

УДК 678.065

Аспирант Ю.М. Нечёсова

(Воронеж. гос. мед. акад.) кафедра фармацевтической химии и фармацевтической технологии
E-mail: malyavina.yulya@yandex.ru)

профессор В.И. Корчагин

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра инженерно экологии. тел. (473) 249-60-24
E-mail: kvi-vgta@rambler.ru

профессор С.И. Нифталиев, доцент Ю.С. Перегудов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра неорганической химии и химической технологии. тел. (473) 255-38-87
E-mail: niftaliev@gmail.com

Graduate Yu.M. Nechesova

(Voronezh state medical academy) Department of pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology
E-mail: malyavina.yulya@yandex.ru)

professor V.I. Korchagin

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of environmental engineering, phone (473) 249-60-24
E-mail: kvi-vgta@rambler.ru

E-mail: kvi-vgta@rambler.ru

professor S.I. Niftaliev, associate Professor Yu.S. Peregudov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of inorganic chemistry and chemical technology. phone (473) 255-38-87
E-mail: niftaliev@gmail.com

Повышение физико-механических показателей эластомеров при использовании жидкофазного наполнения

The improvement of physical and mechanical properties elastomers using liquid phase filling

Реферат. Исследованы физико-механические свойства вулканизатов, полученных на основе эластомерных композиций, наполненных гидрофобным карбонатом кальция на стадии латекса и традиционным методом – на вальцах. Определено, что максимальная степень наполнения резиновых смесей, полученных на вальцах, составляет 200 мас. ч., при наполнении каучука на стадии латекса – 400 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера. Отмечено, что в процессе приготовления резиновых смесей на основе каучука, наполненного на стадии латекса, наблюдается лучшая обрабатываемость и сокращается время смешения с 27 до 17 минут. Однако композиции со степенью наполнения 400 мас. ч. «залипают» на вальцах, что связано с высоким содержанием жирных кислот, которые способствуют адгезии за счет набухания полимерной фазы. При наполнении 50 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука физико-механические свойства композиций, приготовленных жидкофазным способом, превосходят значения стандартных образцов. С увеличением степени наполнения до 100 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука возрастают показатели предела прочности при растяжении, но при этом снижаются показатели относительного удлинения. Дальнейшее увеличение степени наполнения способствует снижению физико-механических показателей вулканизатов, кроме твердости по Шору. Изучено влияние стеариновой и олеиновой кислот на переработку резиновых смесей. Установлено, что олеиновая кислота участвует в процессе вулканизации и увеличивает физико-механические свойства вулканизатов за счет образования π - π связей с каучуковой матрицей, а стеариновая - выполняет роль межфазного структурного пластификатора. Методом равновесного набухания в толуоле определена плотность химически связанных цепей полимерной сетки. Наименьшая равновесная степень набухания наблюдается у образца, приготовленного на вальцах.

Summary. The physic-mechanical properties of vulcanizates derived from elastomeric compositions filled with calcium carbonate to hydrophobic stage latex and the traditional method - on the rollers. It is determined that the maximum degree of filling of the rubber mixtures produced on the rollers, is 200 parts by weight rubber during the filling stage on latex - 400 parts by weight 100 parts polymer. It is noted that during the preparation of rubber mixtures based on natural rubber, latex filled in step, there is a better process ability and reduced mixing time from 27 to 17 minutes. However, compositions with a degree of filling of 400 parts by weight "Sticky" on the rollers, due to the high content of fatty acids, which contribute to adhesion due to the swelling of the polymer phase. When filled with 50 parts by weight 100 parts Rubber physical properties of the compositions prepared by liquid-phase method, higher than the values of standard samples. With increasing degree of filling of up to 100 parts by weight 100 parts by weight of rubber increased rates of tensile strength, but reduced rates of elongation. Further increase in the degree of filling reduces the physical and mechanical properties of vulcanizates than Shore hardness. The effect of stearic acid and oleic acid for processing rubber compounds. Found that oleic acid is involved in the curing process and increase the mechanical properties of the vulcanizates by formation of π - π bonds with a matrix rubber, and stearic - plays the role of the interfacial structure plasticizer. The method of equilibrium swelling in toluene determined density chemically bonded chains of the polymer network. The lowest equilibrium degree of swelling is observed in a sample prepared on a mill.

