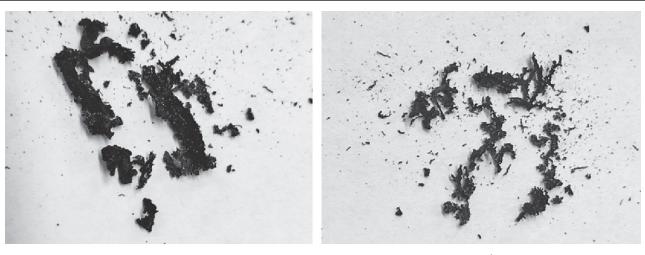


Рис. 5. Скатки олигомерных продуктов резины:
а — контрольной КП-5, б — опытной ОП-5

Авторами было отмечено, что при действии грозовых разрядов, но до начала дождя, тормозной путь более насыщенный и длинный. Действие озона, вследствие образования олигомерных частиц, в наибольшей степени проявляется в образцах контрольных резин.

Часть потери массы (Δm) вулканизатов контрольного состава, подвергнутых действию озона, в результате образования скаток с содержа-

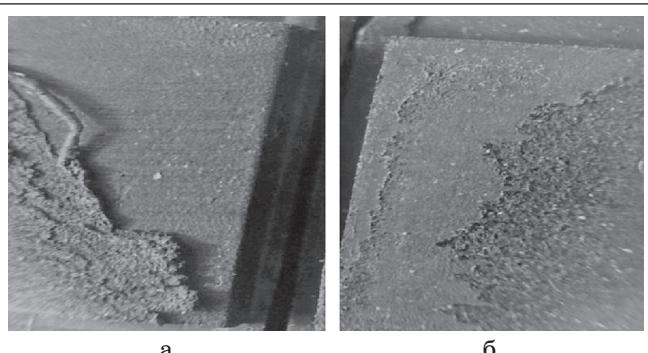


Рис. 6. Поверхность образцов резин после испытания на машине типа «Грассели» при действии озона: а — КП-5, б — ОП-5 после 300 оборотов диска машины

нием олигомеров, способна заполнить рельеф абразива, оставляя на «шкурке» темный след. Другая часть — представленная олигомером, вероятно, с меньшей молекулярной массой, чем в первой части, остается на образце (рис. 6, а). В этом случае, также, нельзя определить объективную потерю массы и, в итоге, показатель истираемости (α).

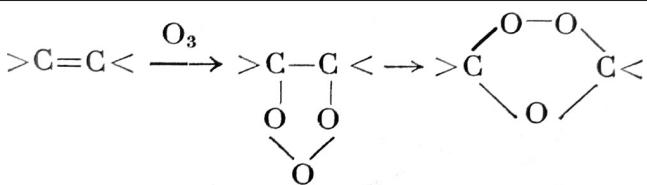


Рис. 7. Действие озона по двойным связям ненасыщенных каучуков с образованием:
а — озонидов; б — изоозонидов

Разрыв изоозонидов (рис. 7, б) в образцах, находящихся в напряженном состоянии приводит к появлению трещин [7]. В первую очередь, чаще всего возникают краевые трещины, где под действием штанцевого ножа уже могут возникнуть микротрещины, далее развивающиеся от действия озона и диссипативных перенапряжений. В образцах, готовых к абразивному износу, но не подвергающихся деформациям, образование изоозонидов происходит, вероятно, за счет диффузионного озона. Причем наибольшая концентрация изоозонидов возможна в областях с наименее плотной упаковкой макромолекул, т.е. в межфазных областях с транс-ориентацией ТУ. Поэтому олигомерные продукты на поверхности опытных образцов, практически, отсутствуют (см. рис. 6, б). Дать объективную оценку показателю истираемости, также, невозможно, так как, хотя и отсутствует на «шкурке», темный след, но на ней остаются разбросанные крупные скатки. Вполне вероятно, что в реальных условиях эксплуатации шин, этот факт не будет способствовать увеличению тормозного пути.

Выводы

Можно отметить некоторые преимущества использования СКИ-5 в протекторных эластомерных композициях при совместном использовании МТУ (ϵ -KJZnSiTU) и ПРС-1NR:

- повышение условных напряжений в резинах беговой части протектора, а также их усталостной выносливости;
- меньшее образование низкомолекулярных продуктов при абразивном износе беговой части протектора, что особенно важно при торможении шин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Насыров И.Ш., Фаизова В.Ю., Жаворонков Д.А. и др. Натуральный и синтетический цис-полиизопрены. Часть 1. Современное состояние и перспективы развития производства // Промышленное производство и использование эластомеров. — 2020, № 2, С. 34-47.
2. Насыров И.Ш., Фаизова В.Ю., Жаворонков Д.А. и др. Натуральный и синтетический цис-полиизопрены. Часть 2. Свойства СКИ мировых производителей и российских торговых марок производства ОАО «Синтез-Каучук» // Промышленное производство и использование эластомеров. — 2020, № 3-4, С.45-55.
3. Кабанов В.А., Акутин М.С., Бакеев Н.Ф. и др. Энциклопедия полимеров. В 3 т. Т.3. М.: Советская энциклопедия, 1977, С. 152.
4. Большой справочник резинщика. Ч. 1. Каучуки и ингредиенты. / Под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. М.: Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012, 744 с.
5. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. Минск: Современная школа, 2005. 608 с.
6. Кабанов В.А., Акутин М.С., Бакеев Н.Ф. и др. Энциклопедия полимеров. В 3 т. Т.2. М.: Советская энциклопедия, 1977, С. 322-323.
7. Пучков А.Ф., Спиридонова М.П., Каблов В.Ф., Казначеева В.А., Светличная В.Б. Дополнительные воззрения на процесс озонного старения резин и приемы защиты, исходя из них // Промышленное производство и использование эластомеров. — 2011. — № 2. — С.32-35.

