

УДК 678.049.6

С. А. Перфильева¹, Ж. С. Шашок², Е. П. Усс², А. И. Юсевич², К. И. Трусов²¹ОАО «Белшина»²Белорусский государственный технологический университет**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ
НА СВОЙСТВА НЕНАПОЛНЕННЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Изучено влияние нефтеполимерных смол с различными физико-химическими характеристиками на кинетические параметры вулканизации и конфекционную клейкость ненаполненных эластомерных композиций на основе синтетического полиизопренового каучука. Определено, что применение исследуемых нефтеполимерных смол в составе модельных смесей на основе СКИ-3 независимо от их содержания приводит к повышению времени достижения оптимальной степени вулканизации композиций по сравнению с композициями, содержащими промышленную марку смолы СИС. Такой характер действия нефтеполимерных смол на вулканизационные параметры ненаполненных смесей, по-видимому, связан с присутствием в составе данных смол непредельных углеводородов, взаимодействующих с компонентами вулканизирующей системы. Установлено, что ненаполненные эластомерные композиции, содержащие исследуемые смолы, по гистерезисным свойствам не уступают композициям со смолой СИС. При этом некоторое уменьшение тангенса угла механических потерь, измеренного при достижении максимального крутящего момента, для резиновых смесей с исследуемыми смолами может быть обусловлено их физико-химическими характеристиками. Выявлено, что ненаполненные резиновые смеси, содержащие нефтеполимерные смолы НПС-3 в дозировке 1,0 мас. ч. и НПС-1 в дозировке 2,0 мас. ч., обладают конфекционной клейкостью на уровне образца сравнения, содержащего смолу СИС. В данном случае на эффективность действия нефтеполимерных смол в качестве промотора клейкости, вероятно, наибольшее влияние оказывает их термодинамическая совместимость с каучуком.

Ключевые слова: каучук, эластомерная композиция, нефтеполимерная смола, повыситель клейкости, вулканизация.

S. A. Perfil'yeva¹, Zh. S. Shashok², E. P. Uss², A. I. Yusevich², K. I. Trusov²¹JSC "Belshina"²Belarusian State Technological University**RESEARCH OF INFLUENCE OF OIL-POLYMER RESINS
ON PROPERTIES OF UNFILLED ELASTOMER COMPOSITIONS**

The influence of oil-polymer resins with different physicochemical characteristics on kinetic parameters of vulcanization and building tack of unfilled elastomeric compositions based on synthetic polyisoprene rubber was studied. It is determined that the use of investigated oil-polymer resins in the composition mixtures based on SKI-3, regardless of their content, leads to increase the time to achieve optimum degree of vulcanization of compositions as compared to compositions containing the industrial grade of resin SIS. This character of the action of oil-polymer resins on vulcanization parameters of unfilled mixtures is apparently related to the presence of unsaturated hydrocarbons in the composition of these resins interacting with components of curing system. It has been found that unfilled elastomer compositions containing the test resins in terms of hysteresis properties are not inferior to compositions with SIS resin. At the same time, a slight decrease in the tangent of the angle of mechanical losses, measured when the maximum torque is reached, for rubber compounds with the resins studied can be due to their physicochemical characteristics. It was found that unfilled rubber mixtures containing oil-polymer resins NPS-3 at a dosage of 1.0 phr and NPS-1 at a dosage of 2.0 phr (parts per hundred rubber), have a fusion stickiness at the level of sample containing the SIS resin. In this case, the effectiveness of action of oil-polymer resins as a tackifier is probably most affected by their thermodynamic compatibility with rubber.

Key words: rubber, elastomer composition, oil-polymer resin, tackifier, vulcanization.