Ключевые слова: жидкофазное наполнение, карбонат кальция, физико-механические свойства, вулканизат.

Keywords: liquid-phase content, calcium carbonate, physical and mechanical properties, vulcanizate.

©Нечёсова Ю.М., Корчагин В.И.,
Нифталиев С.И., Перегудов Ю.С., 2015

Традиционно процессы совмещения наполнителей с полимерной фазой проводят периодически или непрерывно при использовании высокоэнергетического смесительного оборудования, поэтому такое смешение принято называть «сухим». В отечественной промышленной практике применяют исключительно этот вариант смешения при получении резиновых смесей.

Одним из наиболее распространенных наполнителей неорганического происхождения, применяемых в резиновой промышленности, является карбонат кальция (мел). Его применяют в резиновых смесях на основе практически всех каучуков общего назначения, в качестве дешевого инертного наполнителя. Применение качественных меловых добавок ведет к последовательному снижению себестоимости композиций на разных этапах производства.

В настоящее время актуальным направлением является использование малоценных продуктов и отходов производства, что позволяет исключить их воздействие на окружающую среду и организовать экономически выгодное производство наполненных полимеров.

В связи с этим представляет интерес использование в качестве наполнителя эластомерных композиций побочного продукта производства минеральных удобрений – химически осажденного карбоната кальция. Однако традиционные методы наполнения резиновых смесей белыми наполнителями на вальцах или в закрытом смесителе связаны с рядом трудностей: плохое диспергирование наполнителя по полимерной фазе, повышенная твердость сырых смесей, вследствие чего большое выделение тепла при смешении.

Для получения смесей на основе каучука, используемых при изготовлении резинотехнических изделий важно, чтобы наполнитель был хорошо диспергирован в его матрице. Это приводит к улучшению вязкостных и упруго-текучих свойств.

Жидкофазное наполнение каучуков на стадии латекса позволяет осуществить малоэнергоёмкое совмещение с равномерным распределением наполнителя по полимерной матрице.

Преимуществами жидкофазного наполнения являются [1-3]:

- улучшение однородности распределения наполнителя в каучуке, вызывающее повышение физико-механических показателей и технологических свойств резин (более высокая скорость шприцевания и каландрования, устранение подвулканизации смесей);

- сокращение продолжительности цикла смешения на 25-30 %, некоторое снижение расхода электроэнергии и повышение производительности смесительного оборудования;

- улучшение условий труда на предприятиях по производству резинотехнических изделий.

Известны высоконаполненные эластомерные композиции, приготовленные на стадии латекса, с использованием бутадиенстирольного каучука и наполнителя, например, техуглерода [1], отработанных активированных углей [3], ионообменных смол [4]. Также композиции, приготовленные из латекса НК и шунгита, с максимальной степенью наполнения 200 мас. ч. [5].

Из способов приготовления эластомерных композиций на стадии латекса со светлыми минеральными наполнителями наиболее широко известны высокодисперсные кремнекислотные наполнители [6, 7].

Цель данной работы: повышение физико-механических показателей вулканизатов при использовании эмульсионных каучуков, наполненных на стадии латекса отходом производства минеральных удобрений – химически осажденным карбонатом кальция.

При использовании химически осажденного карбоната кальция в качестве гидрофобного наполнителя эластомерных композиций необходимо провести ряд подготовительных операций: сушку при температуре 200 °С для достижения влажности менее 0,2 % и удаление примесей аммиака, а также гидрофобизацию в шаровой мельнице.

В процессе сушки химически осажденный карбонат кальция агломерируется и средний размер частиц составляет 90 ± 5 мкм. При измельчении карбоната кальция в шаровой мельнице совместно с жирными карбоновыми кислотами эта величина составляет менее 10 мкм [8], что соответствует требованиям к минеральным наполнителям для эластомерных композиций [9].

Модификация поверхности карбоната кальция жирными кислотами способствует улучшению совместимости с неполярными полимерами и межфазному взаимодействию в наполненных полимерных системах.

