

УДК 678.049

**Ж. С. Шашок<sup>1</sup>, С. А. Перфильева<sup>2</sup>, Н. Р. Прокопчук<sup>1</sup>, Е. П. Усс<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет»<sup>2</sup>ОАО «Белшина»**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ  
НА УПРУГОПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ШИННЫХ РЕЗИН**

Исследовано влияние нефтеполимерных смол отечественного производства на упругопрочностные характеристики шинных резин до и после теплового старения. Исследуемые нефтеполимерные смолы вводились в шинные резиновые смеси различного назначения на основе каучуков общего назначения в равнозначных дозировках с промышленным мягчителем – стирол-инденовой смолой. Исследуемые нефтеполимерные смолы были получены из тяжелой пиролизной смолы методом термической радикальной полимеризации. Установлено, что замена стирольно-инденовой смолы на исследуемые нефтеполимерные смолы в камерной и брекерной обкладочной эластомерных композициях практически не оказывает влияния на их упругопрочностные характеристики. В случае каркасной обкладочной резиновой смеси наилучшим комплексом свойств обладают резины только с добавкой НПС-5. Анализ результатов исследования влияния нефтеполимерных смол НПС-5–НПС-7 на стойкость резин к термическому старению выявил целесообразность использования отечественных мягчителей при изготовлении камерных и каркасных резиновых смесей, так как для их вулканизатов не было выявлено снижения стойкости к тепловому старению по сравнению с вулканизатами с промышленным мягчителем. Характер действия нефтеполимерных смол на образцы резин на основе каучуков общего назначения, возможно, обусловлен их строением, а также влиянием на плотность поперечного сшивания и природу поперечных связей, образующихся в процессе вулканизации.

**Ключевые слова:** каучук, резиновая смесь, вулканизат, повыситель клейкости, нефтеполимерная смола, упруго-прочностные свойства.

**Zh. S. Shashok<sup>1</sup>, S. A. Perfilieva<sup>2</sup>, N. R. Prokopchuk<sup>1</sup>, E. P. Uss<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Belarusian State Technological University<sup>2</sup>JSC “Belshina”**RESEARCH OF INFLUENCE OF PETROLEUM POLYMER RESINS  
ON ELASTIC STRENGTH PROPERTIES OF TIRE RUBBERS**

The effect of domestic-made petroleum polymer resins on the elastic-strength characteristics of tire rubbers before and after heat aging is studied. The studied petroleum polymer resins were introduced into tire rubber mixtures for various purposes based on general-purpose rubbers in equal dosages with industrial softener – styrene-indene resin. Petroleum polymer resins were obtained from heavy pyrolysis resin by thermal radical polymerization. It has been established that the replacement of styrene-indene resin with petroleum polymer resins in the tube and breaker elastomeric compositions has practically no effect on their elastic-strength characteristics. In the case of a carcass rubber compound, the best complex of properties is possessed by rubbers only with the addition of NPS-5. An analysis of the results of studying the effect of NPS-5–NPS-7 petroleum polymer resins on the resistance of rubber to thermal aging revealed the advisability of using domestic softeners in the manufacture of tuber and carcass rubber compounds, since no decrease in thermal resistance was revealed for their vulcanizates aging in comparison with vulcanizates with an industrial softener. The nature of the action of petroleum polymer resins on rubber samples based on general-purpose rubbers is probably due to their structure, as well as to the effect on the cross-linking density and the nature of the cross-links formed during vulcanization.

**Key words:** rubber, rubber mixture, vulcanizate, tackifier, petroleum resin, elastic strength properties.

**Введение.** В шинной промышленности различные типы смол применяются в качестве вулканизирующих агентов, повысителей клейкости резиновых смесей, в пропиточных составах для повышения прочности связи резин с кордом и другими текстильными материалами. К таким смолам относятся канифоль сосновая и ее

эфир, инден-кумароновые, нефтеполимерные, алкифенолоформальдегидные смолы и др. [1, 2].

Нефтеполимерные смолы (НПС) являются весьма эффективными повысителями клейкости и не уступают по физико-химическим свойствам некоторым дорогостоящим и дефицитным продуктам природного и синтетического происхождения.

