

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ЦИНКОСОДЕРЖАЩИМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

С. Н. Каюшкин¹, Н. Р. Прокопчук², член-корр. НАН Беларуси, Е. П. Ус^{2*}, канд. техн. наук,
В. Ф. Шкодич³, канд. хим. наук, О. В. Стянов³, д-р техн. наук

¹ОАО «Белшина» (213824, Республика Беларусь, г. Бобруйск, Минское шоссе)

²Белорусский государственный технологический университет

(220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сverdlova, д. 13а; *e-mail: uss@belstu.by)

³ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

(420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68)

Статья поступила 27.03.2017

С целью улучшения экологических аспектов изготовления резиновых изделий проведены исследования по замене оксида цинка — активатора серной вулканизации в эластомерных композициях — на цинкосодержащие технологические добавки. Изучено влияние цинкосодержащих технологических добавок на кинетические параметры вулканизации эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения СКН-3 и СК(М)С-30 АРКМ-15. Показано, что частичная замена оксида цинка на цинкосодержащие технологические добавки в соотношениях 3:1 и 1:1 снижает энергию активации вулканизации резиновых смесей, не оказывает значительного влияния на параметры процесса структурирования эластомерных композиций и, тем самым, не изменяет технологические режимы производства резиновых изделий.

Ключевые слова: эластомерная композиция, цинкосодержащая технологическая добавка, кинетика вулканизации, энергия активации

Введение

Для увеличения работоспособности резиновых изделий на основе эластомерных композиций наряду с совершенствованием конструкций и технологии их изготовления большое значение имеет повышение качества резин, которое может достигаться физической и химической модификациями за счет применения новых типов: каучуков [1]; наполнителей [2, 3]; пластификаторов [4]; вулканизирующих систем [5]; про-тивостарителей [6]; модифицирующих добавок [7–9], а также путем нанесения покрытий на поверхность резинотехнических изделий [10–12]. При изготовлении сложных по конструкции, многослойных изделий, таких как шины, транспортные ленты, приводные ремни и т.п., необходимо обеспечивать проч-

ную адгезионную связь между разнородными материалами. Важными факторами, оказывающими влияние на прочность связи резины с армирующим материалом, являются: состав вулканизирующей группы резиновой смеси; скорость и степень вулканизации; природа и концентрация образующихся поперечных связей. Необходимо учитывать, что именно на стадии вулканизации происходит образование вулканизационной сетки, структура которой в основном и определяет технические и адгезионные свойства резинотехнических систем.

Процесс серной вулканизации начинается со взаимодействия серы, ускорителя вулканизации и активаторов с образованием сульфидирующего комплекса, который и явля-

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись ненаполненные эластомерные композиции на основе синтетических каучуков общего назначения СКМ-3 и СКМ-30 АРКМ-15, в которые вводили пинкосодержажшие технологические добавки в индивидуальном виде и в различных соотношениях с оксидом цинка: 3:1; 1:1; 1:3. Общая дозировка технологических добавок составляла 5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Пинкосодержажшие технологические добавки представляют собой смесь пинковых солей жирных кислот, синтезированных с использованием различных видов сырья. Так, дозированием различных кислот, синтезированных с использованием различных видов сырья, получают различные виды сырья. Так, дозированием различных кислот, синтезированных с использованием различных видов сырья, получают различные виды сырья. Так, дозированием различных кислот, синтезированных с использованием различных видов сырья, получают различные виды сырья.

Определение кинетики вулканизации резиновых смесей проводили на реометре ODR 2000 фирмы Alpha Technologies по ГОСТ 12535–84. Вулканизационные характеристики, получаемые на реометре, могут применяться для определения константы скорости вулканизации и энергии активации вулканизации, что позволяет оценить влияние состава вулканизационной системы на процесс формирования пространственной структуры. Кинетика реакции присоединения серы характеризуется константой скорости реакции (k), которая изменяется с температурой в соответствии с уравнением Аррениуса [18, 19]:

$$k = k_0 \exp \left(- \frac{E}{R \cdot T} \right),$$

где k_0 — постоянная; E — энергия активации, Дж/моль; T — температура, К; R — универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К.

