

Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения

Валерий А. Седых¹ cdxva@mail.ru
 Ольга В. Карманова¹ karolga@mail.ru
 Екатерина В. Королева¹ ktrakoroleva@gmail.com

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Актуален поиск добавок, повышающих износостойкость резины. Известно, что введение в каучук полых корундовых микросфер (НСМ) снижает износ резиновых изделий. Однородное распределение малого количества микросфер в каучуке традиционным «сухим» смешением в резиносмесителе или на вальцах затруднено. Осуществлялось введение микросфер в каучук на стадии его выделения из латекса. Работа заключалась в отборе загустителей, способных удерживать НСМ в каучуковом латексе СКН-18СНТ на стадии его коагуляции, и оценке физико-механических показателей резины в присутствии НСМ. Определили удерживающую способность загустителей полиакриламида (ПАА), карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и поливинилового спирта (ПВС). Коагулировали загущенный латекс в присутствии микросфер полимерным коагулянтом и серной кислотой. При наполнении полимера микросферами предпочтительно использовать загуститель ПАА. Выход микросфер в каучуке при использовании загустителей ПАА, КМЦ и ПВС составил 71,1, 66,5 и 38,7% соответственно. Определены физико-механические показатели резины на основе СКН-18СНТ в присутствии микросфер, введенных как «сухим» способом в каучук, так и на стадии его выделения из латекса. Присутствие микросфер в количестве 4,4-4,7% мас. на каучук, не влияло на твердость и эластичность по отскоку резины. Подтверждено, что присутствие микросфер, в особенности введенных на стадии выделения каучука из латекса, обеспечивает увеличение сопротивления истиранию. В свою очередь, присутствие микросфер в каучуке со следами полиакриламида обеспечило увеличение сопротивления резины раздиру, модуля при 100 и 200% удлинении при уменьшении относительного удлинения при разрыве.

Ключевые слова: микросферы, латекс, загуститель, полиакриламид, коагуляция, износостойкость

Modification of nitrile butadiene rubber at the stage of its allocation

Valeriy A. Sedykh¹ cdxva@mail.ru
 Olga V. Karmanova¹ karolga@mail.ru
 Ekaterina V. Koroleva¹ ktrakoroleva@gmail.com

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Search for additives that increase the wear resistance of rubbers is relevant. It is known that the introduction of hollow corundum microspheres (NSM) into rubber reduces the wear of rubber products. The uniform distribution of small amounts of microspheres in rubber by traditional "dry" mixing in a rubber mixer or on rollers is difficult. Microspheres were introduced into rubber at the stage of its separation from latex. The work consisted in the selection of thickeners capable of holding the NSM in rubber latex SKN-18SNT at the stage of its coagulation, and evaluation of physical and mechanical properties of rubbers in the presence of NCM. The retention capacity of thickeners of polyacrylamide (PAA), carboxymethylcellulose (CMC) and polyvinyl alcohol (PVA) was determined. Thickened latex was coagulated in the presence of microspheres with polymeric coagulant and sulfuric acid. When filling the polymer with microspheres, it is preferable to use a PAA thickener. The yield of microspheres in rubber using thickeners PAA, CMC and PVA was 71.1, 66.5 and 38.7%, respectively. The physico-mechanical characteristics of rubbers based on SKN-18SNT in the presence of microspheres introduced both as a "dry" method in rubber and at the stage of its isolation from latex are determined. The presence of microspheres in an amount of 4.4-4.7% by weight. on rubber, did not affect the hardness and elasticity of rebound rubbers. It has been confirmed that the presence of microspheres, especially those introduced from the latex rubber release stage, provides an increase in abrasion resistance. In turn, the presence of microspheres in rubber with traces of polyacrylamide provided an increase in the resistance of rubbers to tearing, the modulus at 100 and 200% elongation with a decrease in the elongation at break.