Данные смолы получают из отходов и побочных продуктов переработки нефти и ее фракций методами полимеризации и сополимеризации. Основной сырьевой базой служат жидкие продукты пиролиза углеводородов: фракции  $C_5$ ,  $C_8$ – $C_9$  и тяжелые пиролизные смолы. В зависимости от исходного сырья и условий получения нефтеполимерные смолы могут быть вязкими, твердыми или каучукоподобными материалами с температурой размягчения от 50 до 150°C, от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Технология синтеза НПС отличается простотой, что обуславливает их дешевизну и низкую себестоимость [3–6].

Работы в области синтеза и модификации НПС с целью улучшения их качества и расширения областей использования ведутся интенсивно и по сей день [7–9]. Таким образом, разработка отечественных нефтеполимерных смол, обеспечивающих требуемый уровень свойств резиновых смесей и вулканизатов на их основе, определяет актуальность данной работы.

**Основная часть.** Целью работы являлось исследование влияния нефтеполимерных смол отечественного производства на упругопрочностные характеристики шинных резин до и после теплового старения.

В качестве объектов исследования использовались эластомерные композиции на основе каучуков общего назначения, применяемые для производства шинных полуфабрикатов. Принципиальный состав шинных резиновых смесей и дозировки вводимых мягчителей представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Принципиальный состав шинных резиновых смесей

Наименование ингредиентов	Содержание ингредиентов, мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука / назначение смеси		
	камерная	каркасная обкладочная	брекерная обкладочная
СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15	100,0	–	–
СКИ-3	–	100,0	50,0
НК	–	–	50,0
Другие ингредиенты	81,1	72,4	85,3
Исследуемая смола (НПС-5–НПС-7 либо СИС)	4,0	2,0	1,0

Образцами сравнения являлись эластомерные композиции, содержащие продукты переработки каменного угля – стирол-инденую смолу в равноценных с нефтеполимерными смолами дозировках. Исследуемые нефтеполимерные

смолы были получены из тяжелой пиролизной смолы методом термической радикальной полимеризации [10]. Химический состав и физико-химические характеристики смол НПС [11] зависели от условий получения и выделения целевого продукта.

Упругопрочностные характеристики и сопротивление раздиру образцов резин определяли на разрывной машине Zwick Z005 при строго постоянной скорости растяжения ( $500 \pm 50$  мм/мин) в соответствии с ГОСТ 270-75 и ГОСТ 262-93. Определение стойкости резин к тепловому старению проводились согласно ГОСТ 9.024-74.

На прочностные свойства резин большое влияние оказывают тип и микроструктура каучука, тип вулканизирующей системы и характер образующихся при вулканизации структур, дозировка и морфологические характеристики наполнителей, пластификаторов и других ингредиентов. В процессе вулканизации, помимо процессов структурирования и деструкции, происходит изменение состава и структуры полимерных цепей в результате внутримолекулярного присоединения серы с образованием серосодержащих циклов, *цис-транс*-изомеризация (в присутствии серы и ускорителей класса тиазолов и сульфенамидов). Все это приводит к уменьшению регулярности молекулярных цепей и снижению прочности вулканизатов [12]. Изменение основных упругопрочностных свойств резин оказывает непосредственное влияние на эксплуатационные характеристики изделия и его работоспособность.

Прочность при растяжении – это наиболее общепринятое испытание в резиновой промышленности. Ее определяют на разрывных машинах, на которых свулканизованный резиновый образец, имеющий форму для закрепления в зажимах, растягивается с определенной скоростью, и при этом измеряется напряжение. Предельная прочность при растяжении – это максимальное напряжение, при котором образец в виде двухсторонней лопатки разрушается в процессе удлинения. Предельное удлинение – это величина приложенной деформации, при которой происходит разрушение образца. Напряжение при удлинении обычно определяется при различных заданных деформациях (например, 100% и 300%) до разрушения образца [13].

На деформационные свойства могут влиять плохое смешение и диспергирование, присутствие примесей, недовулканизация, перевулканизация, пористость и другие факторы. Недиспергированные частицы различных ингредиентов смеси, например агломераты технического углерода, вызывают концентрацию напряжений в процессе растяжения резиновой лопатки,

приводя к преждевременному разрушению при низких напряжениях. Летучие компоненты смеси также могут вызвать образование пор в процессе вулканизации. Эти пустоты могут снизить прочность при растяжении [13].

