

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНЫ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В МОРСКОЙ ВОДЕ

Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, С.И. Сандалов, Н.И. Кольцов

Евгений Николаевич Егоров, Николай Иванович Кольцов*

Кафедра физической химии и высокомолекулярных соединений, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Московский пр., 15, Чебоксары, Российская Федерация, 428015

E-mail: enegorov@mail.ru, koltsovni@mail.ru*

Николай Филиппович Ушмарин, Сергей Иванович Сандалов

Акционерное общество "Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева", Социалистическая, 1, Чебоксары, Российская Федерация, 428006

E-mail: ushmarin@mail.ru, sandalov-1963@yandex.ru

В статье изучено влияние транс-полинолборнена, каучуков общего и специального назначения и наполнителей на вулканизационные характеристики резиновой смеси, физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства вулканизатов на основе бутадиен-метилстирольного каучука. Исследованная модельная резиновая смесь включала каучук СКМС-30АРК, серу, 2,2'-дибензтиазолдисульфид, гуанид Ф, белила цинковые, стеариновую кислоту, фенил-2-нафтамин, N-изопропил-N'-фенил-пара-фенилендиамин, технические углероды марок П 514 и N 220, шунгитовый порошок и другие ингредиенты. Резиновую смесь изготавливали на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Первый (базовый) вариант резиновой смеси содержал в качестве мягчителя масло индустриальное И-12А. Вторым вариантом смеси содержал модифицирующую добавку на основе транс-полинолборнена и масла индустриального И-12А. Третий, четвертый и пятый варианты готовились на основе комбинации каучуков СКМС-30АРК, СКН-4065 и БК-1675, включали модифицирующую добавку, а также полиизобутилен П-118 и эвилен 11808-340. Вулканизационные характеристики резиновой смеси изучали на реометре MDR 3000 Basic при 150 °С в течение 30 мин. Для определения физико-механических показателей резины стандартные образцы всех вариантов резиновой смеси вулканизовали при температуре 143 °С в течение 30 мин в вулканизационном прессе типа Р-V-100-3RT-2-PCD. Исследования физико-механических, эксплуатационных и динамических свойств резины осуществлялись согласно существующим для резиновой промышленности стандартам. Показано, что вулканизаты, содержащие модифицирующую добавку, обладают меньшими значениями условной прочности при растяжении, твердости и сопротивления раздиру по сравнению с вулканизатом базового варианта резиновой смеси и характеризуются повышенными динамическими и эксплуатационными свойствами. Резина, содержащая комбинацию бутадиен-нитрильного, бутадиен-метилстирольного каучуков и бутилкаучука, 10,0 мас. ч. эвилена 11808-340, 20,0 мас. ч. транс-полинолборнена в составе модифицирующей добавки и 55,0 мас. ч. технического углерода П 324, обладает улучшенными физико-механическими и динамическими свойствами, а также высокой стойкостью в морской воде.

Ключевые слова: резиновая смесь, каучуки, транс-полинолборнен, модифицирующая добавка, реометрические, физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства, морская вода

Для цитирования:

Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Исследование эксплуатационных и динамических свойств резины для изделий, работающих в морской воде. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2020. Т. 63. Вып. 11. С. 96–102

For citation:

Egorov E.N., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. Research of operational and dynamic properties of rubber for products working in sea water. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* [Russ. J. Chem. & Chem. Tech.]. 2020. V. 63. N 11. P. 96–102

RESEARCH OF OPERATIONAL AND DYNAMIC PROPERTIES OF RUBBER FOR PRODUCTS WORKING IN SEA WATER

E.N. Egorov, N.F. Ushmarin, S.I. Sandalov, N.I. Kol'tsov

Evgeniy N. Egorov, Nikolay I. Kol'tsov *

Department of Physical Chemistry and Macromolecular Compounds, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Moskovskiy ave., 15, Cheboksary, 428015, Russia
E-mail: enegorov@mail.ru, koltsovni@mail.ru *