Введение. Повысители клейкости – специальные ингредиенты, широко используемые в резиновой промышленности. Так, в рецептах высокоскоростных радиальных шин используются, как правило, от двух до четырех типов смол в различных деталях. Основной задачей

данных смол является обеспечение необходимой конфекционной клейкости резиновых полуфабрикатов при хранении и сборке деталей, улучшение каркасности заготовок и т. д. Кроме того, использование различных типов смол позволяет исключить применение бензина для

освежения поверхности деталей многослойных изделий, а также резинового клея при проведении сборочных операций [1–4]. В настоящее время зарубежные фирмы выпускают повысители клейкости, относящиеся в основном к четырём группам соединений:

- продукты лесохимии (например, канифоль и продукты на ее основе);
- алкилфенолформальдегидные смолы (октофор N, SP-1077, Rebitak, Koresin и др.);
- продукты переработки угля (например, инден-кумароновые смолы);
- нефтеполимерные смолы (НПС), получаемые при полимеризации углеводородов фракций C_5 – C_9 [1–3].

Среди применяемых смол наиболее экономичными являются нефтеполимерные, получаемые из побочных продуктов нефтехимических производств. Однако, данные смолы не всегда имеют стабильный состав и при равнозначных дозировках не обеспечивают необходимый уровень конфекционной клейкости по сравнению с алкилфенольными смолами, что ограничивает применение НПС в промышленности. Для повышения клейкости эластомерных композиций с нефтеполимерными смолами необходимо увеличивать их содержание в композициях, что отрицательно сказывается на некоторых технических свойствах резин [1, 3]. В связи с этим разработка эффективного и экономичного повысителя клейкости на основе нефтехимического сырья со стабильными свойствами, обеспечивающего необходимые технологические и технические свойства эластомерных композиций, является актуальной задачей.

Основная часть. Цель данной работы – исследование влияния различного типа смол на вулканизационные характеристики и клейкость ненаполненных эластомерных композиций.

Объектами исследования являлись ненаполненные эластомерные композиции на основе синтетического полиизопренового каучука СКИ-3. В исследуемые композиции вводились нефтеполимерные смолы с различными физико-химическими характеристиками в дозировках 1,0 и 2,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука. В качестве образцов сравнения использовались эластомерные композиции, содержащие продукты переработки каменного угля – стирол-инденовую смолу (СИС) в равноценных с НПС дозировках, а также образцы композиций без смол.

Исследуемые нефтеполимерные смолы были получены из тяжелой пиролизной смолы методом термической полимеризации. Физико-химические характеристики данных смол НПС зависят от изменения условий разгонки полимеризата, в частности от степени извлечения непрореагировавших углеводородов и жидких

полимеров. Характеристики вводимых НПС представлены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристика исследуемых смол

Наименование смолы	Температура размягчения, °С	Йодное число, г I_2 / 100 г
СИС	93,0	15,0
НПС (1)	78,3	18,3
НПС (2)	86,2	17,6
НПС (3)	90,6	18,2
НПС (4)	94,7	18,1
НПС (5)	100,2	14,1

Исследование кинетики вулканизации ненаполненных резиновых смесей проводили на безроторном реометре MDR 2000, в котором поведение резиновой смеси в процессе вулканизации оценивается в колеблющейся полуформе, а крутящий момент, передаваемый через образец, измеряют датчиками в другой полуформе. Испытание проводилось при температуре $(143 \pm 1)^\circ\text{C}$ в соответствии с ГОСТ Р 54547–2011.

Определение конфекционной клейкости исследуемых резиновых смесей осуществлялось на приборе Tel-Tak (фирма Monsanto). Метод определения заключался в измерении усилия, требуемого для разделения двух контактируемых поверхностей образцов резиновой смеси с постоянной скоростью 25,44 мм/мин в направлении, перпендикулярном поверхности контакта, осуществляемого предварительным действием заданной контактной нагрузки 16 унций в течение 30 с.

Вулканизация – это комплекс физико-химических процессов, протекающих в резиновой смеси, основным из которых является сшивание макромолекул каучука химическими связями различной энергии и природы в пространственную вулканизационную сетку [5]. При этом на процесс вулканизации резиновой смеси могут оказывать влияние и исследуемые нефтеполимерные смолы в результате взаимодействия с компонентами смеси. Характер действия нефтеполимерных смол в резиновых смесях будет определяться главным образом такими ее характеристиками, как температура размягчения, содержание серы, степень непереносимости, выражаемая йодным числом.