Высокая концентрация напряжения в резиновом изделии, возникающая в результате пореза или других повреждений поверхности в процессе эксплуатации, может привести к разрастанию надреза или разрыву. Различные резины имеют разное сопротивление раздиру, которое может зависеть от плотности сшивания резины и степени вулканизации, а также типа и количества наполнителя. Нагрузка, необходимая для образования надреза, значительно отличается от нагрузки, требуемой для его разрастания. В ходе испытания, согласно ГОСТ 262-93, в образце специально делают искусственный надрез для получения значения нагрузки, необходимой для его разрастания [13].

Результаты исследования влияния типа смол на упругопрочностные свойства шинных наполненных резин представлены в табл. 2.

Анализ данных, полученных в результате испытаний камерных резин, выявил, что замена стирольно-индененовой смолы в рецептуре резиновых смесей, построенных на основе тройной комбинации каучуков общего назначения (СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 ТДАЕ), приводит к некоторому увеличению прочностных показателей вулканизатов, однако снижает сопротивление раздиру. Наиболее близкие свойства с об-

разцом сравнения выявлены у резиновых образцов, содержащих смолу НПС-5. В то же время применение НПС-7 оказывает максимальный усиливающий эффект для камерных резин: увеличивает условное напряжение при 300%-ном удлинении полученной резины на 7,7%, условную прочность при растяжении, измеренную при  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , – на 5,2%, при  $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$  – на 5,7%, относительное удлинение при разрыве – на 6,3%. Такой характер изменения прочностных показателей камерных резин, во-первых, возможно связан с наличием в исследуемых нефтеполимерных смолах непредельных остаточных углеводородов, которые вступили во взаимодействие с вулканизирующей группой в процессе вулканизации, что повлияло на структуру вулканизационной сетки. Данное предположение подтверждается результатами, полученными при исследовании эластомерных композиций с различными нефтеполимерными смолами на реометре [14]. В частности, выявлено снижение показателя  $\Delta S$  (разность максимального и минимального крутящих моментов), полученного из кинетической кривой вулканизации. Данный показатель представляет собой разность максимального и минимального крутящих моментов и характеризует косвенно плотность сшивания резин [15]. Во-вторых, увеличение условной прочности при растяжении исследуемых резин, измеренное при повышенных температурах, может свидетельствовать об уменьшении сульфидности поперечных связей.

Таблица 2

## Упругопрочностные характеристики исследуемых шинных резин

Вулканизаты, содержащие смолу	Условное напряжение при 300%-ном удлинении, МПа	Условная прочность при растяжении $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , МПа	Условная прочность при растяжении $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$ , МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Сопротивление раздиру, кН/м
СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 ТДАЕ (4,0 мас. ч.)					
СИС	5,2	13,5	7,0	640	72
НПС-5	5,6	13,5	7,0	630	67
НПС-6	5,4	14,1	7,3	700	64
НПС-7	5,6	14,2	7,4	680	64
СКИ-3 (2,0 мас. ч.)					
СИС	8,7	25,4	15,3	650	104
НПС-5	7,8	24,1	14,9	620	111
НПС-6	8,9	22,4	13,8	570	102
НПС-7	8,1	21,2	13,4	570	89
СКИ-3 + НК (1,0 мас. ч.)					
СИС	15,6	22,6	14,7	470	100
НПС-5	15,6	21,8	14,9	440	98
НПС-6	15,8	22,3	15,4	460	108
НПС-7	15,4	22,7	14,7	470	108

Таким образом, наличие более редкой сетки вулканизации и уменьшенная сульфидность поперечных связей, по-видимому, компенсируется их более равномерным распределением, что, как следствие, приводит к увеличению условной прочности при растяжении вулканизатов [2, 16].

В процессе эксплуатации при деформации на поверхности шин могут возникать и разрастаться дефекты, связанные с механическими повреждениями и конструкцией изделия. Они вызывают локальное перенапряжение в деформируемом материале, приводящее к потере прочности. В связи с этим с определением условной прочности резин их испытывают на прочность при специально созданной путем надреза максимальной концентрации напряжения [17]. Установлено, что введение различных НПС в камерные эластомерные композиции приводит к снижению показателя сопротивления раздиру резин. Так, замена промышленного мягчителя СИС на нефтеполимерную смолу НПС-5 вызывает снижение сопротивления раздиру на 6,9%, на НПС-6–НПС-7 – на 11,1% по сравнению с образцом с промышленным мягчителем. Можно предположить, что нефтеполимерные смолы могут оказывать влияние на формирование ориентационных микроструктур в месте концентрации напряжений в вершинах надрезов образцов резин.