Keywords: microspheres, latex, thickener, polyacrylamide, coagulation, wear resistance

Введение

Бутадиен-нитрильные каучуки по совокупности своих свойств являются незаменимым материалом для производства маслобензостойкой резины специального назначения. Придание резинам повышенной износостойкости введением полых корундовых микросфер сохраняет свою актуальность [1–6].

Цель работы – отработка элементов технологии наполнения каучука СКН-18СНТ полыми корундовыми микросферами на стадии

его выделения из латекса и изучение свойств резины на основе бутадиен-нитрильного каучука в присутствии микросфер.

Материалы и методы

В работе использовался бутадиен-нитрильный каучук СКН-18 СНТ по ТУ: 22 9441-057-05766793.05 (содержание НАК 18 %) в виде каучукового латекса с сухим остатком 19,9 % мас.

Латекс каучука СКН-18СНТ синтезирован в присутствии эмульгатора сульфонола НП-3.

Для цитирования

Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В. Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 323–329. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-323-329

For citation

Sedykh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V. Modification of nitrile butadiene rubber at the stage of its allocation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 323–329. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-323-329

Полие корундовые микросферы Hollow Corundum Microspheres (НСМ-S) по ТУ 3988–002–30693519 –2015 произведены ООО «Кит-Строй СПб», состояли из тета- и альфаоксида алюминия (Al₂ O₃) и имели химическую чистоту 99,6 % [7].

Ранее обнаружено, что корундовые сферы в количестве 5 % масс. повышают износостойкость резиновых изделий [7].

Однородное распределение малого количества микросфер в каучуке традиционным «сухим» смешением в резиносмесителе или на вальцах затруднено. Введение микросфер в каучук на стадии его выделения из латекса облегчает распределение микросфер.

Первоначально проводился отбор загустителей, способных удерживать полые корундовые микросферы (НСМ) в латексе СКС-18СНТ на стадии коагуляции.

Испытывали загустители: полиакриламид (ПАА), карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), поливиниловый спирт (ПВС).

Загуститель – водный раствор ПАА с концентрацией 9,8% мас. гомогенизировали

до получения однородной массы. Затем в него порциями добавляли латекс. В полученную однородную массу загущенного латекса при перемешивании вносили коагулянт – нитрофлок (полидиметилдиалилхлорид аммония, сухой остаток 3,36% мас.) и затем подкисляли серной кислотой концентрацией 2% мас.

Установлено, что при повышении дозировки загустителя с 0,013 до 0,025 г/г полимера возрастала вязкость латекса. Образовавшиеся зерна коагулюма имели больший размер, а серум становился непрозрачным. При дозировке загустителя 0,050–0,075 г/г полимера вязкость латекса увеличилась значительно, а коагулюм сохранил зернистость (таблица 1).

Оптимальные дозировки загустителей КМЦ и ПВС (10% мас.) определены в проведенном ранее исследовании [8].

Порядок приготовления образцов полимера в присутствии НСМ с различными загустителями сводился к следующему.

Вводили микросферы на полимер латекса из расчета 5% на каучук.

Таблица 1.

Влияние дозировки загустителя ПАА на вязкость латекса и характер коагуляции

Table 1.

Influence of the dosage of the thickener PAA on the viscosity of the latex and the nature of the coagulation

Дозировка загустителя в латексе Dosage thickener in latex		Изменение вязкости загущенного латекса Change in viscosity of thickened latex	Тип коагулюма Type of coagulum
раствора на полимер г/г, solution per polymer g/g	удельная, г/г полимера specific, g/g polyme		
0,5	0,013	не менялась did not change	зернистый grainy
1	0,025	увеличилась незначительно increased slightly	зернистый grainy
2	0,050	возрастала increased	зернистый grainy
3	0,075	увеличилась значительно increased significantly	зернистый grainy

Распределяли микросферы в загустителях до однородной массы. Добавляли порциями латекс, распределяя его в загустителе по всему объему. В полученную загущенную смесь сначала вводили коагулянт – нитрофлок и затем раствор серной кислоты.

Образцы коагулюма промывали водой, сушили при температуре 40 °С в течение 2 сут.