Определение кинетических параметров вулканизации позволит оценить влияние нефтеполимерных смол с различными характеристиками на изменение свойств эластомерных композиций в процессе формирования их пространственной структуры. Результаты исследования кинетики изотермической вулканизации ненаполненных резиновых смесей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты исследования кинетики вулканизации ненаполненных резиновых смесей

Резиновые смеси, содержащие смолу	Показатели								
	M_L , дН·м	M_H , дН·м	t_{s2} , мин	t_{50} , мин	t_{90} , мин	R_h , дН·м/мин	ΔS , дН·м	$\text{tg}\delta (M_H)$	$\text{tg}\delta (M_L)$
1,0 мас. ч.									
Без смолы	0,44	5,88	1,19	1,61	7,00	3,89	5,44	0,002	0,98
СИС	0,31	5,52	1,27	1,63	6,64	3,59	5,21	0,007	1,13
НПС-1	0,25	5,38	1,31	1,68	7,29	3,38	5,13	0,007	1,24
НПС-2	0,25	5,40	1,30	1,67	7,10	3,43	5,15	0,007	1,20
НПС-3	0,28	5,43	1,20	1,61	6,84	3,45	5,15	0,006	1,19
НПС-4	0,27	5,43	1,26	1,63	6,78	3,38	5,16	0,006	1,18
НПС-5	0,25	5,33	1,31	1,64	6,82	3,44	5,08	0,009	1,24
2,0 мас. ч.									
СИС	0,30	5,25	1,28	1,58	6,41	3,39	4,95	0,009	1,17
НПС-1	0,29	5,35	1,28	1,61	7,01	3,44	5,06	0,008	1,21
НПС-2	0,30	5,37	1,26	1,60	6,84	3,52	5,07	0,007	1,13
НПС-3	0,32	5,43	1,25	1,60	7,05	3,57	5,11	0,007	1,13
НПС-4	0,26	5,32	1,30	1,64	7,00	3,40	5,06	0,012	1,19
НПС-5	0,23	5,19	1,36	1,68	7,19	3,30	4,96	0,009	1,26

Примечание: M_L – минимальный крутящий момент, дН·м; M_H – максимальный крутящий момент, дН·м; t_{s2} – время увеличения минимального крутящего момента на 2 единицы, мин; t_{50} – время достижения заданной степени вулканизации, мин; t_{90} – время достижения оптимальной степени вулканизации, мин; R_h – скорость вулканизации, дН·м/мин; ΔS – разница между максимальным и минимальным крутящими моментами, дН·м; $\text{tg}\delta(M_H)$ – тангенс угла механических потерь при максимальном крутящем моменте; $\text{tg}\delta(M_L)$ – тангенс угла механических потерь при минимальном крутящем моменте.

Анализ результатов исследования влияния различного типа смол на кинетику вулканизации показал, что время увеличения минимального крутящего момента на 2 единицы t_{s2} , характеризующее величину индукционного периода, при увеличении дозировки смолы СИС до 2,0 мас. ч., изменяется на 0,8% по сравнению с образцом без смолы. Аналогичное влияние на время начала вулканизации оказывают и нефтеполимерные смолы. В данном случае изменение показателя t_{s2} находится в пределах 2,3–3,7%.

Установлено, что при увеличении дозировки смолы СИС в резиновых смесях наблюдается некоторое снижение времени достижения оптимума вулканизации от 6,64 до 6,41 мин. В то же время при введении нефтеполимерных смол независимо от их содержания оптимум вулканизации имеет значения выше, чем для смесей с промышленной маркой смолы СИС и изменяется в пределах 6,78–7,29 мин. При этом скорость вулканизации смесей с исследуемыми смолами несколько снижается по сравнению с образцами.