Для каркасных обкладочных резин на основе 100,0 мас. ч. каучука СКИ-3 выявлено некоторое снижение прочности при растяжении во всех случаях замены в рецептуре промышленного мягчителя на исследуемые НПС. Наименьшие прочностные показатели были выявлены в случае использования нефтеполимерной смолы НПС-7: значение показателя условного напряжения при 300%-ном удлинении уменьшилось на 6,9%, а показателя условной прочности при растяжении при  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  и  $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$  – на 16,5% и 12,4% соответственно, относительное удлинение при разрыве на 12,3%, а сопротивление раздиру – на 14,4%. Такое влияние на свойства каркасной резины, вероятно, связано с тем, что применение данной смолы приводит к изменению пространственной структуры вулканизата. В частности, увеличивается плотность поперечного сшивания (это доказывают данные, полученные при определении  $\Delta S$  на реометре [14]). Однако вулканизационные связи, по-видимому, распределяются, в отличие от образца сравнения, не достаточно равномерно, что вызывает появление участков перенапряжения [2, 16]. Минимальное действие на упругопрочностные свойства каркасных резин выявлено при замене СИС на НПС-5. В данном случае изменение

упругопрочностных характеристик не превышает 5,1%. Кроме того, для резин с НПС-5 определено увеличение сопротивления раздиру на 6,7%.

В рецептуре резиновой смеси, предназначенной для обрезаживания металлокордного брекера, замена СИС на исследуемые нефтеполимерные смолы не привела к значительным изменениям упругопрочностных показателей полученных резин. Вместе с тем использование НПС-6 и НПС-7 позволяет на 8,0% увеличить сопротивление раздиру. Такой характер изменения свойств резин, рецептуры которых построены на основе комбинации натурального и синтетического *цис*-изопреновых каучуков (НК + СКИ-3), вероятнее всего, связан с особенностями взаимодействия исследуемых нефтеполимерных смол с вулканизирующей группой в процессе вулканизации, что повлияло на структуру вулканизационной сетки.

Таким образом, установлено, что замена стирольно-инденовой смолы на исследуемые нефтеполимерные смолы в камерной и брекерной обкладочной эластомерных композициях практически не оказывает влияния на их упругопрочностные характеристики. Определено снижение сопротивления раздиру резин, содержащих НПС-6 и НПС-7 до 11,1%. Однако в случае каркасной обкладочной резиновой смеси наилучшим комплексом свойств обладают резины только с добавкой НПС-5. Полученные данные позволяют предположить, что степень влияния исследуемых мягчителей на механические свойства при статическом нагружении зависит от состава самих мягчителей, природы эластомерной матрицы и состава компонентов резиновой смеси.

Свойства резины изменяются во времени при температуре окружающей среды или изменяются с большей скоростью под действием тепла. При повышенных температурах сильнее проявляется влияние окислительных процессов, а также выше скорость диффузии кислорода. Следовательно, испытания на тепловое старение проводят для измерения изменений в физических свойствах резин при повышенных температурах, которые могут быть близки к температурам эксплуатации реального изделия [13]. Пластификаторы и мягчители в большинстве случаев оказывают неблагоприятное влияние на термостойкость и повышают скорость термоокислительного старения. Пластификаторы ненасыщенного типа ухудшают термо- и термоокислительную стойкость, поскольку они участвуют в окислении резин [12]. В табл. 3 приведены результаты исследования физико-механических свойств резин после старения при  $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$  в течение 72 ч.

Таблица 3

**Изменение показателей физико-механических свойств исследуемых резин  
после теплового старения при  $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$  в течение 72 ч**

Вулканизаты, содержащие смолу	Изменение показателя			
	по условному напряжению при 300%-ном удлинении ( $S_{f\epsilon}$ ), %	по условной прочности при растяжении ( $S_\sigma$ ), %	по относительному удлинению при разрыве ( $S_\epsilon$ ), %	по сопротивлению раздиру ( $S_{T\delta}$ ), %
СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 TDAE (4,0 мас. ч.)				
СИС	+38,5	-31,1	-29,7	-58,3
НПС-5	+32,1	-25,2	-30,2	-52,2
НПС-6	+31,5	-17,0	-25,7	-48,4
НПС-7	+30,4	-13,4	-20,6	-48,4
СКИ-3 (2,0 мас. ч.)				
СИС	+59,8	-26,8	-36,9	-48,1
НПС-5	+75,6	-27,4	-37,1	-46,8
НПС-6	+52,8	-23,5	-35,1	-44,1
НПС-7	+67,9	-25,5	-36,8	-49,4
СКИ-3 + НК (1,0 мас. ч.)				
СИС	-	-80,5	-76,6	-58,0
НПС-5	-	-80,3	-79,5	-63,3
НПС-6	-	-81,2	-78,3	-67,6
НПС-7	-	-82,4	-80,9	-62,0

