

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВУЛКАНИЗАТОВ НА ОСНОВЕ
ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТНЫХ КАУЧУКОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ
ЗВЕНЬЕВ ВИНИЛАЦЕТАТА**

М.В. Сяйлева^{1,@}, А.М. Буканов¹, К.А. Звезденков², В.Н. Волошин²

¹МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова), Москва 119571, Россия

²ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности», Москва 111024, Россия

@Автор для переписки, e-mail: msyayleva@mail.ru

Исследовано влияние содержания винилацетатных звеньев в этиленвинилацетатных каучуках на физико-механические, эксплуатационные и электроизоляционные свойства вулканизатов на их основе. По результатам исследования установлено, что отличительной особенностью этиленвинилацетатных каучуков по сравнению с каучуками общего назначения является их термопластичность и относительно низкая вязкость, а высокая стойкость вулканизатов к воздействию озона, термо- и маслостойкость, и хорошие физико-механические характеристики делают данный вид полимерных материалов весьма перспективными для создания современных изделий. В работе показано, что с увеличением количества звеньев винилацетата в каучуке повышаются значения модуля упругости, прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, сопротивление раздиру резин, а также снижается величина набухания в углеводородных средах. С увеличением содержания функциональных групп в каучуке электрическая прочность практически не изменяется, однако увеличение полярности каучука приводит к заметному снижению удельного объемного сопротивления резин. Вулканизаты с содержанием звеньев винилацетата 40–45% имеют удовлетворительные электроизоляционные характеристики и хорошую влагостойкость, что позволяет применять их в качестве основы изоляционных резин, а вулканизаты с содержанием винилацетатных звеньев 60–70% обладают повышенной масло- и термостойкостью, поэтому наиболее эффективно их использование в резинах для оболочек кабелей. Исследование свойств этиленвинилацетатных каучуков и их вулканизатов позволило разработать рецептуры изоляционных и шланговых резин и определить наиболее перспективные области их применения для современных кабельных изделий специального назначения в нефтехимической, авиакосмической, транспортной, судостроительной промышленности.

Ключевые слова: эластомеры, этиленвинилацетатные каучуки, содержание винилацетатных звеньев, вулканизаты

Для цитирования: Сяйлева М.В., Буканов А.М., Звезденков К.А., Волошин В.Н. Исследование свойств вулканизатов на основе этиленвинилацетатных каучуков с различным содержанием звеньев винилацетата // Тонкие химические технологии / Fine Chemical Technologies. 2018. Т. 13. № 3. С. 79-85.

**THE STUDY OF THE PROPERTIES OF VULCANIZATES
BASED ON ETHYLENE VINYL ACETATE RUBBERS
WITH DIFFERENT CONTENT OF VINYL ACETATE UNITS**

M.V. Syayleva^{1,@}, A.M. Bukanov¹, K.A. Zvezdenkov², V.N. Voloshin²

¹MIREA – Russian Technological University (M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies), Moscow 119571, Russia

²Russian Cable Scientific Research and Development Institute, Moscow 111024, Russia

@Corresponding author e-mail: msyayleva@mail.ru

The article studies the structure and properties of ethylene vinyl acetate rubbers and the influence of the vinyl acetate (VA) units content in the rubber on the technological, physical-mechanical, operating and electrical properties of vulcanizates. The results of the study prove that the distinctive feature of ethylene vinyl acetate rubbers compared to other rubbers is their thermoplastic properties and low viscosity. Besides, the high resistance to ozone, heat and oil resistance and good mechanical properties of vulcanizates based on them make this type of polymer materials very promising for the creation of modern products. It is shown that the values of elasticity modulus, strength, elongation and tear resistance are increased with increasing VA units content in the rubber. Besides, swelling in hydrocarbon media decreases. Vulcanizates containing 40–45% of VA have satisfactory electrical characteristics and good moisture resistance and can be used as the base insulating rubber. Vulcanizates with a high content of vinyl acetate units (60–70%) have high oil and heat resistance. Therefore, their use in rubber compounds for cable jackets is most effective. The study of the properties of ethylene vinyl acetate rubbers and their vulcanizates allowed to develop formulations of insulating and jacket rubbers and to determine the most promising areas of their application for modern cable products of special purpose in the petrochemical, aerospace, transport and shipbuilding industries.