Когда известны скорости реакции при двух температурах, значение E можно вычислить по следующей формуле [18–20]:

$$E = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{(T_2 - T_1)} \cdot \ln \frac{k_2}{k_1},$$

(ДВБ). Далее ДВБ взаимодействует с макромолекулами каучука с образованием активных полисульфидных подвесок ускорителя. В результате взаимодействия активных подвесок между собой или с макромолекулами каучука образуются попеременные химические связи, которые в дальнейшем могут подвергаться перерутированию, приводящим к уменьшению их сульфидности или полному разрушению [13–15]. При этом активаторы вулканизации играют огромную роль в формировании ДВБ и вулканизационной структуры резин [16].

В резиновой промышленности в качестве активатора серной вулканизации широко применяют оксид цинка, активированный поверхностно-активными жирными кислотами (стеариновой, пальмитиновой, олеиновой и др.). Это объясняется не только их доступностью как химического сырья, но и, главным образом, тем, что оксид цинка обеспечивает гетерогенный характер протекания процесса вулканизации, что способствует образованию вулканизационной сетки с распределением однородных по размеру отрезков цепи между узлами сетки. Процессы структурирования развиваются как на межфазной поверхности твердых частиц оксида цинка, так и в микеллах ДВБ, стабилизированных стеаратом цинка, который также проявляет поверхность активные свойства [14, 16]. Однако с апреля 2004 г. Европейский союз объявил оксид цинка потенциально опасным для окружающей среды и организма человека, и с экологической точки зрения содержание оксида цинка в рецептурах резиновых смесей должно быть минимальным [17].

В связи с этим представляется актуальным использование технологически активных добавок, позволяющих уменьшить содержание оксида цинка в резине при сохранении ее физико-механических свойств на необходимом уровне. В данной работе изучено влияние пинкосодержажших технологических добавок при частичной или полной замене ими оксида цинка на кинетические параметры вулканизации ненаполненных эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения.

где k_1 — константа скорости реакции при T_1 ; k_2 — константа скорости реакции при T_2 ; T_1 , T_2 — абсолютные температуры, К.

Определение констант скорости реакции вулканизации при разных температурных волюти с учетом кинетических параметров вулканизации, полученных на реометре [2]:

$$k = \frac{1}{60 \cdot t_{90}} \cdot \ln \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\max} - M_{90\%}}$$

где t_{90} — время достижения оптимального вулканизации, мин; $M_{\max}$ — максимальное значение крутящего момента, дН·м; $M_{\min}$ — минимальное значение крутящего момента, дН·м; $M_{90\%}$ — значение крутящего момента в оптимальном значении крутящего момента, дН·м.

На основании полученных данных выявлено, что при введении исследуемых компонентов СПС₁, СПС₂ и СПС₃ в резиновые

1. Кинетика вулканизации ненаполненных резиновых смесей с исследуемыми цинкосодержащими добавками

Компоненты цинкосодержащей добавки (соотношение, мас. ч.)	143										153		
	ML, дН·м/мин	MH, дН·м/мин	t ₅₀ , мин	t ₉₀ , мин	R _h , дН·м/мин	ΔS, дН·м/мин	ML, дН·м/мин	MH, дН·м/мин	t ₅₀ , мин	t ₉₀ , мин	R _h , дН·м/мин	ΔS, дН·м/мин	