Nikolay F. Ushmarin, Sergey I. Sandalov

The Joint Stock Company "Cheboksary Production Association named after V.I. Chapaev", Socialisticheskaya st., 1, Cheboksary, Russia, 428006
E-mail: ushmarin@mail.ru, sandalov-1963@yandex.ru

The article studies the effect of trans-polynorbornene, general and special-purpose rubbers and fillers on the vulcanization characteristics of a rubber mixture, physical, mechanical, operational and dynamic properties of vulcanizates based on butadiene methylstyrene caoutchouc. The investigated model rubber mixture included SKMS-30ARK rubber, sulfur, 2,2'-dibenzthiazole disulfide, guanide F, zinc white, stearic acid, phenyl-2-naphthalamine, N-isopropyl-N'-phenyl-para-phenylenediamine, carbon blacks of grades P 514 and N 220, shungite powder and other ingredients. The rubber mixture was produced on laboratory rolls LB 320 160/160. The first (basic) version of the rubber mixture contained industrial oil I-12A as a softener. The second version of the mixture contained a modifying additive based on trans-polynorbornene and industrial oil I-12A. The third, fourth and fifth versions were prepared on the basis of a combination of rubbers SKMS-30ARK, SKN-4065 and BK-1675, including a modifying additive, as well as polyisobutylene P-118 and sevilen 11808-340. The vulcanization characteristics of the rubber mixture were studied on an MDR 3000 Basic rheometer at 150 °C for 30 min. To determine the physical and mechanical properties of rubber, standard samples of all variants of the rubber mixture were vulcanized at a temperature of 143 °C for 30 min in a vulcanization press of the P-V-100-3RT-2-PCD type. Studies of the physical, mechanical, operational and dynamic properties of rubber were carried out in accordance with the existing standards for the rubber industry. It is shown that vulcanizates containing a modifying additive have lower values of conventional tensile strength, hardness and tear resistance compared to vulcanizate of the base version of the rubber mixture and are characterized by increased dynamic and performance properties. Rubber containing a combination of butadiene-nitrile, butadiene-methylstyrene caoutchoucs and butyl caoutchouc, 10.0 mass parts sevilen 11808-340, 20.0 mass parts of trans-polynorbornene composed of in the modifying additive and 55.0 mass parts of carbon black P 324, possesses improved physical, mechanical and dynamic properties, as well as high resistance in sea water.

Key words: rubber mixture, caoutchoucs, trans-polynorbornene, industrial oil I-12A, modifying additive, rheometric, physico-mechanical, operational and dynamic properties, sea water

ВВЕДЕНИЕ

К резинам для изделий, работающих в условиях воздействия морской воды, предъявляются повышенные требования по эксплуатационным и динамическим свойствам. Основой для изготовления резин с такими свойствами служат комбинации каучуков общего и специального назначения [1-5]. Для улучшения эксплуатационных и динамических свойств резин в них вводятся сэвилены [6-13], транс-полиноборнен (ТПНБ) [14-17] и наполнители [18, 19]. В связи с этим в данной ра-

боте исследовано влияние каучуков, ТПНБ и наполнителей на реометрические свойства резиновой смеси, физико-механические, эксплуатационные и динамические показатели резины, используемой для изготовления изделий, эксплуатируемых в морской воде.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследуемая модельная резиновая смесь содержала бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30АРК, вулканизирующий агент – серу, ускорители вулканизации – 2,2'-добензтиазолдисульфид