Keywords: elastomers, ethylene vinyl acetate rubbers, content of vinyl acetate units, vulcanizates

For citation: Syayleva M.V., Bukanov A.M., Zvezdenkov K.A., Voloshin V.N. The study of the properties of vulcanizates based on ethylene vinyl acetate rubbers with different content of vinyl acetate units. *Tonkie khimicheskie tekhnologii / Fine Chemical Technologies*. 2018; 13(3): 79-85. (in Russ.)

Введение

В качестве основы эластомерных композиций в настоящее время широкое применение находят этиленвинилацетатные каучуки (ЭВА), представляющие собой сополимеры этилена и винилацетата с содержанием функциональных звеньев винилацетата (ВА) 40–70% мас. [1]. Они относятся к группе каучуков специального назначения, на основе которых изготавливают материалы, обладающие высокой термо-, масло-, атмосферо- и озоностойкостью, хорошими электроизоляционными и высокими физико-механическими характеристиками, в том числе повышенным сопротивлением раздиру [2, 3]. ЭВА-каучуки находят все большее применение в резинотехнической промышленности для получения формовых и шприцованных изделий, рукавов, медицинских инструментов, а также в кабельной промышленности в качестве основы изоляционных и шланговых материалов [4, 5].

Из литературных данных [1, 6, 7] известно о зависимости свойств этиленвинилацетатных сополимеров от содержания функциональных звеньев винилацетата в полимере. Сопolíмеры ЭВА, содержащие от 5 до 40% винилацетатных звеньев (известные как СЭВА), сополимеры с высоким (80÷100%) содержанием звеньев ВА (поливинилацетат) имеют свойства термопластичных полимеров, которые хорошо изучены и широко освещены в литературе [8, 9]. Имеющейся информации о каучукоподобных сополимерах ЭВА, содержащих от 40 до 80% звеньев ВА (ЭВА-каучуки), недостаточно, и практически отсутствуют данные об отечественных исследованиях свойств этих каучуков и материалов на их основе. Вероятно, это связано с отсутствием промышленно-

го выпуска сополимеров этилена и винилацетата с содержанием функциональных групп винилацетата 40–80% как в СССР, так и в России. В настоящее время на российском рынке представлен широкий ассортимент ЭВА-каучуков иностранного производства (компании Vinaten, ARLANXEO, Arkema, DuPont и др.). В связи с этим их всестороннее исследование является актуальной задачей, а изучение влияния содержания звеньев винилацетата на свойства эластомерных материалов на основе ЭВА-каучуков позволит разрабатывать рецептуры резин для создания современных кабельных изделий, отвечающих международным требованиям и стандартам.

Экспериментальная часть

С целью исследования влияния содержания звеньев ВА в полимерах на физико-механические, эксплуатационные и электрические свойства модельных резин на их основе в качестве объектов исследования были выбраны производимые в настоящее время этиленвинилацетатные каучуки с содержанием ВА-групп от 40 до 70% (марки Levarpen 400, 450, 600, 700, ARLANXEO). Исследования проводили на модельных резиновых смесях на основе этиленвинилацетатного каучука, наполненных дегидратированным каолином и микротальком в количестве по 50.0 мас.ч. на 100.0 мас.ч. каучука соответственно. В качестве вулканизирующей группы были использованы: пероксид – 1,4-бис(*трет*-бутилперокси)диизопротил)-бензол (БПИБ-40) в дозировке 6.0 мас.ч. и соагент вулканизации – триметилпропантриметилакрилат (TRIM/S) в количестве 1.4 мас.ч. В исследуемые резиновые смеси вводили технологическую добавку в количестве 1.0 мас.ч. стеариновой

кислоты, а для улучшения взаимодействия каучука с наполнителем – кремнийорганическую добавку – винилтрис(2-метоксиэтокси)силан (А-172) в количестве 1.5 мас.ч.

Модельные образцы резиновых смесей в количестве 300–1000 г изготавливались на лабораторных вальцах (ГОСТ 14333-79), имеющих размер валков 160×320 мм, с фрикцией 1.27. Температура валков при смешении составляла 30–50 °С.