В качестве модификатора мела целесообразно использовать стеариновую и олеиновую кислоты, т.к. они являются составляющими компонентами резиновых смесей полифункционального действия. Стеариновая кислота оказывает пластифицирующее, гомогенизирующее, диспергирующее, активирующее действие вулканизации [10]. Олеиновая кислота используется более ограниченно в связи со сложившимся представлением о ней как паллиативе, ухудшающем технологические свойства резиновых смесей и некоторые эксплуатационные показатели вулканизатов [11].

Известно [12], что гидрофобизация кальцитосодержащих пород происходит путем

закрепления на поверхности частиц тонкого слоя гидрофобизатора. Адсорбция ПАВ может быть обусловлена действием физических и химических сил. В работе [13] определено, что 51 % гидрофобизатора (стеариновой кислоты) от общего количества является химически связанным с поверхностью мела, остальные 49 % связаны физическими силами.

Эластомерные композиции получали путем смешения бутадиен-стирольного латекса с производства каучука СКС-30АРК и гидрофобного карбоната кальция в лабораторном смесителе с мешалкой без использования коагулирующих агентов. Наполнитель вводили в латекс с шагом 50 мас. ч. Максимальная степень наполнения составляла 400 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

Для изучения физико-механических свойств эластомерных композиций на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 были приготовлены образцы резиновых смесей по стандартной рецептуре, представленной в таблице 1. Для приготовления модельной резиновой смеси использовали каучук, наполненный природным техническим мелом на вальцах.

В процессе приготовления резиновых смесей на основе каучука, наполненного на стадии латекса, была отмечена лучшая обрабатываемость и сокращено время смешения с 27 до 17 минут. Однако высоконаполненные эластомерные композиции (НМС400 и НМО400) «залипали» на вальцах, что связано с высоким содержанием жирных кислот, которые, по-видимому, проявляли свойства не только межфазного пластификатора, но способствовали адгезии за счет набухания полимерной фазы.

Из таблицы 2 видно, что значения физико-механических свойств вулканизатов НМ50, полученных на основе эластомерных композиций, наполненных на стадии латекса, превосходят значения вулканизатов на основе каучука, наполненного на вальцах М50, при этом отмечено, что при «сухом» смешении наполнитель хуже распределяется по полимерной фазе.

С увеличением степени наполнения от 50 до 100 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука несколько возрастают показатели предела прочности при растяжении, но при этом отмечается снижение показателя относительного удлинения во всех образцах, кроме НМО100. Дальнейшее увеличение степени наполнения способствует снижению физико-механических показателей вулканизатов, кроме твердости по Шору.

Следует отметить, что уровень физико-механических показателей вулканизатов на основе эластомерных композиций с олеиновой кислотой несколько превышает показатели резин со стеариновой кислотой.

Стеариновая кислота в эластомерных композициях, полученных на стадии латекса, выполняет роль межфазного структурного пластификатора, т.е. служит смазкой надмолекулярных структурных компонентов за счет снижения поверхностного натяжения [14].

Двойные связи в олеиновой кислоте принимают участие в процессе вулканизации резин, т.е. она взаимодействует с каучуковой матрицей с образованием π-π связей, что увеличивает физико-механические свойства резин. Кроме того, олеиновая кислота обладает лучшей совместимостью с каучуком за счет родства с его непределельной частью [11].

Т а б л и ц а 1

Рецептура резиновых смесей

Наименование компонентов	Шифры образцов и содержание, мас.ч.											
	Стандарт. рецептура	Экспериментальная рецептура										
		М50	НМ50	НМС50	НМС50	М100	НМС100	НМО100	М200	НМС200	НМО200	НМС300
Каучук СКС-30 АРК	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Мел технический	50,0	-	-	-	100,0	-	-	200,0	-	-	-	-
Химически осажденный карбонат кальция	-	50	50	50	-	100,0	100,0	-	200,0	200,0	300,0	300,0
Стеариновая кислота	1,5	-	1,5	-	1,5	3,0	-	1,5	6,0	-	9,0	-
Олеиновая кислота	-	-	-	1,5	-	-	3,0	-	-	6,0	-	9,0
Альтакс	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Сера	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Белила цинковые	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Итого	171,5	160	163	163	211,5	213	213	311,5	316	316	419	419

Примечание: М – каучук, наполненный мелом на вальцах; НМ – каучук, наполненный карбонатом кальция на стадии латекса; НМС – каучук, наполненный на стадии латекса модифицированным стеариновой кислотой карбонатом кальция; НМО – каучук, наполненный на стадии латекса модифицированным олеиновой кислотой карбонатом кальция; 50; 100; 200; и 300 мас.ч на 100 мас.ч. каучука – степень наполнения.