фид и гуанид Ф, активаторы вулканизации – белила цинковые и стеариновую кислоту, противостарители – фенил-2-нафтамин и N-изопропил-N'-фенил-пара-фенилендиамин, наполнители – технические углероды марок П 514 и N 220, тонкомолотый шунгитовый порошок МК-О-Вирма, мягчитель – масло индустриальное И-12А и другие ингредиенты. Вводимый в состав резиновой смеси ТПНБ представляет собой порошок белого цвета с размерами частиц 300-400 мкм, насыпной плотностью 0,35-0,40 г/см³, и непосредственное его введение в резиновую смесь не представлялось возможным из-за плохого совмещения с матрицей каучуков. Для устранения этого недостатка была разработана модифицирующая добавка (МД) путем смешения ТПНБ с маслом индустриальным И-12А при температуре 60-70 °С с установлением оптимального соотношения 1,0:1,5 (по массе). Резиновую смесь изготавливали на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков вальцов 70-80 °С. Вулканизационные (реометрические) характеристики резиновой смеси определяли на реометре MDR 3000 Basic фирмы «Mon Tech» при 150 °С в течение 30 мин в соответствии с ГОСТ 12535-84. Стандартные образцы резиновой смеси вулканизовали при температуре 143 °С в течение 30 мин в вулканизационном прессе типа P-V-100-3RT-2-PCD и определяли физико-механические свойства полученных вулканизатов согласно действующим в резиновой промышленности стандартам: упругопрочностные свойства по ГОСТ 270-75; твердость по Шору А по ГОСТ 263-75; сопротивление раздиру по ГОСТ 262-79; изменение упруго-прочностных свойств и массы вулканизатов после выдержки при температуре 23 °С в течение 30 сут в морской воде (8% раствор морской соли в воде) по ГОСТ 9.030-74. Динамические свойства вулканизатов изучались согласно ГОСТ 23326-78 на динамическом механическом анализаторе Metravib VHF 104 в диапазоне частот 100-3000 Гц. При этом тангенс угла механических потерь и модуль упругости вулканизатов определялись при частоте 1000 Гц, соответствующей частоте колебаний механизмов газонефтедобывающего оборудования и температуре 0 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные варианты резиновой смеси, их вулканизационные характеристики, физико-механические свойства вулканизатов и их изменения после воздействия морской воды, а также динамические показатели вулканизатов приведены в таблице.

Первый (базовый) вариант резиновой смеси на основе каучука СКМС-30АРК готовился с применением в качестве мягчителя масла индустриального И-12А без использования МД. Второй вариант смеси готовился на основе каучука СКМС-30АРК и содержал 40,0 мас. ч. МД на 100,0 мас. ч. каучука, что соответствовало содержанию масла индустриального И-12А в количестве 24,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков, как и в первом варианте резиновой смеси. В третий вариант резиновой смеси вводилась МД в количестве 40,0 мас. ч., в четвертый и пятый варианты – 50,0 мас. ч. МД. В третьем – пятом вариантах была произведена частичная замена каучука СКМС-30АРК на каучуки СКН-4065 и БК-1675. При этом в третий и четвертый варианты резиновой смеси дополнительно вводился полиизобутилен марки П-118, в пятый – сэвилен 11808-340. В третьем варианте также была проведена замена технического углерода П 514 на технический углерод П 324, в четвертом и пятом вариантах – технических углеродов П 514 и N 220 на технические углероды П 803, П 324 и П 324 соответственно.

Таблица

Варианты и свойства резиновой смеси и вулканизатов
Table. Variants and properties of rubber mixture and vulcanizates

Ингредиенты, показатели	Варианты резиновой смеси				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
СКМС-30АРК, мас. ч.	100,0	100,0	30,0	20,0	35,0
СКН-4065, мас. ч.	-	-	62,0	70,0	50,0
БК-1675, мас. ч.	-	-	8,0	10,0	15,0
Полиизобутилен П-118, мас. ч.	-	-	6,0	10,0	-
Сэвилен 11808-340, мас. ч.	-	-	-	-	10,0
Технический углерод П 514, мас. ч.	20,0	20,0	-	-	-
Технический углерод N 220, мас. ч.	50,0	50,0	20,0	-	-
Технический углерод П 803, мас. ч.	-	-	-	25,0	-
Технический углерод П 324, мас. ч.	-	-	35,0	40,0	55,0
Шунгитовый порошок МК-О-Вирма, мас. ч.	10,0	10,0	10,0	10,0	-
Масло индустриальное И-12А	24,0	-	-	-	-
МД, мас. ч.	-	40,0	40,0	50,0	50,0