Оксид цинка	ZnO:СПС ₁ (3:1)	1,70	11,77	2,98	6,43	14,61	7,07	10,07	1,20	12,87	1,98	2,43	6,61
	ZnO:СПС ₁ (1:1)	1,66	11,55	2,97	6,41	14,43	7,19	9,89	1,22	12,15	2,11	2,89	6,79
	ZnO:СПС ₁ (1:3)	1,63	11,53	2,97	6,44	14,09	7,26	9,90	1,20	11,66	2,18	2,91	6,23
	СПС ₁	1,26	10,99	2,54	6,31	13,59	7,02	9,73	1,14	11,37	2,22	2,45	5,01
	ZnO:СПС ₂ (3:1)	1,77	14,22	2,98	6,40	14,66	7,17	12,45	1,24	14,42	1,95	2,65	6,63
	ZnO:СПС ₂ (1:1)	1,75	14,31	3,14	6,45	14,45	7,23	12,56	1,26	14,38	1,97	2,50	6,53
	ZnO:СПС ₂ (1:3)	1,65	13,02	3,28	6,43	14,03	7,35	11,37	1,21	14,46	2,04	2,29	6,34
	СПС ₂	1,33	11,26	3,35	6,39	13,88	7,68	9,93	1,18	12,25	1,99	2,18	5,82
	ZnO:СПС ₃ (3:1)	1,75	13,74	3,25	6,34	14,72	7,02	11,99	1,28	14,01	2,13	2,51	6,93
	ZnO:СПС ₃ (1:1)	1,77	13,78	3,33	6,50	14,64	7,05	12,01	1,25	13,94	2,23	2,58	6,65
Оксид цинка	ZnO:СПС ₃ (1:3)	1,61	13,57	3,31	6,47	14,38	7,15	11,96	1,24	13,75	2,37	2,77	6,15
	СПС ₃	1,59	11,12	3,05	6,33	13,56	7,01	9,53	1,15	12,18	2,01	2,34	5,87
Резиновая смесь на основе СКМ-30 АРКМ-15													
Оксид цинка	ZnO:СПС ₁ (3:1)	2,56	15,42	26,81	35,11	45,15	0,70	12,86	2,07	16,12	14,15	18,48	23,76
	ZnO:СПС ₁ (1:1)	3,44	16,41	27,05	34,01	43,05	0,75	12,97	2,61	16,75	14,89	17,95	22,54
	ZnO:СПС ₁ (1:3)	3,21	15,97	27,87	33,94	42,67	0,78	12,76	2,32	16,28	15,08	17,89	23,04
	СПС ₁	3,02	15,05	30,01	35,89	45,32	0,67	12,03	1,85	14,94	16,97	18,81	24,17
	ZnO:СПС ₂ (3:1)	3,11	16,09	29,12	33,63	42,33	0,81	12,98	2,09	16,20	14,19	17,26	22,31
	ZnO:СПС ₂ (1:1)	3,04	15,94	30,13	33,03	42,96	0,84	12,90	2,01	16,02	14,55	17,80	22,06
	ZnO:СПС ₂ (1:3)	2,85	15,63	30,97	35,04	43,65	0,78	12,78	1,94	15,79	15,03	18,27	23,18
	СПС ₂	2,23	14,41	32,06	35,29	45,37	0,72	12,18	1,67	14,88	15,84	18,51	23,79
	ZnO:СПС ₃ (3:1)	3,03	15,84	27,66	34,41	45,39	0,71	12,81	2,55	16,54	14,62	18,08	22,45
	ZnO:СПС ₃ (1:1)	2,85	15,58	28,04	35,29	45,64	0,71	12,73	2,39	16,06	15,03	18,91	22,57
Оксид цинка	ZnO:СПС ₃ (1:3)	2,76	15,20	28,58	35,91	46,08	0,69	12,44	1,86	15,22	15,79	19,17	23,09
	СПС ₃	2,08	14,03	29,34	36,48	46,93	0,67	11,95	1,78	14,65	16,04	19,35	24,94
Примечание. ML — минимальный крутящий момент; MH — максимальный крутящий момент; t ₅₀ — время достижения заданной степени вулканизации; t ₉₀ — время достижения оптимальной степени вулканизации; R _h — скорость вулканизации; ΔS — разность максимального и минимального крутящих моментов.													

мыми цинкосодержащими добавками имеет некоторые различия по сравнению с резинными смесями на основе полиизопренов: введение технологических добавок совместимо с оксидом цинка в соотношениях 3:1 и 1:1. Не оказывает значительного влияния на кинетические параметры вулканизации композиции на основе бутадиен-стирольного каучука при различных температурах. Так, оптимальное время вулканизации резиновой смеси с оксидом цинка составляет 45,15 мин при 143 °С и 23,76 мин при 153 °С, а для смеси, содержащей оксид цинка: СПС₃ = 1:1, максимальное значение оптимального вулканизации составляет 45,64 мин при 143 °С, для смеси с оксидом цинка: СПС₁ = 1:1 — 23,04 мин при 153 °С. При дальнейшем увеличении содержания исследуемых технологических добавок типа СПС₃ в составе резиновых смесей оптимальное время вулканизации несколько увеличивается (примерно на 1–2%) и наблюдается незначительное снижение скорости вулканизации.