Физико-механические показатели вулканизатов

Шифр/ Показатели	M50	NM50	NMC50	NMO50	M100	NMC100	NMO100	M200	NMC200	NM0200	NMC300	NMO300
Напряжение при удлинении 100 %, Мпа	1,08	1,11	1,09	1,21	1,15	1,23	1,35	1,16	1,33	1,48	-	-
Напряжение при удлинении 300 %, Мпа	1,41	1,52	1,53	1,77	1,51	1,71	2,02	-	-	-	-	-
Предел прочности при растяжении, Мпа	1,72	1,93	1,89	2,11	1,63	2,25	2,51	1,39	1,74	1,98	1,56	1,78
Относительное удлинение, %	413	431	442	465	379	419	468	207	230	251	20	30
Твердость По Шору	68	69	61	62	69	75	78	61	81	82	93	-
Эластичность по отскоку, %	56	-	50	51	53	41	47	25	32	34	5	8

Максимальная степень наполнения в резиновых смесях, полученных на вальцах, составляет 200 мас.ч., а при наполнении каучука на стадии латекса достигает 400 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера.

Это связано с тем, что при переработке на вальцах резиновая смесь вследствие трения разогревается, в результате термомеханических воздействий при смешении происходят молекулярно-структурные изменения в каучуках и резиновых смесях: деструкция, приводящая к механическому разрыву молекулярных цепей каучука [16].

Физико-механические показатели вулканизатов, приведенные в литературном источнике [9], сопоставимы со значениями свойств вулканизатов, полученных на основе каучука, наполненного химически осажденным мелом на стадии латекса, приведенных в таблице 2. Следовательно, гидрофобный карбонат кальция может использоваться в качестве наполнителя для резин неотчетливого назначения и способствовать удешевлению продукции.

Для вулканизатов M50 NM50, NMC50, NMO50 методом равновесного набухания в толуоле была определена плотность химически связанных цепей полимерной сетки (таблица 3). Максимальная или равновесная степень набухания определяется природой полимера и растворителя (средством между ними) и дает информацию о густоте пространственной сетки полимера.

Наполненный эластомер представляет собой систему, состоящую из свободного каучука, наполнителя и связанного на частицах наполнителя каучука, образующего межфазный (граничный) слой.

Т а б л и ц а 3

Результаты определения равновесной степени набухания

Шифр	Равновесная степень набухания, мас. %	Доля активных цепей сетки	Среднечисл. молек. масса отрезка цепи между поперечными связями	Эффективная концентрация поперечных связей, см ⁻³
M50	459	0,17	469,91	$5,8 \cdot 10^{20}$
NM50	274	0,27	355,55	$7,5 \cdot 10^{20}$
NMC50	369	0,21	417,25	$6,5 \cdot 10^{20}$
NMO50	282	0,26	361,12	$7,6 \cdot 10^{20}$

Уменьшение способности наполненных вулканизатов к набуханию в растворителях свидетельствует об усиливающих свойствах наполнителя [9].

Из таблицы 3 видно, что процесс набухания в толуоле увеличивается в ряду NMO50-NM50-NMC50-M50. Наименьшая равновесная степень набухания, а, следовательно, и плотность химически связанных цепей полимерной сетки у образца M50, приготовленного на вальцах.

Среди образцов вулканизатов, полученных из каучука, наполненного на стадии латекса, отмечается положительное влияние карбоната кальция модифицированного олеиновой кислотой (образец NMO50) на снижение диффузионных процессов, в отличие от стандартного образца резины, что подтверждается и значениями эффективной концентрации поперечных связей, с увеличением последней уменьшается и диффузия растворителя в вулканизате.