Вулканизационные характеристики резиновой смеси при 150 °С					
1	2	3	4	5	6
M_H , дН·м	17,56	12,38	10,20	10,88	14,32
M_L , дН·м	2,81	2,09	2,30	2,46	2,51
t_s , мин	3,97	5,03	5,46	5,73	4,44
t_{90} , мин	10,82	12,94	14,20	15,03	13,08
Физико-механические свойства вулканизатов (режим вулканизации 143 °С×30 мин)					
f_{100} , МПа	4,9	2,9	2,4	2,7	3,3
f_p , МПа	14,6	10,8	8,3	8,1	12,1
ϵ_p , %	360	390	450	400	410
H , ед. Шор А	60	56	57	59	64
B , кН/м	42	32	37	42	44
Изменение свойств вулканизатов после выдержки в морской воде (23 °С×30 сут)					
Δf_p , %	-4,1	-3,7	-3,2	-3,2	-2,5
$\Delta \epsilon_p$, %	-7,8	-6,7	-5,9	-4,6	-3,9
Δm , %	+0,69	+0,58	+0,49	+0,46	+0,41
Динамические свойства вулканизатов					
$tg\delta$	0,2911	0,3573	0,5426	0,7086	0,8134
$E \cdot 10^{-8}$, Па	1,44	1,19	1,27	1,36	1,78

Примечание: M_H – максимальный крутящий момент; M_L – минимальный крутящий момент; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – оптимальное время вулканизации; f_{100} – условное напряжение при 100%-ном растяжении; f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твердость; B – сопротивление раздиру; Δf_p , $\Delta \epsilon_p$ и Δm – относительное изменение условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и массы; $tg\delta$ – тангенс угла механических потерь; E – модуль упругости

Note: M_H - maximum torque; M_L is the minimum torque; t_s is the start time of vulcanization; t_{90} is the optimal vulcanization time; f_{100} - conditional stress at 100% tension; f_p - conditional tensile strength; ϵ_p - relative elongation at break; H - hardness; B - tear resistance; Δf_p , $\Delta \epsilon_p$ and Δm are the relative changes in tensile strength, elongation at break and weight; $tg\delta$ is the tangent of the angle of mechanical losses; E is the modulus of elasticity

Как видно из таблицы, при введении МД в резиновую смесь на основе каучука СКМС-30АРК наблюдается уменьшение величин максимального и минимального крутящих моментов, увеличение времен начала и оптимума вулканизации (см. первый и второй варианты смеси), что положительно влияет на технологические свойства резиновой смеси при переработке. При этом происходит понижение в допустимых пределах физико-механических свойств вулканизатов (условного напряжения при 100%-ном растяжении, условной прочности при растяжении, твердости и сопротивления раздиру) и повышение относительного удлинения при разрыве. Последнее связано с уменьшением вязкости резиновой смеси при увеличении содержания в ней МД, что подтверждается меньшим зна-

чением минимального крутящего момента для второго варианта резиновой смеси. Вулканизат второго варианта резиновой смеси обладает меньшими изменениями физико-механических свойств и массы после выдержки в морской воде по сравнению с вулканизатом первого варианта. Из результатов исследования динамических свойств вулканизатов первого и второго вариантов резиновой смеси следует, что использование ТПНБ в составе МД способствует возрастанию тангенса угла механических потерь и понижению модуля упругости. Как известно [20], с увеличением тангенса угла механических потерь возрастают динамические свойства резины. Поэтому вулканизат второго варианта резиновой смеси характеризуется лучшими динамическими свойствами.