Навески каучука сжигали в муфельной печи для определения содержания микросфер.

Установлено, что выход микросфер в каучуке при использовании загустителей ПАА, КМЦ и ПВС составил 71,1, 66,5 и 38,7% масс., соответственно. Лучше всего удерживали микросферы загустители ПАА и КМЦ.

В дальнейшем с учетом потери 1/3 микросфер на стадии выделения каучука из латекса вводили не 5, а 7% мас. микросфер на полимер в сочетании с навеской Агидола 1 из расчета 0,7% масс. на полимер латекса.

Рецептуры приготовления резиновой смеси приведены в таблице 2.

Стандартный образец без микросфер готовили в соответствии с ГОСТ Р 54556–2011 «Каучуки бутадиен-нитрильные (NBR)».

Контрольный образец резиновой смеси при «сухом» введении микросфер в каучук готовили следующим образом. Каучук пластицировали на лабораторных вальцах в течение 2 мин. Во время пластикации вводили микросферы. Затем каучук переносили в закрытый микросмеситель. Перемешивали с остальными ингредиентами в течение: оксид цинка – 3 мин, стеариновая кислота – 2 мин, каптакс – 2 мин, технический углерод – 9 мин.

Режим работы микросмесителя: температура начальная 110, конечная – 126 °С (саморазогрев), скорость вращения ротора 50 об/мин, масса груза – 600 г. Серу вводили в маточную смесь на холодных вальцах 2 мин.

Таблица 2.

Рецептуры приготовления резиновых смесей (% мас.) в присутствии микросфер

Table 2.

Recipes for the preparation of rubber compounds (% by weight) in the presence of microspheres

Наименование ингредиентов Ingredients name	Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер: The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres:			
	Стандартная без микросфер Standard without microspheres	Контрольная с микросферами, «сухое» смешение Control with microspheres, "Dry" mixing	На стадии выделения at the stage of allocation	
			С КМЦ и микросферами with CMC and microspheres	С ПАА и микросферами with PAA and microspheres
Каучук СКН-18СНТ Rubber SKN-18 SNT	61,6	61,6	42,04	61,6
Микросферы (% масс. на каучук) Microspheres (% mass to rubber)	-	3,1	1,94	3,1
Технический углерод П 234 Technical Carbon P 234	32,3	32,3	21,99	32,3
Оксид цинка Zinc Oxide	3,23	3,23	2,19	3,23
Стеариновая кислота Stearic acid	0,97	0,97	0,66	0,97
Каптакс Captax	0,97	0,97	0,66	0,97
Серу Sulfur	1,3	1,3	0,88	1,3

Каучук с микросферами, введенными на стадии выделения латекса, пластицировали на вальцах в течение 2 мин. Затем каучук загружали в микросмеситель и добавляли остальные компоненты: оксид цинка – 3 мин, стеариновая кислота – 2 мин, каптакс – 3 мин, технический углерод – 3 мин. Режим работы микросмесителя: температура начальная 110, конечная (саморазогрев) – 126 °С скорость вращения ротора 50 об/мин, масса груза – 600 г. Серу вводили на холодных вальцах 2 мин.

Все образцы вулканизовали в соответствии с ГОСТ Р 54556-2011 при температуре 150 °С в течение 40 мин.

Результаты и обсуждение

Установлено, что присутствие микросфер в количестве 4,5–4,8% мас. практически не влияло на твердость и эластичность по отскоку для резины без микросфер и с микросферами при «сухом» смешении (таблица 3, 4).

Введение микросфер с ПАА на стадии выделения увеличило модуль резины при 100 и 200% удлинении при сохранении прочности при разрыве на уровне образца без микросфер.

Таблица 3.

Влияние способа введения НСМ в каучук на твердость резин

Table 3.