Следует отметить, что полная замена оксида цинка на новые компоненты приводит к увеличению времени достижения оптимального вулканизации и снижению скорости вулканизации: оптимальная вулканизация при 143 °С для смеси с СПС₃ находится в пределах 46,93 мин, для смеси с СПС₁ — в пределах 45,32 мин; при 153 °С мин для смеси с СПС₃ он составляет 24,94 мин, для смеси с СПС₂ — 23,79 мин. Уменьшение содержания оксида цинка в составе эластомерной композиции приводит к замедлению процесса вулканизации, что, возможно, связано с масляной полнотностью каучука и особенностями взаимодействия компонентов, входящих в состав вулканизирующей системы, а именно ускорителей и активаторов вулканизации. Следует отметить, что увеличение дозировки цинкосодержащих добавок в составе резиновых смесей приводит к уменьшению плотности сшивки вулканизационной сетки, о чем свидетельствуют изменения показателя разности максимумов и минимального крутящего момента. Наибольшее изменение структуры выявлено для эластомерных композиций, содержащих жидких добавку СПС₃. Так, значительные различия

соединения с оксидом цинка в соотношениях 3:1 и 1:1 не наблюдаются: оптимальная вулканизация отливается от оптимальной резиновой смеси, содержащей оксид цинка, на 0,6–1,2% при 143 °С и на 2,6–4,8% при 153 °С.

Результаты исследования кинетики вулканизации резиновых смесей на основе СКМ-3 показаны, что при полной замене оксида цинка на исследуемые компоненты наблюдается сокращение времени достижения оптимального вулканизации при использовании цинкосодержащих добавок. Известно [22], что наибольшую активность взаимодействия с компонентами вулканизирующей системы оксид цинка проявляет, находясь в растворимой форме в виде солей жирных кислот. То, что цинкосодержащая технологическая добавка представляет собой смесь цинковых солей предельных и непредельных жирных кислот, вероятно, и способствует более высокой скорости процесса вулканизации. Следует отметить, что показатель разности между максимальным и минимальным крутящими моментами, который позволяет косвенно характеризовать плотность поперечной сшивки вулканизатов [23], для резин, содержащих исследуемые компоненты, имеет меньшие значения по сравнению с резиной, содержащей оксид цинка: для композиции с оксидом цинка он составляет 10,07 дН·м при 143 °С и 11,67 дН·м при 153 °С, а для резин с цинкосодержащими технологическими добавками его максимальное значение накладывается у резин с СПС₂ — 9,93 дН·м при 143 °С и 11,07 дН·м при 153 °С. Оксид цинка, являясь первичным активатором вулканизации, оказывает влияние на плотность сшивки и степень сульфидности поперечных связей [22]. Некоторое уменьшение плотности поперечного сшивания вулканизатов, вероятно, обусловлено уменьшением содержания оксида цинка в составе резиновых смесей при использовании цинкосодержащих добавок в индифферентном виде.

Анализ полученных данных показал, что кинетика вулканизации резиновых смесей на основе СКМ-30 АРКМ-15 с исследуе-

ние времени достижения оптимальной степени вулканизации и снижение скорости вулканизации с повышением содержания исследуемых пинкосодержащих компонентов может быть связано с недостаточным количеством оксида цинка, что, вероятно, обуславливает уменьшение образования промежуточных соединений координационного и комплексного характера. Образование данных соединений за счет взаимодействия вулканизирующих веществ и ускорителей с оксидами металлов возможно при достаточной прочной их связи с поверхностью активатора. В случае отсутствия прочной адсорбции и хемосорбции с активаторами ускорители и вулканизирующие вещества вступают в реакцию с эластомером. При этом образуются, в основном, подвески ускорителей на макромолекулах эластомера или участвуют пиклических структур с участием атомов серы, а реакции сшивания протекают в меньшей степени, что и приводит к образованию меньшего числа поперечных связей при сшивании эластомера [25].

Общие закономерности химических реакций при вулканизации определяются тем, что все они являются разновидностями химических реакций в макромолекулах. К макромолекулярным относятся реакции стиркурирования и деструкции, а к полимераналогичным — взаимодействия по функциональным группам цепей. Последние идут по ионному механизму, а макромолекулярные процессы могут быть ионными и радикальными. Установлена общая для всех макромолекулярных реакций, в том числе и вулканизации, закономерность: в диеновых каучуках ионные реакции проходят в основном по двойным связям (с их раскрытием), а радикальные идут через разрыв цепей, а также с отщеплением атома водорода от основной цепи в α -положении к двойным связям. Кроме того, в термоокислительных процессах, играющих в вулканизации важную роль, соотношения между актами деструкции и сшивания зависят от структуры эластомера. Для 1,4-диенов с нуклеофильными заместителями преобладает деструкция. Это относится к полиизопренам, имеющим третичный атом углерода.