С целью повышения динамических характеристик резины была проведена корректировка второго варианта резиновой смеси с частичной заменой каучука СКМС-30АРК на каучуки СКН-4065, БК-1675 и дополнительно введен в резиновую смесь полиизобутилен П-118 (третий и четвертый варианты). Причем, в третьем варианте проводилась замена технического углерода П 514 на технический углерод П 324, а в четвертом варианте – технических углеродов П 514 и N 220 на технические углероды П 803 и П 324. Из таблицы следует, что вулканизаты третьего и четвертого вариантов по сравнению с вулканизатом второго варианта характеризуются меньшими значениями максимального крутящего момента и большими величинами минимального крутящего момента, времени начала вулканизации и оптимального времени вулканизации. При этом происходит понижение физико-механических свойств вулканизатов (условного напряжения при 100%-ном растяжении и условной прочности при растяжении) и повышение относительного удлинения при разрыве, твердости и сопротивления раздиру. При переходе от вулканизата второго варианта к вулканизатам третьего и четвертого вариантов резиновой смеси наблюдаются меньшие изменения упруго-прочностных показателей и массы вулканизатов после выдержки в морской воде, а также более высокие значения тангенса угла механических потерь и модуля упругости. Причем, вулканизат четвертого варианта резиновой смеси обладает наибольшим значением тангенса угла механических потерь по сравнению с вулканизатами первого – третьего вариантов смеси. Это, по-видимому, связано с большим содержанием ТПНБ и применением комбинации каучуков общего (СКМС-30АРК) и специального

(СКН-4065 и БК-1675) назначения в четвертом варианте резиновой смеси.

Для дальнейшего увеличения динамических свойств резины на основе четвертого варианта резиновой смеси был изготовлен пятый вариант, в котором взамен полиизобутилена П-118 использовался сэвилен 11808-340 и увеличено содержание технического углерода П 324 взамен технического углерода П 803 и шунгита. Из таблицы следует, что вулканизат пятого варианта резиновой смеси по сравнению с вулканизатами второго-четвертого вариантов характеризуется улучшенными физико-механическими свойствами и соответствует требованиям ГОСТ 18829–2017, предъявляемым к изделиям, работающим в условиях воздействия морской воды. При этом данный вулканизат обладает наименьшими изменениями условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и массы после воздействия морской воды и наибольшими значениями тангенса угла механических потерь и модуля упругости по

сравнению с вулканизатами первого – четвертого вариантов резиновой смеси.

ВЫВОДЫ

Исследовано влияние *транс*-полинонборнена, каучуков общего и специального назначения, а также различных марок технических углеродов на вулканизационные показатели резиновой смеси и физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства резины, предназначенной для изготовления изделий, работающих в условиях воздействия морской воды. Установлено, что резина на основе комбинации каучуков СКМС-30АРК : СКН-4065 : БК-1675 = 35,0 : 50,0 : 15,0 мас. ч., содержащая 20,0 мас. ч. *транс*-полинонборнена в составе модифицирующей добавки, 10,0 мас. ч. сэвилена 11808-340 и 55,0 мас. ч. технического углерода П 324, обладает улучшенными упруго-прочностными и динамическими свойствами, а также наименьшими изменениями упруго-прочностных показателей и массы после воздействия морской воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрижак Е.А., Раздьяконова Г.И., Маратканова Е.А., Бурьян Ю.А., Адяева Л.В., Аврейцевич Н.В., Митряева Н.С. Роль полярности каучука в формировании гистерезисных свойств резин в условиях гармонического динамического напряжения. *Омск. науч. вестн.* 2013. № 3 (123). С. 308-312.
2. Чайкун А.М., Алифанов Е.В., Наумов И.С. Резины на основе бутилкаучука (обзор). *Новости материаловедения. Наука и техника.* 2016. № 6 (24). С. 49-59.
3. Курналева Т.А., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И. Исследование стойкости резин к морской воде. Сб. материалов Юбилейной семидесятой всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. «Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем». (Ярославль, 19 апреля 2017 г.). Ярославль: ЯрГТУ. 2017. Ч. 1. С. 329-331.
4. Курналева Т.А., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И. Влияние морской воды на свойства резин на основе бутадиеннитрильного и эпихлоргидриновых каучуков. Сб. материалов XII международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». (Йошкар-Ола, 21-22 апреля 2017 г.). Йошкар-Ола: Поволж. гос. технол. ун-т. 2017. Ч. 1. С. 176-179.
5. Ромашкина Л.В., Павлинов И.В., Павлинов В.В. Повышение химической стойкости резиновых смесей. Сб. статей XIX Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения» (Пенза, 12 июня 2020 г.). Пенза: Наука и Просвещение. 2020. С. 63-67.