При изготовлении резиновых смесей соблюдался определенный порядок смешения ингредиентов, что имеет важное значение. Вначале на вальцы загружали каучук в виде гранул, который обрабатывался до образования сплошной шкурки. Далее вводились последовательно кремнийорганическая добавка с небольшим количеством наполнителя и соагент вулканизации. В получившуюся композицию добавляли стеариновую кислоту, а затем, для лучшего диспергирования, в два этапа – наполнители. Вулканизирующий агент (БПИВ-40), во избежание подвулканизации резиновой смеси, вводили в конце процесса смешения.

Резиновые смеси, в соответствии с указанным выше составом, были изготовлены и свулканизованы при температуре 180 °С. Оптимальное время вулканизации выбрано согласно результатам исследований вулканизационных характеристик (ГОСТ Р 54547-2011) на реометре вибрационного типа Rubber Processability Analyzer (RPA 2000, Alpha Technologies), предназначенного для комплексной оценки перерабатываемости материалов. Было выявлено, что в зависимости от соотношения мономеров в ЭВА-каучуках оптимальное время вулканизации практически не меняется и составляет 10 мин.

Определение упруго-прочностных свойств резин при растяжении согласно ГОСТ 270-75 проводили на машине универсальной испытательной Zwick\Roel. Сопротивление раздиру резин определяли в соответствии с ГОСТ 262-93 по методу С для серповидных образцов.

Оценку масло- и влагостойкости резин проводили по ГОСТ 9.030-74, определяя изменение массы образцов после пребывания в стандартном жидком растворителе (СЖР-2) и в дистиллированной воде. Стойкость резин к озонному растрескиванию определяли по методам ускоренных испытаний в испытательной озонной камере Argentox по ГОСТ 9.026-74. Физико-механические показатели резин при повышенных и пониженных температурах определялись в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60811-1-4-2011 в испытательной камере на машине универсальной испытательной Zwick\Roel. Оценку работоспособности резин при пониженных температурах проводили на приборе Эргометр типа ЭР-1-2 по методике ОАО

«ВНИИКП» (п. 3.1.5 ТУ 16. К71-098-90), где определялась температура, при которой наблюдалось появление трещин при изгибе образца на 180°.

Электроизоляционные показатели ЭВА-каучуков до и после увлажнения в воде определяли по ГОСТ 6433.2-74, 6433.4-71, 6433.3-71, согласно [4].

Результаты и их обсуждение

Результаты предыдущих исследований этиленвинилацетатных каучуков [10] показали, что в зависимости от содержания функциональных звеньев винилацетата значительно изменяется их структура и свойства. В ЭВА-каучуках, содержащих 40–45% ВА-звеньев, установлено наличие кристаллической фазы с температурой плавления около 60 °С, в то время как каучуки с содержанием ВА-звеньев 60–70% являются полностью аморфными. Отличительной особенностью ЭВА-каучуков является их относительно высокая термопластичность и низкая вязкость при температуре выше 50 °С по сравнению с другими каучуками, что облегчает процесс изготовления резиновых смесей и снижает энергозатраты на их переработку. Показано, что для каучуков с содержанием ВА-звеньев 60–70% характерно высокое межмолекулярное взаимодействие из-за большого количества полярных групп, а каучуки с содержанием ВА-звеньев 40–45% из-за наличия кристаллической фазы имеют высокие значения когезионной прочности при нормальной температуре.

В процессе изготовления модельных резиновых смесей на основе этиленвинилацетатных каучуков с содержанием ВА-звеньев 40–45% при повышении температуры валков выше 50 °С наблюдалось резкое снижение вязкости резиновой смеси, увеличение липкости и повышение адгезии к поверхности перерабатывающих валков, что вероятно связано с плавлением кристаллической фазы полимера. Для каучуков с содержанием ВА 60–70% такие изменения вязкости менее выражены по сравнению с ЭВА-каучуками с 40% ВА, что объясняется их более высоким межмолекулярным взаимодействием. Таким образом, рекомендуется изготовление резиновых смесей на основе ЭВА-каучуков проводить при температуре не выше 50 °С.

Результаты испытаний упруго-прочностных свойств резин при растяжении и определения сопротивления раздиру представлены в табл. 1. Для сравнительного анализа также приведены показатели серийной изоляционной резины на основе этиленпропиленового каучука марки СКЭПТ-40Д с применением тех же наполнителей.