Анализ данных табл. 3 показал, что введение нефтеполимерных смол в эластомерные композиции для производства камер, рецептуры которых построены на основе тройной комбинации каучуков общего назначения (СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 TDAE), приводит к некоторому повышению стойкости резин к воздействию повышенных температур.

Так, для резин с НПС значение  $S_\sigma$  составляет  $(-13,4\%)$ – $(-25,2\%)$ ,  $S_\epsilon$  равно  $(-30,2\%)$ – $(-20,6\%)$ , а  $S_{T\delta}$  –  $(-48,4\%)$ – $(-52,2\%)$ . В то время как для образца сравнения  $S_\sigma$  равно  $(-31,1\%)$ ,  $S_\epsilon$  равно  $(-29,7\%)$ , а  $S_{T\delta}$  –  $(-58,3\%)$ . Следует отметить, что минимальные изменения определены при использовании смолы НПС-7. Улучшение стойкости камерных резин к тепловому старению может быть обусловлено особенностями структуры вулканизационной сетки резин с исследуемыми добавками смол.

В работе [14] показано влияние НПС на вулканизационные характеристики камерных эластомерных композиций. Выявлено снижение показателя  $\Delta S$ , косвенно характеризующего плотность сшивания резин. Это объясняли тем, что непредельные остаточные углеводороды, входящие в состав исследуемых нефтеполимерных смол, вступают во взаимодействие с вулканизирующей группой в процессе вулканизации, что оказывает влияние на структуру вулканизационной сетки и природу образующихся поперечных связей [2, 16].

Замена стирольно-инденовой смолы на нефтеполимерную смолу НПС-6 в рецептуре резиновой смеси, построенной на основе 100,0 мас. ч. СКИ-3, приводит к некоторому увеличению стойкости каркасной резины к термическому старению. Так, для данной резины изменение показателя по условной прочности при растяжении составляет  $(-23,5\%)$ , по относительному удлинению при разрыве –  $(-35,1\%)$ , по сопротивлению раздиру –  $(-44,1\%)$ , тогда как для образца сравнения эти показатели составляют  $(-26,8\%)$ ,  $(-36,9\%)$  и  $(-48,1\%)$  соответственно. Изменения прочностных показателей после теплового старения резин, содержащих в качестве мягчителей нефтеполимерные смолы НПС-5 и НПС-7, сохранились на уровне образца сравнения за исключением  $S_{f\epsilon}$ . Изменения показателей по условному напряжению при 300%-ном удлинении образцов с НПС-5 и НПС-7 достигли значительных  $(+75,6\%)$  и  $(+67,9\%)$  соответственно, тогда как для образца с СИС  $S_{f\epsilon}$  составляет  $(+59,8\%)$ .

Для резиновой смеси, предназначенной для обрешивания металлокордного брекера, построенной на основе комбинации натурального и синтетического каучука, замена промышленного мягчителя СИС на исследуемые нефтеполимерные смолы приводит к некоторому снижению стойкости вулканизатов к тепловому старению. При этом наибольшее изменение выявлено по показателю сопротивления раздиру для образца с НПС-6 по сравнению с образцом

с СИС. В данном случае изменение составило (–9,6%).

Таким образом, анализ результатов исследования влияния нефтеполимерных смол НПС-5–НПС-7 на стойкость резин к термическому старению выявил целесообразность использования отечественных мягчителей при изготовлении камерных и каркасных резиновых смесей, так как для их вулканизатов не было обнаружено снижения стойкости к тепловому старению в сравнении с вулканизатами со стирольно-инденевой смолой. Характер действия нефтеполимерных смол на образцы резин на основе каучуков общего назначения, возможно, обусловлен их строением, а также влиянием на плотность поперечного сшивания и природу

поперечных связей, образующихся в процессе вулканизации.