REFERENCES

1. Strizhak E.A., Razd'yakonova G.I., Maratkanova E.A., Bur'yan Yu.A., Adyayeva L.V., Avreytsevich N.V., Mitryayeva N.S. The role of rubber polarity in the formation of the hysteresis properties of rubbers under conditions of harmonic dynamic stress. *Omsk. Nauch. Vestn.* 2013. N 3 (123). P. 308-312 (in Russian).
2. Chaikun A.M., Alifanov E.V., Naumov I.S. Rubbers based on butyl rubber (review). *Novosti Materialoved. Nauka Tekhnika.* 2016. N 6 (24). P. 49-59 (in Russian).
3. Kurnaleva T.A., Ushmarin N.F., Kol'tsov N.I. Study of the resistance of rubbers to sea water. Collection of materials of the 70th Anniversary All-Russian Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and graduate students with international participation. «Scientific, technical and engineering developments are the basis for solving modern environmental problems» (Yaroslavl, April 19, 2017). Yaroslavl: YarGTU. 2017. Part 1. P. 329-331 (in Russian).
4. Kurnaleva T.A., Ushmarin N.F., Kol'tsov N.I. Influence of seawater on the properties of rubbers based on nitrile butadiene and epichlorohydrin rubbers. Collection of materials of the XII international youth scientific conference on natural science and technical disciplines «Scientific progress - creativity of young» (Yoshkar-Ola, April 21-22, 2017). Yoshkar-Ola: Povolzh. gos. tekhnol. un-t. 2017. Part 1. P. 176-179 (in Russian).
5. Romashkina L.V., Pavlinov I.V., Pavlinov V.V. Improving the chemical resistance of rubber mixtures. Collection of articles of the XIX International Scientific and Practical Conference «Science and innovation in the 21st century: topical issues, discoveries and achievements» (Penza, June 12, 2020). Penza: Nauka i Prosveshchenie. 2020. P. 63-67 (in Russian).