При набухании трехмерной сетки полимера происходит проникновение растворителя в клубок макромолекул и изменение свободной энергии вследствие смешения молекул полимера и растворителя. Значительному набуханию вулк-

канизата препятствуют химические связи, соединяющие макромолекулы друг с другом [15].

У образца НМС50 значение равновесной степени набухания меньше, что еще раз подтверждает частичную пластификацию вулканизированной смеси и снижение межмолекулярного взаимодействия стеариновой кислотой.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что физико-механические свойства резин и концентрация поперечных связей вулканизатов, полученных на основе эластомерных композиций, наполненных на стадии латекса, превосходят свойства резин, полученных традиционным способом

ЛИТЕРАТУРА

1 Протасов А.В., Корчагин В.И., Михалева Н.А. Использование ультразвука при жидкофазном наполнении активным тегулеродом бутадиен-стирольных каучуков // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 165-168.

2 Корчагин В.И. Эколого-технологические аспекты при производстве саженосаженных эмульсионных каучуков // XVII международная научно-практическая конференция «Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии». 2011. С.93-95.

3 Корчагин В.И., Склядnev Е.В., Власова Л.А., Полуэктоv П.Т. Совместная утилизация отходов производства синтетического каучука // Экология и промышленность России. 2006. № 10. С. 8-10.

4 Пат. № 2309963, RU, C08L9/06 Эбонитовая смесь на основе бутадиен-стирольного каучука / Корчагин В.И., Солоденко С.Г., Игуменова Т.И., Мальцев М.В., № 2006106094/0426; Заявл. 2006106094; Опубл. 10.11.2007.

5 Кравченко Е.С. Высоконаполненные композиционные материалы на основе латекса НК и шунгита // Каучук и резина. 2012. № 5. С. 8-11.

6 Ситникова Д.В., Буканов А.М., Ковалева А.Н. Влияние технологических добавок на свойства резин на основе растворного и эмульсионного бутадиен-стирольных каучуков в смесях с высокодисперсным кремнекислотным наполнителем // Каучук и резина. 2013. №2. С. 14.

7 Елисеева И.В., Казаков Ю.М., Машенко В.И., Гафаров А.М. и др. Жидкофазное наполнение белыми сажами растворных бутадиен-стирольных каучуков // Каучук и резина. 2009. № 3. С. 24-32.

8 Нифталиев С.И., Перегудов Ю.С., Корчагин В.И., Малявина Ю.М. и др. Лимитирующие факторы получения гидрофобного наполнителя на основе химически осажденного карбона-

(сухим смешением). Эластомерные композиции, наполненные на стадии латекса карбонатом кальция, модифицированным олеиновой кислотой, увеличивают прочностные свойства вулканизированных резин. Установлено, что олеиновая кислота принимает участие в процессе вулканизации резин, а стеариновая - выполняет роль межфазного структурного пластификатора.

Полученные результаты позволяют рекомендовать отход производства минеральных удобрений в качестве сырья для получения наполнителей, используемых при производстве эластомерных композиций на стадии латекса.

та кальция // Конденсированные среды и межфазные границы. 2013. Т. 15. № 4. С. 421-425.

9 Краус Дж. Усиление эластомеров. М.: Химия, 1968. 483 с.

10 Кудрина Г.В. Применение в резинах солей жирных кислот на основе отхода производства растительных масел // Фундаментальные исследования. 2009. № 7. С. 20-21.

11 Рахматуллина А.П. Жирные кислоты на основе растительного сырья, синтез и применение в резинах // II Всероссийская конференция Химия и технология растительных веществ. Казань, 2002. С. 182-183.

12 Паус К.Ф., Евтушенко И.С. Химия и технология мела. М.: Стройиздат, 1977. 138 с.

13 Зимон А.Д. Адгезии жидкости и смачивание. М.: Химия, 1974. 405 с.

14 Кудрина Г. В., Калмыков В. В., Шутилин Ю. Ф. Влияние солей металлов жирных кислот на физико-химические свойства резин и параметры вулканизационной сетки // Конденсированные среды и межфазные границы. 2010. Т. 12. № 4. С. 21-26.

15 Донцов А. А. Процессы структурирования эластомеров. М.: Химия, 1978. 288 с.