Как известно [6, 7], характер действия смол в резиновых смесях зависит также от содержания непредельных углеводородов в их составе, что оказывает влияние на кинетику вулканизации и структуру вулканизатов. Непредельность исследуемых смол колеблется в зависимости от степени полимеризации (йодное число НПС изменяется в пределах 14,1–18,3 г $I_2/100$ г,

а смолы СИС составляет 15,0 г $I_2/100$ г). Таким образом, можно предположить, что некоторое увеличение времени достижения оптимальной степени вулканизации и сокращение скорости вулканизации резиновых смесей, содержащих нефтеполимерные смолы, связано с наличием непредельных углеводородов в составе данных смол, что приводит к неэффективному использованию вулканизующего агента в процессе вулканизации.

Показано, что с увеличением температуры размягчения вводимых нефтеполимерных смол в дозировке 1,0 мас. ч., наблюдается сокращение значений времени достижения оптимума вулканизации от 7,29 до 6,82 мин. Однако с увеличением дозировки исследуемых смол изменение оптимума вулканизации не имеет четкой зависимости от температуры размягчения смол. Так, с увеличением температуры размягчения от 78,3 до 94,7°C время достижения оптимума вулканизации уменьшается, что может быть обусловлено фракционным составом данных смол. При дальнейшем увеличении температуры размягчения наблюдается обратная зависимость.

Показатель ΔS косвенно характеризует плотность сшивания резин. Определено, что данный показатель эластомерных композиций с исследуемыми нефтеполимерными смолами имеет меньшие значения по сравнению с образцом, содержащим СИС, и образцом без смол. В данном случае показатель ΔS для образцов, содержащих

НПС в дозировке 1,0 мас. ч., изменяется в пределах 5,08–5,16 дН·м, для образца со смолой СИС в аналогичной дозировке составляет 5,21 дН·м. В то же время для образца без смол данный показатель составляет 5,44 дН·м. При этом увеличение дозировки вводимых смол НПС практически не оказывает влияния на плотность сшивания резин. Так, наибольшее изменение показателя ΔS наблюдается для образца, содержащего смолу НПС-5, и не превышает 2,3%. В то же время для образца со смолой СИС изменение плотности сшивания составляет 5%.

Тангенс угла механических потерь $\operatorname{tg} \delta$, представляющий собой отношение модуля потерь к крутящему моменту, как известно, характеризует гистерезисные свойства системы [8]. Полученные данные свидетельствуют, что при введении нефтеполимерных смол в модельные смеси в дозировке 1,0 мас. ч. тангенс угла механических потерь, измеренный при достижении максимального крутящего момента ($\operatorname{tg} \delta (M_H)$), изменяется в пределах 0,006–0,009. В то же время для резин, содержащих смолу СИС, данный показатель равен 0,007. Наименьшими значениями $\operatorname{tg} \delta (M_H)$, равным 0,006, обладают композиции, содержащие смолы НПС-3 и НПС-4. При увеличении дозировки исследуемых смол до 2,0 мас. ч. изменение тангенса угла механических потерь $\operatorname{tg} \delta (M_H)$ составляет 0,007–0,012. При этом для резиновых смесей, содержащих смолы НПС-2 и НПС-5, повышение дозировки данных смол практически не оказывает влияния на величину $\operatorname{tg} \delta (M_H)$. Снижение гистерезисных потерь эластомерных композиций, содержащих нефтеполимерные смолы, может быть обусловлено повышением молекулярной подвижности макромолекул каучука и увеличением скорости релаксации [1, 9].

Таким образом, характер действия нефтеполимерных смол в ненаполненных резиновых смесях на основе синтетического полиизопренового каучука, по-видимому, определяется в первую очередь их физико-химическими характеристиками: химическим составом, температурой размягчения, значением йодного числа, содержанием серы и другими, зависящими от условий реакции получения нефтеполимерных смол.