Influence of the method of introducing HSM into rubber on the hardness of rubbers

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Твердость по Шору А, у. ед.: Shore A hardness, y. unit:		
	Средн. Average	Макс. Max.	Мин. Min
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	71	72	69
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение Control with microspheres, "dry" mixing	70	71	69
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	72	73	71
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	67	70	62

Таблица 4.

Влияние способа введения HCM в каучук на эластичность резин

Table 4.

Influence of the method of introducing HCM into rubber on the elasticity of rubbers

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Эластичность по отскоку, % Elasticity in rebound		
	Средн. Average	Макс. Max.	Мин. Min
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	32	33	32
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	32	32	32
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	32	34	32
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	36	38	36

При этом снизилось относительное удлинение при разрыве по причине присутствия следов ПАА в каучуке (таблица 5, 6).

Введение микросфер на стадии выделения в присутствии КМЦ снизило модуль резины при 100, 200, 300% удлинении и прочность при разрыве при сохранении относительного и остаточного удлинения при разрыве.

Установлено, что введение микросфер на стадии выделения в присутствии ПАА обеспечило полтора – двукратное увеличение сопротивления резины раздиру (таблица 7).

Показано существенное повышение сопротивления износу резины, содержащей микросферы, введенные на стадии выделения полимера из латекса с ПАА (таблица 8).

Резина, содержащая микросферы, характеризовалась наименьшей степенью набухания в толуоле (таблица 9) и наибольшим уровнем концентрации поперечных связей $1/\alpha$ (в особенности со следами ПАА). Это объяснило рост модуля и прочности при разрыве резин с HCM.

Следы загустителя КМЦ в каучуке резин повысило степень их набухания в воде (таблица 10).

Таблица 5.

Влияние способа введения HCM в каучук на упруго-прочностные показатели резины

Table 5.

Influence of the method of introduction of HCM in rubber on elastic-strength parameters of rubber

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Модуль, МПа Module, MPa			Прочность, МПа Strength, MPa
	M ₁₀₀	M ₂₀₀	M ₃₀₀	
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	12,9	21,2	28,0	30,0
Макс. Max.	16,7	25,9	31,1	36,3
Мин. Min.	8,0	15,0	23,3	24,1
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	10,2	21,6	26,7	26,7
Макс. Max.	16,5	26,9	31,9	31,9
Мин. Min.	6,3	15,7	21,5	21,7
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	7,2	14,9	21,6	22,3
Макс. Max.	7,8	17,2	23,6	24,8
Мин. Min.	5,8	11,6	18,3	21,2
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	1,8	22,3	–	30,1
Макс. Max.	26,5	35,2	–	36,1
Мин. Min.	13,1	23,3	–	25,0

Таблица 6.

Влияние способа введения HCM в каучук на деформационные свойства резины

Table 6.

Influence of the method of introducing HSM into rubber on the deformation properties of rubber

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Относительное Relative	
	Удлинение при разрыве, % Elongation at break, %	Остаточное удлинение после разрыва, % Residual elongation after rupture, %
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	253	1
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	250	1
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	262	1
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	192	2

Таблица 7.

Влияние способа введения HCM в каучук на сопротивление резины раздиру

Table 7.

Influence of the way of introduction of HCM in rubber on resistance of rubber to tearing

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Сопротивление раздиру, кН/м Resistance tearing, kN / m		
	Средн. Average	Макс. Max	Мин. Min
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	29	37	23
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	35	46	25
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and СМС, in the isolation stage	30	38	20
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and ПАА, in the isolation stage	49	66	33

Таблица 8.

Влияние способа введения HCM в каучук на сопротивление резины износу

Table 8.

Influence of the way of introduction of HCM in rubber on rubber resistance to wear

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Истираемость, см ³ /кВт Tearability, cm ³ / kW
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	175
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	113
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and СМС, in the isolation stage	171
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and ПАА, in the isolation stage	100

Таблица 9.

Влияние способа введения HCM в каучук на степень набухания и сшивки образцов резины

Table 9.