Между максимальным и минимальным значениями критического момента для эластомерной композиции с оксидом цинка составляет 12,86 дН·м (при 143 °С — 60 мин) и 14,05 дН·м (при 153 °С — 45 мин), а для резин с добавкой СПС₃ находится в пределах 12,81—11,95 дН·м (при 143 °С) и 13,99—12,87 дН·м (при 153 °С). Таким образом, результаты исследования кинетики вулканизации резиновых смесей на основе синтетических каучуков общего назначения показали, что частичная замена оксида цинка на пинкосодержащие технологические добавки в соотношениях 3:1 и 1:1 оказывает незначительное влияние на параметры процесса стиркурирования эластомерной композиции. В то же время введение пинкосодержащих добавок взамен оксида цинка может привести к увеличению оптимального времени вулканизации более чем на 50%, снижению скорости вулканизации, а также к получению резин с меньшей плотностью сшивки.

Изменения кинетических параметров вулканизации при использовании в составе эластомерных композиций пинкосодержащих добавок обусловлены их участием в образовании действительного агента вулканизации и дальнейшим формированием поперечных связей вулканизата: оксид цинка не растворяется в малополярных каучуках, а пинковые соли жирных кислот в среде каучука, скорее всего, агрегируют с образованием микелл. Большинство ускорителей вследствие полярного характера плохо растворяются в каучуках и, по-видимому, уже при смешении взаимодействуют с активатором. Это взаимодействие имеет сорбционный характер и приводит к образованию химических, чаще всего комплексных, соединений [16, 24].

Исследуемые пинкосодержащие добавки ки в определенных комбинациях с оксидом цинка, вероятно, способствуют повышению скорости образования действительного агента вулканизации за счет увеличения эффекта сольобилизации интрелентов вулканизирующей системы и их равномерного распределения в объеме эластомерной матрицы, что и приводит к сокращению оптимального времени вулканизации.

низации резиновых смесей. С увеличением содержания добавок пинковых солей жирных кислот в составе эластомерных композиций энергия активации вулканизации возрастает. Введение пинкосоудержащих технологических добавок в эластомерные композиции на основе каучуков общего назначения, по-видимому, с одной стороны, приводит к повышению скорости образования действующих агента вулканизации, а с другой стороны — к уменьшению концентрации ДАВ в объеме эластомерной матрицы и снижению каталитического эффекта действия активаторов на процесс образования перекрестных связей. Таким образом, результаты проведенных исследований показали возможность использования пинкосоудержащих технологических добавок в эластомерных композициях на основе каучуков общего назначения для снижения содержания экологически небезопасного оксида цинка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перфильева С.А., Шапок Ж.С., Шкодин В.Ф., Кочев А.М. Влияние структуры бутдиеновых каучуков на технические свойства шинных резин // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 18. С. 183—186.
2. Малец В.В., Касперович А.В., Шапок Ж.С., Мозырев А.Г., Стоянов О.В. Технологические свойства эластомерных композиций, полученных из мелким дисперсным вулканизатом, полученным из дисперсным методом // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 17. С. 126—130.
3. Шапок Ж.С., Ус Е.П., Касперович А.В., Абзалов Х.С. Влияние шунгитовых наполнителей различных марок на технические свойства протекторных резин // Вестник Казанского технологического университета. 2016. № 1. С. 84—87.
4. Лешкевич А.В., Шапок Ж.С., Турин П.Д., Шкодин В.Ф. Свойства эластомерных композиций с технологическими добавками на основе отработанного машинного масла // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 1. С. 131—135.
5. Прокопчук Н.Р., Касперович А.В., Турин П.Д., Шкодин В.Ф. Компоненты из вторичного сырья в составе эластомерных композиций // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 17. С. 103—109.
6. Прокопчук Н.Р., Шапок Ж.С., Касперович А.В., Шкодин В.Ф. Влияние температур на снижение долговечности эластомерных композиций // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 17. С. 103—109.

ного, так и каталитического эффекта [16, 26, 28]. Введение пинкосоудержащих технологических добавок в определенном количестве, возможно, приводит к уменьшению концентрации ДАВ в объеме эластомерной матрицы, а также снижению каталитического эффекта действия активаторов на процесс образования перекрестных связей. Характер изменения кинетических параметров вулканизации резиновых смесей на основе каучуков общего назначения при введении пинкосоудержащих технологических добавок, вероятно, связан с использованием сырьем, применяемым для их получения. Наличие в составе исследуемых компонентов предельных и непредельных жирных кислот оказывает влияние на процесс формирования перекрестных связей, а также плотность вулканизационной структуры.