Под клейкостью понимают способность материалов соединяться друг с другом сразу после приведения склеиваемых поверхностей в контакт при умеренной величине приложенного давления. Это свойство является очень важным для таких резиновых изделий, как шины и конвейерные ленты, которые собираются наложением одного каландрованного или экструдированного слоя на другой. Поскольку в процессе изготовления сложного изделия приходится

соединять вместе отдельные его элементы, то прежде всего большое значение имеет клейкость невулканизированных резиновых смесей, из которых изготовлены эти элементы [9].

Недостаточная и чрезмерно высокая клейкость одинаково неудобны. Так, слишком большая клейкость затрудняет исправление небольших ошибок при сборке изделия и переработку резиновых смесей из-за прилипания к перерабатываемому оборудованию. Резиновые смеси состоят из большого числа ингредиентов с различной степенью растворимости. Некоторые из этих веществ могут выделяться из смеси на поверхность при охлаждении, т. е. выцветать на поверхность. Выцветание ухудшает конфекционную клейкость. Среди этих ингредиентов – сера, ускорители, противостарители, стеарат цинка, воски и др. Таким образом, оптимальное значение показателя клейкости способствует изготовлению качественных многослойных резиновых изделий. В случае автомобильных шин целесообразный диапазон клейкости полуфабрикатов, поступающих на сборку, который позволяет исключить применение бензина и резинового клея при проведении сборочных операций, находится в пределах 200–350 кПа [3, 9].

Результаты исследования клейкости ненаполненных резиновых смесей представлены в табл. 3.

Таблица 3
Результаты исследования клейкости
ненаполненных резиновых смесей

Резиновые смеси, содержащие смолу	Клейкость	
	фунт/дюйм ²	МПа
Без смолы	34	0,238
1,0 мас. ч.		
СИС	32	0,224
НПС-1	30	0,210
НПС-2	28	0,196
НПС-3	32	0,224
НПС-4	30	0,210
НПС-5	29	0,203
2,0 мас. ч.		
СИС	32	0,224
НПС-1	32	0,224
НПС-2	30	0,210
НПС-3	30	0,210
НПС-4	29	0,203
НПС-5	28	0,196

Анализ экспериментальных данных показал, что при времени дублирования резиновых образцов 30 с клейкость композиций с исследуемыми полимерными смолами изменяется в пределах 0,196–0,224 МПа. При этом значения показателя

клейкости ненаполненных резиновых смесей, содержащих нефтеполимерные смолы НПС-3 в дозировке 1,0 мас. ч. и НПС-1 в дозировке 2,0 мас. ч., находятся на уровне образца сравнения, содержащего промышленную смолу.

С увеличением дозировки смол НПС тенденция к повышению клейкости наблюдается только для смол НПС-1 и НПС-2, имеющих температуру размягчения 78,3–86,2°C. Выявлено, что при повышении дозировки смол НПС с температурами размягчения 90,6–100,2°C происходит снижение клейкости резиновых смесей на 3,5%.

Известно [9], что эффективность повысителей клейкости прежде всего, связана с их молекулярным строением, оказывающим влияние на совместимость с каучуком и межмолекулярное взаимодействие олигомерных молекул друг с другом. Повысители клейкости, мигрируя на поверхность резиновых смесей, по-видимому, формируют своего рода межфазный (приповерхностный) слой, обогащенный молекулами олигомера. Такое разделение сильнопластифицированных участков (приповерхностный слой) от малопластифицированных (внутренняя часть образца) позволяет сочетать повышенную пластичность при сдавливании с достаточной когезионной прочностью всей заготовки.