Influence of the method of introducing HCM into rubber on the degree of swelling and cross-linking of rubber samples

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Степень Degree	
	набухания в толуоле, % swelling in toluene, %	сшивки вулканизата (1/α) crosslinking of vulcanizate (1/α)
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	137	0,007
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	114	0,009
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and СМС, in the isolation stage	122	0,008
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and ПАА, in the isolation stage	105	0,010

Таблица 10.

Влияние способа введения HCM в каучук на набухание резины в воде

Table 10.

Influence of the method of introducing HSM into rubber on the swelling of rubbers in water

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Степень набухания резины в воде, % Degree of swelling of rubbers in water, %
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	6,3
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	3,9
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and СМС, in the isolation stage	10,2
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and ПАА, in the isolation stage	6,7

Заключение

С целью удержания тяжелых микросфер в латексе в процессе коагуляции осуществлено загущение латекса полимерными водорастворимыми коллоидами. Установлено, что наибольшая степень удержания микросфер в загущенном латексе обеспечивал полиакриламид и карбоксиметилцеллюлоза.

Отработан технологический режим коагуляции загущенного латекса СКН-18СНТ полимерным коагулянтом и серной кислотой. Достигнута степень удержания микросфер в каучуке до 71,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1 Прокопчук Н.Р., Шашок Ж.С., Касперович А.В., Ташлыкков И.С. Модификация свойств эластомерных композиций: монография. Минск: БГТУ, 2012. 217 с.

2 Журавлева С.Н. Исследования износостойкости манжетных уплотнений, применяемых в приводах технологического оборудования // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2013. № 17. С. 33–38.

3 Журавлева С.Н. Повышение износостойкости манжетных уплотнений для вращающихся валов // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2014. № 19. С. 53–58.

4 Салаяева М.А., Кашина Е.М., Носкова Л.А. Полые корундовые микросферы в производстве резиновых смесей. // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: доклады XXII научно-практической конференции. 2017. С. 87–89.

5 Ушмарин Н.Ф., Краснова Е.В., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И. и др. Влияние полых корундовых микросфер на свойства резины на основе карбоцепных каучуков. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2018. № 2. С. 23–26.

6 Целых Е.П., Ходакова С.Я., Суриков В.И. Свойства резины, модифицированной полыми корундовыми микросферами оксида алюминия // Актуальные проблемы современной науки: материалы VI Региональной научно-практической конференции с международным участием. Омск: ОмГТУ, 2017. С. 59–63.

7 Чумадова Л.И., Скориков М.Ю., Степанян Т.Г., Морозов М.В. и др. Теплотехнические характеристики жидкого керамического теплоизоляционного материала на основе алюмосиликатных и натриево-боросиликатных микросфер // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263>

8 Королева Е.В., Полякова Е.А. Изучение процесса коагуляции латекса в присутствии загустителей на синтетической основе // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год. Воронеж: ВГУИТ, 2017. С. 113

9 Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В. Выбор агента межфазного сочетания при наполнении БНК // Технология органических веществ: тезисы докладов 81-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов с международным участием,

Определены физико-механические показатели резины на основе СКН-18СНТ в присутствии микросфер, введенных как «сухим» способом в каучук, так и на стадии его выделения из латекса.

Подтверждено, что присутствие микросфер, в особенности введенных на стадии выделения каучука из латекса, обеспечивает увеличение сопротивления истиранию.

В свою очередь, присутствие микросфер в каучуке со следами полиакриламида обеспечило увеличение сопротивления резины раздиру, модуля при 100 и 200% удлинении при уменьшении относительного удлинения при разрыве.

Минск, 1–12 февраля 2017 г. БГТУ, 2017. С. 113–114.

10 Самороков В.Э., Зелинская Е.В. Использование микросфер в композиционных материалах // Вестник ИргТУ. 2012. № 9 (68), С. 201–205

11 Qian X. et al. Synthesis of hollow polysaccharide microspheres with hierarchically porous structure in alkali/urea mixture through freeze-drying // Materials Letters. 2018.