16 Киселев В.Я. Сравнение адгезионных характеристик наполненных эластомеров, полученных смешением на вальцах или из раствора // Каучук и резина. 1995. № 6. С. 23.

REFERENCE

1 Protasov A.V., Korchagin V.I., Mikhaleva N.A. The use of ultrasound in the liquid phase filling those active-huglerodom styrene-butadiene rubbers. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4, pp. 165-168. (In Russ.).

2 Korchagin V.I. Ecological and technological aspects of the production of emulsion rubber filling the soot. XVII International scientific and practical conference "Rubber industry: raw materials and technology"

[XVII mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Rezinovaja promyshlennost': syr'e, materialy, tehnologii»]. 2011. pp. 93-95. (In Russ.).

3 Korchagin V.I., Sklyadnev E.V., Vlasova L.A., Poluektov P.T. The joint utilization of waste production of synthetic rubber. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. [Ecology and Industry of Russia], 2006, no. 10, pp. 8-10. (In Russ.).

4 Korchagin V.I., Solodenko S.G., Igumenova T.I., Mal'tsev M.V. Ebonitovaya smes' na osnove butadien-stirol'nogo kauchuka [Ebony mixture based on styrene butadiene rubber]. Patent RF, no. 2309963, 2007. (In Russ.).

5 Kravchenko E.S. Highly filled composite materials and latex NC shungit. *Kauchuk i rezina*. [Rubber], 2012, no. 5, pp. 8-11. (In Russ.).

6 Sitnikova D.V., Bukanov A.M., Kovaleva A.N. The impact of technological additives on the properties of rubber-based mortar and emulsion styrene-butadiene rubber in the mixture with the silica filler finely. *Kauchuk i rezina*. [Rubber], 2013, no. 2, pp. 14. (In Russ.).

7 Eliseeva I.V., Kazakov Yu.M., Mashchenko V.I., Gafarov A.M. et al. A liquid phase filling white blacks solution styrene-butadiene rubbers. *Kauchuk i rezina*. [Rubber], 2009, no. 3, pp. 24-32. (In Russ.).

8 Niftaliev S.I., Peregudov Yu.S., Korchagin V.I., Malyavina Yu.M. et al. Limiting factors producing a hydrophobic filler based on chemically precipitated calcium carbonate. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy*. [Condensed Matter and interphase boundaries], 2013, vol. 15, no. 4, pp. 421-425. (In Russ.).

9 Kraus Dzh. Usilenie elastomerov [Gain elastomers]. Moscow: Khimiya, 1968. 483 p. (In Russ.).

10 Kudrina G.V. Application in rubber salts of fatty acids from waste vegetable oils. *Fundamental'nye issledovaniya*. [Fundamental research], 2009, no. 7, pp. 20-21. (In Russ.).

11 Rakhmatullina A.P. Fatty acids from vegetable raw materials, synthesis and application in rubber. II Vserossiiskaya konferentsiya Khimiya i tehnologiya rastitel'nykh veshchestv. [II All-Russian Conference of Chemistry and Technology of Plant Substances.]. Kazan', 2002. pp. 182-183. (In Russ.).

12 Paus K.F., Evtushenko I.S. Khimiya i tekhnologiya mela [Chemistry and Technology of chalk]. Moscow: Stroiizdat, 1977. 138 p. (In Russ.).

13 Zimon A.D. Adgezii zhidkosti i smachivanie [Adhesion and wetting liquid]. Moscow: Khimiya, 1974. 405 p. (In Russ.).

14 Kudrina G.V., Kalmykov V.V., Shutilin Yu.F. Influence of metal salts of fatty acids on the physico-chemical properties of rubber and vulcanization grid parameters. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy*. [Condensed Matter and interphase boundaries], 2010, vol. 12, no. 4, pp. 21-26. (In Russ.).

15 Dontsov A.A. Processy struk-turirovaniia jelastomerov [Processes structure-cross-linking of elastomers]. Moscow: Khimiya, 1978. 288 p. (In Russ.).

16 Kiselev V.Ya. Comparing characteristics adge-precision-filled elastomers prepared by mixing on a mill or a solution of rubber and rubber. *Kauchuk i rezina*. [Rubber], 1995, no. 6, pp. 23. (In Russ.).