6. **Ефимовский Е.Г., Тимофеев И.В., Кольцов Н.И.** Влияние сэвиленов на кинетику вулканизации резиновой смеси на основе комбинации бутадиен-нитрильного и метилстирольного каучуков. Сб. тезисов докладов X Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию первого декана математического факультета БашГУ Зигандара Иргалеевича Биглова «Фундаментальная математика и её приложения в естествознании». (Уфа, 16-20 октября 2018 г.). Уфа: Башкир. гос. ун-т. 2018. С. 238-240.
7. **Илларионова М.С., Спиридонов И.С., Кольцов Н.И.** Влияние сэвиленов на свойства термоагрессивостойкой резины. Сб. материалов семьдесят первой всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. «Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем». (Ярославль, 18 апреля 2018 г.). Ярославль: ЯрГТУ. 2018. Ч. 1. С. 563-566.
8. **Спиридонов И.С., Илларионова М.С., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И.** Влияние сополимеров этилена с винилацетатом на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного каучука. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2018. Т. 61. Вып. 8. С. 59-65. DOI: 10.6060/ivkkt.20186108.5759.
9. **Лаврентьев О.А., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И.** Исследование влияния сополимеров этилена и винилацетата на свойства резины на основе каучуков общего и специального назначения. Сб. материалов XIV международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». (Йошкар-Ола, 19-20 апреля 2019 г.). Йошкар-Ола: Поволж. гос. техн. ун-т. 2019. Ч. 3. С. 45-47.
10. **Спиридонов И.С., Ушмарин Н.Ф., Илларионова М.С., Кольцов Н.И.** Влияние сэвиленов на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного каучука. Сб. трудов XVIII Международной конференции по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры-2019». (Нижний Новгород, 16-21 сентября 2019 г.). Черноголовка: ИПХФ РАН. 2019. Т. 2. С. 132.
11. **Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Авдонин В.В.** Исследование тангенса угла механических потерь и прочности вибропоглощающих материалов на основе этиленвинилацетата, модифицированных каучуками. *Инж. вестн. Дона*. 2019. № 8(59). С. 35.
12. **Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А.** Оценка влияния полярности пластификатора на динамические свойства полимерных материалов на основе этиленвинилацетата. *Вестн. БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2018. № 9. С. 15-23. DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876.
13. **Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Мансурова И.А.** Влияние модифицирующих добавок на динамические свойства полимерных материалов на основе этиленвинилацетата. *Регионал. архитект. и строит.* 2018. № 4 (37). С. 20-29.
14. **Çakmak U.D., Hiptmair F., Major Z.** Applicability of elastomer time-dependent behavior in dynamic mechanical damping systems. *Mech Time-Depend Mater.* 2014. V. 18. N 1. P. 139-151. DOI: 10.1007/s11043-013-9219-z.
6. **Efimovskiy E.G., Timofeev I.V., Kol'tsov N.I.** Influence of sevilens on the kinetics of vulcanization of a rubber mixture based on a combination of nitrile butadiene and methylstyrene rubbers. Collection of abstracts of the X International School-Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, dedicated to the 100th anniversary of the first dean of the Faculty of Mathematics of Bashkir State University Zigandar Irgaleevich Biglov "Fundamental mathematics and its applications in natural science". (Ufa, October 16-20, 2018). Ufa: Bashkir. gos. un-t. 2018. P. 238-240 (in Russian).
7. **Illarionova M.S., Spiridonov I.S., Kol'tsov N.I.** Influence of sevilens on the properties of heat-resistant rubber. Collection of materials of the seventy-first all-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates and graduate students with international participation «Scientific, technical and engineering developments are the basis for solving modern environmental problems» (Yaroslavl, April 18, 2018). Yaroslavl: YarGTU. 2018. Part 1. P. 563-566 (in Russian).
8. **Spiridonov I.S., Illarionova M.S., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I.** Influence of ethylene-vinyl acetate copolymers on the properties of butadiene-nitrile rubber. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 8. P. 59-65 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20186108.5759.
9. **Lavrent'ev O.A., Egorov E.N., Kol'tsov N.I.** Investigation of the influence of ethylene and vinyl acetate copolymers on the properties of rubber based on rubbers for general and special purposes. Collection of materials of the XIV international youth scientific conference on natural science and technical disciplines «Scientific progress - creativity of young» (Yoshkar-Ola, April 19-20, 2019). Yoshkar-Ola: Povolzh. gos. tekhnol. un-t. 2019. Part 3. P. 45-47 (in Russian).
10. **Spiridonov I.S., Ushmarin N.F., Illarionova M.S., Kol'tsov N.I.** Influence of sevilens on the properties of rubber based on nitrile butadiene rubber. Proceedings of the XVIII International Conference on Chemistry and Physicochemistry of Oligomers «Oligomery-2019». (Nizhny Novgorod, September 16-21, 2019). Chernogolovka: IPCP RAS. 2019. V. 2. P. 132 (in Russian).
11. **Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Avdonin V.V.** Study of the tangent of the angle of mechanical losses and strength of vibration-absorbing materials based on ethylene vinyl acetate modified with rubbers. *Inzh. Vestn. Dona*. 2019. N 8(59). P. 35 (in Russian).
12. **Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A.** Assessment of the effect of plasticizer polarity on the dynamic properties of polymeric materials based on ethylene vinyl acetate. *Vestn. BGTU im. V.G. Shukhova*. 2018. N 9. P. 15-23 (in Russian). DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876.
13. **Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Mansurova I.A.** Influence of modifying additives on the dynamic properties of polymeric materials based on ethylene vinyl acetate. *Regional. Arkhitekt. Stroit.* 2018. N 4 (37). P. 20-29 (in Russian).
14. **Çakmak U.D., Hiptmair F., Major Z.** Applicability of elastomer time-dependent behavior in dynamic mechanical damping systems. *Mech Time-Depend Mater.* 2014. V. 18. N 1. P. 139-151. DOI: 10.1007/s11043-013-9219-z.