Выводы

Выявлено, что частичная замена оксида цинка на пинкосоудержащие технологические добавки в соотношениях 3:1 и 1:1 оказывает незначительное влияние на параметры процесса структурирования эластомерных композиций как на основе каучука СКМ-3, так и на основе каучука СКМ-30 АРКМ-15, что выражается во времени достижения оптимальной вулканизации. При дальнейшем увеличении дозировки пинкосоудержащих добавок обмен оксида цинка оптимальное время вулканизации увеличивается, а скорость вулканизации снижается, что может оказывать негативное влияние на адгезионную прочность резинированных систем. Такой характер изменения кинетических параметров вулканизации, вероятно, обусловлен химическим составом пинкосоудержащих технологических добавок, а также их влиянием на основную стадию протекания процесса структурирования эластомерных композиций. Данное предположение подтверждается расчетами констант скорости реакции и энергией активации вулканизации.

14. Heideman G., Datta R.N., Noordermeer J.W., van Baarle B. // J. Appl. Polym. Sci. 2005. V. 95. N6. P. 1388–1404.
15. Донцов А.А. Процессы структурирования эластомеров. М.: Химия, 1978. 288 с.
16. Chapman A., Jonson T. // Kautsch. Gummi Kunstst. 2005. Bd. 58. S. 358–361.
17. Алтигера Т., Сьетна И. Вулканизация эластомеров. М.: Химия, 1967. 428 с.
18. Лукомская А.И., Валенков П.Ф., Кенеша Л.М. // Тепловые основы вулканизации резиновых изделий. М.: Химия, 1972. 359 с.
19. Jovanović V., Budinski-Simendić J., Samardžija-Lovanić S. et al. // Chem. Ind. Chem. Eng. Q. 2009. V. 15. N 4. P. 283–289.
20. Василенко И.А., Вашенко Ю.Н., Ковтуник И.В. // Путь науки. 2015. Т. 13. № 3. С. 23–27.
21. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевелев О.Н. Технология эластомерных материалов. М.: Истерик, 2009. 504 с.
22. Овчаров В.И., Бурмистр М.В., Смирнов А.Т. и др. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация. М.: САНТ-ТМ, 2001. 400 с.
23. Шершев В.А. // Каучук и резина. 2012. № 2. С. 39–42.
24. Шершев В.А. // Каучук и резина. 2012. № 1. С. 31–37.
25. Шугилин Ю.Ф. Физикохимия полимеров. Воронеж, 2012. 838 с.
26. Дик Д.С. Технология резин: рецептурное формирование. СПб.: НОТ, 2010. 620 с.
27. Карманова О.В., Калмыков В.В. Особенности формирования стиркулы вулканизаторов // Конденсированные среды и межфазные границы. 2006. V. 8. N 2. P. 112–116.
7. Шапок Ж.С., Вишневецкий К.В., Шкодин В.Ф., Кочнев А.М. Релаксационные свойства эластомерных композиций, содержащих высокодисперсные углеродные добавки // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 3. С. 201–204.
8. Касперович А.В., Кротова О.А., Потанов Е.Э., Резниченко С.В., Шкодин В.Ф. Влияние модифицированного кремнезема на адгезию резины к металлокору // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 14. С. 235–237.
9. Касперович А.В., Кротова О.А., Потанов Е.Е., Резниченко С.В., Шкодин В.Ф. Влияние модифицированного кремнезема на адгезию резины к металлокору // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 14. С. 284–289.
11. Волобуев В.С., Колмогоров К.П., Шапок Ж.С., Стоянов О.В. Структурные и электрофизические характеристики металлополимерных композиций, полученных имплантацией ионов железа в ПЭТ и фоторезист // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 2. С. 33–35.
12. Кузьминский А.С., Кавун С.М., Кирпичев В.П. Физико-химические основы получения, переработки и применения эластомеров. М.: Химия, 1976. 368 с.
13. Дорджин Б.А., Донцов А.А., Шершев В.А. Химия эластомеров. М.: Химия, 1981. 367 с.



International Conference on
Wood Adhesives

ОCTOBER 25-27, 2017
SHERATON HOTEL
ATLANTA, GEORGIA, USA

Сайт конференции: <http://www.forestprod.org/woodadhesives/>

ны и биомассе.

Одним из направлений в серии конференций, проводимых каждые четыре года и спонсируемых Лесной службой США, лабораторией лесной продукции и обществами лесной продукции. Конференция призвана объединить все стороны с особым интересом к клеям для древесины.