Проведенные исследования физико-механических свойств резин показали, что по комплексу физико-механических показателей резины на основе ЭВА-каучуков превосходят серийную резину на

Таблица 1. Физико-механические показатели резин в зависимости от содержания ВА-звеньев в каучуке

Показатели	Серийная резина на основе СКЭПТ	Резины на основе ЭВА с содержанием ВА, % мас.			
		40	45	60	70
Условное напряжение при 100% удлинении, МПа	3.4	9.5±0.81	9.8±0.93	10.2±1.05	11.1±1.19
Условная прочность при растяжении, МПа	7.6	10.4±1.01	11.2±1.16	13.0±1.28	13.9±1.40
Относительное удлинение при разрыве, %	200	160±15	170±15	180±18	190±18
Относительная остаточная деформация, %	15	21±1.8	21±2.1	22±2.1	21±2.0
Сопротивление раздиру, кН/м	24	41±3.6	36±3.9	29±2.1	31±2.8

основе СКЭПТ. Для резин на основе ЭВА-каучуков характерны более высокие прочностные показатели и сопротивление раздиру. Из данных табл. 1 видно, что с увеличением количества звеньев винилацетата в каучуке повышаются значения модуля прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и сни-

жается показатель сопротивления раздиру, что связано с уменьшением кристалличности полимера.

Результаты измерений эксплуатационных характеристик резин представлены в табл. 2. Условия испытаний выбраны в соответствии со стандартами и требованиями, предъявляемыми к оболочкам кабельных изделий.

Таблица 2. Эксплуатационные характеристики резин в зависимости от содержания ВА-звеньев в полимере

Показатели	Серийная резина на основе СКЭПТ	Резины на основе ЭВА с содержанием ВА, % мас.			
		40	45	60	70
Изменение массы резин после пребывания в дист. воде при температуре 70 °С в течение 14 суток, %	1.53	1.0	1.0	1.5	2.1
Изменение массы резин после пребывания в СЖР-2 при температуре 120 °С в течение 18 ч, %	68	50	42	20	13
Морозостойкость по эргометру, °С	-45	-22	-19	-17	-12
Относительное удлинение при разрыве, % при температуре «минус» 15 °С	155	140	120	150	110
Относительное удлинение при разрыве, % при температуре «плюс» 160 °С	100	84	91	80	70
Стойкость резин к воздействию озона при температуре 25 °С в течение 24 ч, концентрации озона 0.025% об. и растяжении 20%	отсутствие трещин	отсутствие трещин	отсутствие трещин	отсутствие трещин	отсутствие трещин

По результатам испытаний выявлено, что с увеличением содержания винилацетатных звеньев в каучуке наблюдается значительное снижение набухания образцов резин после пребывания в СЖР-2, что говорит о более высокой устойчивости резин на основе ЭВА-каучука с содержанием винилацетатных звеньев 60–70% к воздействию углеводородных сред. Показано, что вулканизаты на основе ЭВА-каучука с содержанием ВА 40–45% имеют хорошую влагостойкость, которая с увеличением количества функциональных звеньев винилацетата снижается. Все исследованные вулканизаты не теряют свою работоспособность при повышенных температурах и являются стойкими к воздействию озона. Однако морозостойкость резин на основе ЭВА-каучука хуже,

чем серийной резины на основе этиленпропиленового каучука, а с увеличением содержания ВА-звеньев в каучуке заметно ухудшается.

Для оценки возможности использования этиленвинилацетатных каучуков в качестве основы изоляционного материала были определены электроизоляционные показатели до и после увлажнения в воде. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Выявлено, что у резин на основе ЭВА-каучука электроизоляционные свойства ниже, чем у серийной резины на основе этиленпропиленового каучука, однако остаются на достаточно высоком уровне для применения в электротехнической промышленности. Из данных табл. 3 видно, что с увеличением содержания ВА-звеньев в каучуке происходит ухудше-