12 Roosen J. et al. Shaping of alginate-silica hybrid materials into microspheres through vibrating-nozzle technology and their use for the recovery of neodymium from aqueous solutions // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2015. V. 54. №. 51. P. 12836-12846.

REFERENCES

1 Prokopchuk N.R., Checkers Zh.S., Kasperovich A.V., Tashlykov I.S. Modifikaciya svojstv ehlastomernyh kompozicij [Modification of properties of elastomeric compositions]. Minsk, BSTU, 2012. 217 p. (in Russian)

2 Zhuravleva S.N. Research of wear resistance of lip seals used in drives of technological equipment. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii* [New materials and technologies in mechanical engineering]. 2013. no. 17. pp. 33–38. (in Russian)

3 Zhuravleva S.N. Increasing wear resistance of lip seals for rotating shafts. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii* [New materials and technologies in mechanical engineering]. 2014. no. 19, pp. 53–58. (in Russian)

4 Salayeva M.A., Kashina E.M., Noskova L.A. Hollow corundum microspheres in the production of rubber mixtures. *Rezinovaya promyshlennost': syr'e, materialy, tekhnologii: reports of the XXII scientific-practical conference*. 2017. pp. 87–89 (in Russian)

5 Ashmarin N.F., Krasnova E.V., Egorov E.N., Koltsov N. et al. The Influence of hollow corundum microspheres on the properties of rubbers based on carbon-chain rubbers. *Vse materialy. Ehnciklopedicheskij spravochnik* [All material. Encyclopedic reference book]. 2018. no. 2. pp. 23–26. (in Russian)

6 Whole P.E., Khodakova S.Ya., Surikov V.I. Properties of rubber-modified hollow corundum microspheres of aluminum oxide. *Aktual'nye problemy sovremennoj nauki* [Actual problems of modern science: materials of the VI Regional scientific-practical conference with international participation]. Omsk, 2017. pp. 59–63. (in Russian)

7 Chumakova L.I., Skorikov M. Yu., Stepanyan T.G., Morozov M.V. et al. Thermal characteristics of liquid ceramic heat-insulating material based on aluminosilicate, and sodium borosilicate microspheres. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern scientific researches and innovations]. 2016. no. 1. Available at:

<http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263> (in Russian)

8 Koroleva E.V., Polyakova E.A. Study of the latex coagulation process in the presence of thickeners on a synthetic basis. Materialy studencheskoj nauchnoj konferencii za 2016 god [Proceedings of the student scientific conference for 2016]. Voronezh, UGUET, 2017. pp. 113. (in Russian)

9 Sedykh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V. Choice of the agent of interfacial combination at filling of BNC. Tekhnologiya organicheskikh veshchestv [Technology of organic substances: theses of reports of the 81st scientific and technical conference of the faculty, researchers and graduate students (with international participation), Minsk, February 1–12, 2017], BSTU, 2017. pp. 113–114. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валерий А. Седых к.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cdxva@mail.ru

Ольга В. Карманова д.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, karolga@mail.ru

Екатерина В. Королева аспирант, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katrakoroleva@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.08.2018

10 Samorokov V.E., Zelinskaya E.V. Use of microspheres in composite materials. *Vestnik IrGTU* [Bulletin of IrSTU]. 2012. no. 9 (68), pp. 201–205. (in Russian)

11 Qian X. et al. Synthesis of hollow polysaccharide microspheres with hierarchically porous structure in alkali/urea mixture through freeze-drying. *Materials Letters*. 2018.

12 Roosen J. et al. Shaping of alginate–silica hybrid materials into microspheres through vibrating-nozzle technology and their use for the recovery of neodymium from aqueous solutions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2015. vol. 54. no. 51. pp. 12836–12846.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valeriy A. Sedykh Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, cdxva@mail.ru

Olga V. Karmanova Dr. Sci. (Engin.), professor, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, karolga@mail.ru

Ekaterina V. Koroleva graduate student, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, katrakoroleva@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.14.2018

ACCEPTED 11.8.2018