При соединении заготовок резиновых смесей, содержащих повысители клейкости, благодаря повышенной пластичности обеспечивается плотный контакт поверхностей, а затем удержание их вместе из-за того, что в результате контакта олигомерных молекул повышается клейкости из разных заготовок увеличивается межмолекулярное взаимодействие через межфазную границу. Этот контакт устанавливается мгновенно и облегчает протекающую с меньшей скоростью диффузию через межфазную границу молекул каучука. По мере размывания межфазной границы из-за взаимной диффузии цепей каучука уменьшается действие сил, вызывающих направленную миграцию олигомерных молекул, и происходит перераспределение их в объеме или на другие свободные поверхности. Этот процесс характерен для аутогезии (соединения заготовок из одной смеси или смесей на основе одного каучука) или соединения смесей совместимых каучуков. При соединении заготовок несовмещающихся каучуков межфазный слой такого же или другого строения сохраняется.

После вулканизации скорость диффузии этих олигомеров в эластомерной среде замедляется из-за сшивания макромолекул, вследствие чего миграция повысителей клейкости (даже если они не претерпевают химических изменений) сильно уменьшается [9, 10].

Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что химический состав исследуемых нефтеполимерных смол, определяющий подвижность их олигомерных молекул, гибкость молекулярных цепей, а также термодинамическую совместимость с каучуком, оказывает существенное влияние на клейкость резиновых смесей.

Заключение. Установлено, что при введении исследуемых нефтеполимерных смол в ненаполненные эластомерные композиции на основе синтетического полиизопренового каучука независимо от их содержания оптимум вулканизации имеет значения выше, чем для композиций, содержащих промышленную марку смолы СИС. Такой характер действия смол на кинетические параметры вулканизации ненаполненных резиновых смесей может быть обусловлен, в первую очередь, наличием в составе данных смол повышенных количеств остаточных непредельных углеводородов, что и определяет реакционную способность смол НПС и их участие в процессе вулканизации.

Выявлено, что ненаполненные эластомерные композиции, содержащие исследуемые НПС, по гистерезисным свойствам не уступают композициям с промышленной смолой СИС, что определяется химическим составом исследуемых смол. Введение нефтеполимерных смол в модельные смеси приводит к некоторому уменьшению тангенса угла механических потерь, измеренного при достижении максимального крутящего момента, за исключением смол НПС5 в дозировке 1,0 мас. ч. и НПС-4 в дозировке 2,0 мас. ч.

Определено, что нефтеполимерные смолы НПС-3 в дозировке 1,0 мас. ч. и НПС-1 в дозировке 2,0 мас. ч. обеспечивают конфекционную клейкость резиновых смесей при времени дублирования резиновых образцов 30 с на уровне образца сравнения, содержащего смолу СИС. В данном случае эффективность смол НПС, вероятно, обусловлена их термодинамической совместимостью с каучуком и межмолекулярным взаимодействием их олигомерных цепей.

Литература

1. Пичугин А. М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин: науч. издание. М.: Машиностроение, 2008. 383 с.
2. Алькорез 2975 – новая технологическая добавка для резиновых смесей / Н. А. Охотина [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 7. С. 104–109.

3. Гришин Б. С. Материалы резиновой промышленности: монография. Ч. 1. Казань: КГТУ, 2010. 506 с.
4. Технология резины: рецептуростроение и испытания / под ред. Дж. С. Дика. СПб.: Науч. основы и технологии, 2010. 620 с.
5. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов. М.: Истерик, 2009. 504 с.
6. Девирц Э. Я., Новиков А. С. Влияние температуры размягчения инден-кумароновых смол на свойства смесей на основе бутадиен-стирольного каучука и наирита // Каучук и резина. 1961. № 9. С. 19–21.
7. Девирц Э. Я., Новиков А. С. Изучение структуры вулканизатов ненаполненных смесей из каучука СКС-30, содержащих инден-кумароновую смолу // Каучук и резина. 1961. № 10. С. 11–14.
8. Жовнер Н. А., Чиркова Н. В., Хлебов Г. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров. Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. 276 с.
9. Донцов А. А., Канаузова А. А., Литвинова Т. В. Каучук-олигомерные композиции в производстве резиновых изделий. М.: Химия, 1986. 216 с.
10. Шварц А. Г., Динзбург Б. Н. Совмещение каучуков с пластиками и синтетическими смолами. М.: Химия, 1972. 224 с.