Таблица 3. Электроизоляционные характеристики исследованных резин

Показатели	Серийная резина на основе СКЭПТ	Резины на основе ЭВА с содержанием ВА, % мас.			
		40	45	60	70
Электроизоляционные характеристики в исходном состоянии:					
- удельное объемное сопротивление, Ом·м	3.0·10 ¹³	2.4·10 ¹¹	1.1·10 ¹¹	6.8·10 ¹⁰	9.0·10 ¹⁰
- тангенс угла диэлектрических потерь	0.002	0.017	0.014	0.025	0.025
- диэлектрическая проницаемость	2.7	4.2	4.2	5.0	5.4
- электрическая прочность, МВ/м	31.0	33.9	33.9	32.8	31.9
Электроизоляционные характеристики после увлажнения в воде при температуре 20 °С в течение 1 суток:					
- удельное объемное сопротивление, Ом·м	1.2·10 ¹³	2.2·10 ¹¹	9.1·10 ¹⁰	3.1·10 ¹⁰	2.4·10 ¹⁰
- тангенс угла диэлектрических потерь	0.008	0.018	0.020	0.028	0.033
- диэлектрическая проницаемость	2.7	4.4	4.5	5.4	5.8
- электрическая прочность, МВ/м	31.7	33.6	33.7	32.9	31.6

ние электроизоляционных показателей: снижается удельное объемное сопротивление и электрическая прочность, а тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрическая проницаемость возрастают. У вулканизатов с большим содержанием полярных групп показатели удельного объемного сопротивления и тангенса угла диэлектрических потерь после увлажнения ухудшаются в большей степени (в 2–3 раза), чем у резин с содержанием ВА-групп 40–45%.

Выводы

Этиленвинилацетатные каучуки по сравнению с традиционно применяемыми в кабельной промышленности каучуками имеют относительно высокую термостойкость и низкую вязкость, что обеспечивает хорошую технологичность процесса изготовления резиновых смесей и снижает энергозатраты на их переработку.

Показано, что вулканизаты на основе ЭВА-каучуков превосходят серийную резину на основе этиленпропиленового каучука по комплексу упруго-прочностных показателей и сопротивлению раздиру резин, а также характеризуются более высокой масло- и термостойкостью. С увеличением количества винилацетатных звеньев в каучуке повышаются значения модуля прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, сопротивления раздиру резин, снижается набухание в углеводородных средах, однако при этом происходит снижение их морозостойкости.

Список литературы:

1. Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Какшин М.А. Материалы и создание рецептур резиновых смесей для шинной и резинотехнической промышленности. Волгоград: ВолгГТУ, 2008. 321 с.
2. Fischer C., Wrana C., Ismeier J., Taschner F. Crosslink architecture of EVM based vulcanisates and

Установлено, что с увеличением содержания функциональных групп винилацетата в каучуке электрическая прочность практически не изменяется, однако увеличение полярности каучука приводит к заметному снижению удельного объемного сопротивления резин.

Выявлено, что вулканизаты с содержанием ВА-звеньев 40–45% имеют удовлетворительные электроизоляционные характеристики и хорошую влагостойкость, поэтому их целесообразно применять для разработки изоляционных резин, а в качестве основы резин для оболочек кабельных изделий наиболее эффективно использование ЭВА-каучуков с содержанием ВА-звеньев 60–70%, обладающих повышенной масло- и термостойкостью.

Исследование свойств этиленвинилацетатных каучуков и их вулканизатов позволило определить, что наиболее перспективными областями их применения в качестве основы эластомерных материалов, отвечающих международным стандартам и требованиям, являются современные кабельные изделия специального назначения для нефтехимической, авиакосмической, транспортной, судостроительной промышленности и др.

По результатам проведенных исследований ЭВА-каучуков и с учетом особенностей кабельных резин были разработаны рецептуры изоляционных резин для низковольтных кабелей общепромышленного назначения на рабочую температуру до 90 °С, в том числе и в негорючем исполнении, а также резина для оболочек судовых кабелей [11].

References:

1. Kablov V.F., Novopol'tseva O.M., Kakshin M.A. Materials and the creation of formulas for rubber compounds for the tire and rubber industries. Volgograd: VolgGTU Publ., 2008. 321 p. (in Russ.).
2. Fischer C., Wrana C., Ismeier J., Taschner F. Crosslink architecture of EVM based vulcanisates and its

its influence on technologically relevant properties // German Rubber Conference Proceed. Nuremberg, Germany. July 3–6, 2006.