15. **Васильева А.С., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И.** Исследование свойств резины на основе комбинации изопренового и бутадиен-нитрильного каучуков, содержащей транс-полиноборнен. Сб. тезисов докладов VI Всероссийской научной конференции «Теоретические и экспериментальные исследования процессов синтеза, модификации и переработки полимеров». (Уфа, 24-27 октября 2018 г.). Уфа: РИЦ БашГУ. 2018. С.112-114.
16. **Xu J., Li A., Wang H., Shen Y.** Dynamic mechanical analysis of Norsorex/acrylonitrile butadiene rubber blends and their application in vibration control of steel frames. *Adv. Mech. Eng.* 2016. V. 8. N 8. P. 1-16. DOI: 10.1177/1687814016662561.
17. **Raspolli Galletti A.M., Pampaloni G., D'Alessio A., Patil Y., Renili F., Giaiacopi S.** Novel highly active niobium catalysts for ring opening metathesis polymerization of norbornene. *Macromol. Rapid Commun.* 2009. V. 30. N 20. P. 1762-1768. DOI: 10.1002/marc.200900248.
18. **Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Авдонин В.В.** Влияние типа наполнителя на динамические свойства вибропоглощающих полимерных композиционных материалов на основе этиленвинилацетата. *Современ. наукоем. технологии.* 2018. № 12-1. С. 31-36.
19. **Черкасов В.Д., Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Авдонин В.В.** Влияние полярности наполнителей на динамические свойства вибропоглощающих полимерных композиционных материалов на основе этиленвинилацетата. *Регионал. архитектур. и строит.* 2020. № 1(42). С. 52-62.
20. **Платонов М.М., Шульдешов Е.М., Нестерова Т.А., Сагомонова В.А.** Акустические полимерные материалы нового поколения (обзор). *Труды ВИАМ.* 2016. № 4 (40). С. 76-84.
15. **Vasilyeva A.S., Egorov E.N., Kol'tsov N.I.** Investigation of the properties of rubber based on a combination of isoprene and butadiene-nitrile rubbers containing trans-poly-norbornene. Collection of abstracts of the VI All-Russian scientific conference «Theoretical and experimental studies of the processes of synthesis, modification and processing of polymers» (Ufa, October 24-27, 2018). Ufa: RIC BashGU. 2018. P. 112-114 (in Russian).
16. **Xu J., Li A., Wang H., Shen Y.** Dynamic mechanical analysis of Norsorex/acrylonitrile butadiene rubber blends and their application in vibration control of steel frames. *Adv. Mech. Eng.* 2016. V. 8. N 8. P. 1-16. DOI: 10.1177/1687814016662561.
17. **Raspolli Galletti A.M., Pampaloni G., D'Alessio A., Patil Y., Renili F., Giaiacopi S.** Novel highly active niobium catalysts for ring opening metathesis polymerization of norbornene. *Macromol. Rapid Commun.* 2009. V. 30. N 20. P. 1762-1768. DOI: 10.1002/marc.200900248.
18. **Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Avdonin V.V.** Influence of the type of filler on the dynamic properties of vibration-absorbing polymeric composite materials based on ethylene vinyl acetate. *Sovremen. Naukoyem. Tekhnol.* 2018. N 12-1. P. 31-36 (in Russian).
19. **Cherkasov V.D., Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Avdonin V.V.** Influence of the polarity of fillers on the dynamic properties of vibration-absorbing polymer composite materials based on ethylene vinyl acetate. *Regional. Arkhitekt. Stroit.* 2020. N 1 (42). P. 52-62 (in Russian).
20. **Platonov M.M., Shuldeshov E.M., Nesterova T.A., Sagomonova V.A.** Acoustic polymeric materials of a new generation (review). *Trudy VIAM.* 2016. N 4 (40). P. 76-84 (in Russian).

Поступила в редакцию 15.07.2020
Принята к опубликованию 08.09.2020

Received 15.07.2020
Accepted 08.09.2020