REFERENCES

1. Nasyrov I.Sh., Faizova V.Yu., Zhavoronkov D.A. et al. Natural'nyy i sinteticheskiy tsis-poliiizopreny. Chast' 1. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya proizvodstva [Natural and synthetic cis-polyisoprenes. Part 1. Current state and prospects for production development]. *Promyshlennoye proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov*. 2020, no.2, pp. 34-47. (In Russ.).
2. Nasyrov I.Sh., Faizova V.Yu., Zhavoronkov D.A. et al. Natural'nyy i sinteticheskiy tsis-poliiizopreny. Chast' 2. Svoystva SKI mirovykh proizvoditeley i rossiyskikh torgovykh marok proizvodstva OAO «Sintez-Kauchuk» [Natural and synthetic cis-polyisoprenes. Part 2. Properties of SKI from world manufacturers and Russian trademarks produced by Sintez-Kauchuk]. *Promyshlennoye proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov*. 2020, no.3-4, pp. 45-55. (In Russ.).
3. Kabanov V.A., Akutin M.S., Bakeyev N.F. et al. *Entsiklopediya polimerov* [Encyclopedia of polymers]. In 3 volumes. Vol. 3. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1977, p. 152. (In Russ.).
4. *Bol'shoy spravochnik rezinshchika*. Ch. 1. Kauchuki i ingrediyenty. [The Great Handbook of the Rubber Manufacturer. Part 1. Rubbers and Ingredients]. Ed. S.V. Reznichenko, Yu.L. Morozov. Moscow, Publishing Center «Tekhinform» MAI», 2012, 744 p. (In Russ.).
5. Volkov A.I., Zharskiy I.M. *Bol'shoy khimicheskiy spravochnik* [The Great Chemical Handbook]. Minsk: Sovremennaya shkola Publ., 2005. 608 p. (In Russ.).
6. Kabanov V.A., Akutin M.S., Bakeyev N.F. et al. *Entsiklopediya polimerov* [Encyclopedia of polymers]. In 3 volumes. Vol. 2. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1977, pp. 322-323. (In Russ.).
7. Puchkov A.F., Spiridonova M.P., Kablov V.F., Kaznacheyeva V.A., Svetlichnaya V.B. Dopolnitel'nyye vozzreniya na protsess ozonnogo stareniya rezin i priyemy zashchity, iskhodya iz nich [Additional views on the process of ozone aging of rubber and protection methods based on them]. *Promyshlennoye proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov*. 2011, no. 2, pp. 32-35. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пучков Александр Федорович, доцент, канд. тех.н. Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета (404121, г. Волжский, Волгоградская обл., ул. Энгельса, 42 а).

E-mail: elastohim@mail.ru

Спиридонова Марина Петровна, профессор, д.т.н., Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета (404121, г. Волжский, Волгоградская обл., ул. Энгельса, 42 а).

E-mail: mspiridonova@list.ru

Насыров Ильдус Шайхитдинович, канд.хим.наук, советник директора по производству АО «Стерлитамакский нефтехимический завод», г. Стерлитамак, Россия.

E-mail: nasyrov.ish@ruschem.ru

Мохов Александр Николаевич, ОАО «Алтайский шинный комбинат», г. Барнаул, Россия.

E-mail: user1625@ashk.ru

Кириллова Инна Ивановна, ОАО «Алтайский шинный комбинат», г. Барнаул, Россия.

E-mail: user1625@ashk.ru

Свищуков Даниил Сергеевич, Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, студент (404121, г. Волжский, Волгоградская обл., ул. Энгельса, 42 а).

E-mail: elastohim@mail.ru

Puchkov Aleksandr F., Cand. Sci.(Tech.), Volzhsky Politechnical Institute (branch) Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia.

E-mail: elastohim@mail.ru

Spiridonova Marina P., Professor, Dr.Sci.(Tech.), Volzhsky Politechnical Institute (branch) Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia.

E-mail: mspiridonova@list.ru

Nasyrov Ildus Sh., Candidate of Chemical Sciences, Sterlitamak Petrochemical Plant JSC, Sterlitamak, Russia.

E-mail: nasyrov.ish@ruschem.ru

Mokhov Aleksandr N., Altai tire Factory, Barnaul, Russia

E-mail: user1625@ashk.ru

Kirilova Inna I., Altai tire Factory, Barnaul, Russia.

E-mail: user1625@ashk.ru

Svinukhov D.S., Volzhsky Politechnical Institute (branch) Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia.

E-mail: elastohim@mail.ru