**Заключение.** На основании полученных результатов исследований установлено, что введение нефтеполимерных смол с различными физико-химическими характеристиками в камерные и бреккерные обкладочные резиновые смеси практически не оказывает влияния на их упруго-прочностные показатели, однако несколько снижает (до 11,1%) сопротивление раздиру данных резин. В то же время для каркасных смесей целесообразно использовать только смолы НПС-5. Определено, что замена СИС на смолы НПС-5–НПС-7 в камерных и каркасных резиновых смесях способствует некоторому повышению стойкости данных резин к воздействию повышенных температур.

### Литература

1. Гришин Б. С. Материалы резиновой промышленности (информационно-аналитическая база данных). В 2 ч. Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2010. Ч. 1. 506 с.
2. Пичугин А. М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. М.: Научное издание, 2008. 383 с.
3. Синтез, модификация и применение нефтеполимерных смол на основе мономерсодержащих пиролизных фракций / В. П. Лесняк [и др.] // Химические проблемы создания новых материалов и технологий. 2008. С. 204–245.
4. Думский Ю. В. Нефтеполимерные смолы. М.: Химия, 1988. 168 с.
5. Mildenberg R., Zander M., Collin G. Hydrocarbon Resins. Weinheim: Wiley-VCH, 1997. 178 p.
6. Synthesis of Petroleum Polymer Resins by Initiated Oligomerization of the C<sub>8</sub>/C<sub>9</sub> Gasoline Pyrolysis Fraction / Yu. V. Dumskiy [et al.] // Petroleum chemistry. 2014. Vol. 54, no. 1. P. 69–71.
7. Синтез модифицированной метилметакрилатом нефтеполимерной смолы / В. Г. Бондалетов [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. 2008. № 10. С. 19–24.
8. Использование циклопентадиеновой фракции жидких продуктов пиролиза в синтезе модифицированных нефтеполимерных смол / О. В. Бондалетов [и др.] // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 316, № 3. С. 77–82.
9. Окислительная модификация дициклопентадиенсодержащих нефтеполимерных смол / О. Ю. Федорова [и др.] // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-3. С. 756–759.
10. Получение нефтеполимерной смолы с заданными свойствами из тяжелой смолы пиролиза / А. И. Юсевич [и др.] // Труды БГТУ. 2017, № 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. С. 147–153.
11. Повысители клейкости на основе нефтеполимерных смол в резиновых смесях (обзор) / Ж. С. Шашок [и др.] // Труды БГТУ. 2019, № 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. С. 53–69.
12. Жовнер Н. А., Чиркова Н. В., Хлебов Г. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров. Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. 276 с.
13. Дик Дж. Технология резины: рецептуростроение и испытания / под ред. Дж. Дика; пер. с англ. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
14. Шашок Ж. С., Перфильева С. А., Усс Е. П. Влияние нефтеполимерных смол на вулканизационные параметры эластомерных композиций // Материалы LVI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2017 год: в 3 ч. Ч. 1 / под ред. С. Т. Антипова; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж, 2018. С. 135.
15. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация / В. И. Овчаров [и др.]. М.: САНТ-ТМ, 2001. 400 с.
16. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов. М.: Истек, 2009. 504 с.
17. Бергштейн Л. А. Лабораторный практикум по технологии резины. Л.: Химия, 1989. 248 с.