References

1. Pichugin A. M. *Materialovedcheskiye aspekty sozdaniya shinnykh rezin* [Material science aspects of creation of tire rubber]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2008. 383 p.
2. Okhotina N. A., Vedyashkina D. A., Il'yazov M. F., Savel'hcev A. P., Krokhina S. S., Mokhnatkina E. G., Mansurov R. I. Al'korez 2975 – a new technological additive for rubber compounds. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan technological University], 2011, no. 7, pp. 104–109 (In Russian).
3. Grishin B. S. *Materialy rezinovoy promyshlennosti* [Materials of the rubber industry]. Part 1. Kazan', KGTU Publ., 2010. 506 p.
4. Dick J. S. *Tekhnologiya reziny: retsepturostroeniye i ispytaniya* [Rubber technology: prescription and testing]. St. Petersburg, Nauchnyye osnovy i tekhnologii Publ., 2010. 620 p.
5. Kornev A. E., Bukanov A. M., Sheverdyayev O. N. *Tekhnologiya elastomernykh materialov* [Technology elastomeric materials]. Moscow, Isterik Publ., 2009. 504 p.
6. Devirts E. Ya., Novikov A. S. Influence of softening temperature of indene-coumarone resins on properties of mixtures based on butadiene-styrene rubber and nayrit. *Kauchuk i rezina* [Kauchuk and rubber], 1961, no. 9, pp. 19–21 (In Russian).
7. Devirts E. Ya., Novikov A. S. Study of structure of vulcanizates of unfilled mixtures based on SKS-30 rubber containing indene-cumarone resin. *Kauchuk i rezina* [Kauchuk and rubber], 1961, no. 10, pp. 11–14 (In Russian).
8. Zhovner N. A., Chirkova N. V., Khlebov G. A. *Struktura i svoystva materialov na osnove elastomerov* [Structure and properties of materials based on elastomers]. Omsk, Filial RosZITLP Publ., 2003. 276 p.
9. Dontsov A. A., Kanauzova A. A., Litvinova T. V. *Kauchuk-oligomernyye kompozitsii v proizvodstve rezinovykh izdeliy* [Rubber-oligomeric compositions in the manufacture of rubber products]. Moscow, Khimiya Publ., 1986. 216 p.
10. Shvarts A. G., Dinzburg B. N. *Sovmeshcheniye kauchukov s plastikami i sinteticheskimi smolami* [The combination of rubber with plastics and synthetic resins]. Moscow, Khimiya Publ., 1972. 224 p.

Информация об авторах

Перфильева Светлана Александровна – начальник испытательного сектора. ОАО «Белшина» (213824, г. Бобруйск, ул. Минское шоссе, Республика Беларусь). E-mail: perfileva.svetlana@bk.ru

Шашок Жанна Станиславовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: shashok@belstu.by

Усс Елена Петровна – кандидат технических наук, ассистент кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: uss@belstu.by

Юсевич Андрей Иосифович – кандидат химических наук, заведующий кафедрой нефтегазопереработки и нефтехимии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: usevich@mail.ru

Трусов Кирилл Игоревич – магистрант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: trusov2269@gmail.com

Information about the authors

Perfil'yeva Svetlana Aleksandrovna – Head of the Testing Sector. JSC “Belshina” (Minskoye shosse str., 213824, Bobruysk, Republic of Belarus). E-mail: perfileva.svetlana@bk.ru

Shashok Zhanna Stanislavovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shashok@belstu.by

Uss Elena Petrovna – PhD (Engineering), assistant lecturer, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: uss@belstu.by

Yusevich Andrey Iosifovich – PhD (Chemistry), Head of the Department of Oil and Gas Processing and Petroleum Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: usevich@mail.ru

Trusov Kirill Igorevich – Master's Degree student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trusov2269@gmail.com

Поступила 03.11.2017