### References

1. Grishin B. S. *Materialy rezinovoy promyshlennosti* [The materials of rubber industry]. Kazan', KGTU Publ., 2010. 506 p.
2. Pichugin A. M. *Materialovedcheskiye aspekty sozdaniya shinnykh rezin* [Material science aspects of creation tire rubber]. Moscow, Nauchnoye izdaniye Publ., 2008. 383 p.
3. Lesnyak V. P., Gaponik L. V., Shiman D. I., Kostyuk S. V., Kaputsky F. N. Synthesis, modification and application of petroleum-polymer resins based on monomer-containing pyrolysis fractions. *Khimicheskiye problemy sozdaniya novykh materialov i tekhnologiy* [Chemical problems of creating new materials and technologies], 2008, pp. 204–245 (In Russian).
4. Dumskiy Yu. V. *Neftepolimernyye smoly* [Petropolymer resins]. Moscow, Khimiya Publ., 1988. 168 p.
5. Mildenberg R., Zander M., Collin G. *Hydrocarbon Resins*. Weinheim, Wiley-VCH, 1997. 178 p.
6. Dumskiy Yu. V., Butov G. M., Cherednikova G. F., Dumskii S. Yu. Synthesis of Petroleum Polymer Resins by Initiated Oligomerization of the C8/C9 Gasoline Pyrolysis Fraction. *Petroleum chemistry*. 2014, vol. 54, no. 1, pp. 69–71.
7. Bondaletov V. G., Akimova E. V., Bondaletov O. V., Bondaletova L. I., Sutyagin V. M. Synthesis of a methyl methacrylate modified petroleum resin. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil refining and petrochemistry], 2008, no. 10, pp. 19–24 (In Russian).
8. Bondaletov O. V., Bondaletova L. I., Ogorodnikov V. D., Bondaletov V. G., Sutyagin V. M., Grichnevskaya L. A. Use of the cyclopentadiene fraction of liquid pyrolysis products in the synthesis of modified petroleum polymer res-ins. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of Tomsk Polytechnic University], 2010, vol. 316, no. 3, pp. 77–82 (In Russian).
9. Fedorova O. Yu., Bokova E. V., Volgina T. N., Manankova A. A. Oxidative modification of dicyclopentadiene-containing petroleum polymer resins. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Basic research], 2013, no. 8-3, pp. 756–759 (In Russian).
10. Yusevich A. I., Trusov K. I., Shashok Zh. S., Uss E. P., Perfil'yeva S. A. Preparation of a petroleum polymer resin with predetermined properties from a heavy pyrolysis resin. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2017, no. 2: Chemical Technologies, Biotechnology. Geoecology, pp. 147–153 (In Russian).
11. Shashok Zh. S., Perfil'yeva S. A., N. R. Prokopchuk, Uss E. P., Yusevich A. I., Trusov K. I. Tackifiers based on petroleum resin in rubber compounds (review). *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2019, no. 2: Chemical Technologies, Biotechnology. Geoecology, pp. 53–69 (In Russian).
12. 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.
13. Dick J. S. *Rubber Technology. Compounding and Testing for Performance*. Munich, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. 567 p. (Russ. ed.: Dik Dzh. *Tekhnologiya reziny: retsepturostroyeniye i ispytaniya*. St. Petersburg, Nauchnyye osnovy i tekhnologii Publ., 2010. 620 p.).
14. Shashok Zh. S., Perfil'yeva S. A., Uss E. P. [The effect of petroleum-polymer resins on the vulcanization parameters of elastomeric compositions]. *Materialy LVI otchetnoy nauchnoy konferentsii prepodavateley i nauchnykh sotrudnikov VGUIT za 2017 god* [Materials of the LVI of the report of the scientific conference of teachers and researchers of VGUIT for 2017]. Voronezh, 2018, pp. 135 (In Russian)
15. Ovcharov V. I., Burmistr M. V., Tyutin V. A., Verbas V. V., Smirnov A. G., Naumenko A. P. *Svoystva rezinovykh smesey i rezin: otsenka, regulirovaniye, stabilizatsiya* [Properties of rubber compounds and rubber: assessment, management, stabilization]. Moscow, SANT-TM Publ., 2001. 400 p.
16. Kornev A. E., Bukanov A. M., Sheverdjaev O. N. *Tekhnologiya elastomernykh materialov* [Technology of elastomeric materials]. Moscow, Istek Publ., 2009. 504 p.
17. Bergstein L. A. *Laboratornyy praktikum po tekhnologii reziny* [Laboratory workshop on rubber technology]. Leningrad, Khimiya Publ., 1989. 248 p.

### Информация об авторах

**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: zhanna-shashok@mail.ru

**Перфильева Светлана Александровна** – начальник испытательного сектора. ОАО «Белшина» (213824, г. Бобруйск, ул. Минское шоссе, Республика Беларусь). E-mail: svetaperfileva12@gmail.com

**Прокопчук Николай Романович** – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nrprok@gmail.com

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

#### **Information about the authors**

**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: zhanna-shashok@mail.ru

**Perfileva Svetlana Aleksandrovna** – Head of the Testing Sector. JSC “Belshina” (Minskoye shosse str., 213824, Bobruysk, Republic of Belarus). E-mail: svetaperfileva12@gmail.com

**Prokopchuk Nikolai Romanovich** – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nrprok@gmail.com

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

*Поступила 11.11.2019*