3. Андрей С., Добреску В. Новые исследования этиленвинилацетатных сополимеров, обладающих свойствами эластомеров // Материалы Междунар. конф. по каучуку и резине "Rubber 84". Москва, 4–8 сентября 1984 г. Препринт А23.

4. Григорьян А.Г., Дикерман Д.Н., Пешков И.Б. Технология производства кабелей и проводов с применением пластмасс и резин: учеб. пособие для вузов / Под ред. И.Б. Пешкова. М.: Машиностроение, 2011. 368 с.

5. Henderson A.M. Ethylene-vinyl acetate (EVA) copolymers: a general review // Electrical Insulation Magazine. IEEE. 1993. V. 9(1). P. 30–38.

6. Choi Sung-Seen, Yu Yeon Chung. Considering factors for analysis of crosslink density of poly(ethylene-co-vinyl acetate) compounds // Polymer Testing. 2018. V. 66. P. 312–318.

7. Meisenheimer H. Properties of EVM compound in relation to the vinyl acetate content of the polymer // KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe. 1999. V. 52. № 11. P. 724–733.

8. Хузаханов Р.М., Стоянов О.В., Мухамедзянова Э.Р. Свойства смесей промышленных сэвиленов // Известия высших учебных заведений. Химия и хим. технология. 2002. Т. 45. Вып. 5. С. 103–105.

9. Розенберг М.Э. Полимеры на основе винилацетата. Л.: Химия, 1983. 176 с.

10. Буканов А.М., Волошин В.Н., Звезденков К.А., Сяйлева М.В. Исследования влияния содержания функциональных групп в этиленвинилацетатном каучуке на свойства кабельных резин // Сб. тезисов XVI Междунар. конф. «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты». Алушта, 19–24 сентября 2016. М.: Фирма «Знак», 2016. С. 79–80.

11. Новиков Д.В., Харченко Д.А., Звезденков К.А., Меркулова Т.А., Сяйлева М.В., Левит Р.Г., Волошин В.Н. Полимерная композиция: пат. 2645939 Рос. Федерация. № 2016127208; заявл. 06.07.2016, опубл. 01.03.2018.

Об авторах:

Сяйлева Мария Валерьевна, аспирант кафедры химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

Буканов Александр Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

Звезденков Константин Александрович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией резин и технологии их производства ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности» (111024, Россия, Москва, ш. Энтузиастов, д. 5). E-mail: rubber@vniikp.ru.

Волошин Виктор Николаевич, научный сотрудник лаборатории резин и технологии их производства ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности» (111024, Россия, Москва, ш. Энтузиастов, д. 5).

influence on technologically relevant properties. *German Rubber Conference Proceed.* Nuremberg, Germany. July 3–6, 2006.

3. Andrey S., Dobresku V. New studies of ethylene-vinyl acetate copolymers with elastomer properties. *Proceed. of the Int. Conf. on Rubber "Rubber 84"*. Moscow, September 4–8, 1984. Preprint A23. (in Russ.)

4. Grigor'yan A.G., Dikerman D.N., Peshkov I.B. Technology of production of cables and wires with the use of plastics and rubbers. Moscow: Mashinostroyeniye Publ., 2011. 368 p. (in Russ.)

5. Henderson, A.M. Ethylene-vinyl acetate (EVA) copolymers: a general review. *Electrical Insulation Magazine, IEEE*. 1993; 9(1): 30-38.

6. Choi Sung-Seen, Yu Yeon Chung. Considering factors for analysis of crosslink density of poly(ethylene-co-vinyl acetate) compounds. *Polymer Testing*. 2018; 66: 312-318.

7. Meisenheimer H. Properties of EVM compound in relation to the vinyl acetate content of the polymer. *KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe*. 1999; 52(11): 724-733.

8. Khuzakhanov R.M., Stoyanov O.V., Mukhamedzyanov E.R. Properties of mixtures of industrial sevilenes. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* (Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology). 2002; 45(5): 103-105. (in Russ.)

9. Rosenberg M.E. Polymers based on vinyl acetate. Moscow: Khimiya Publ., 1983. 176 p. (in Russ.)

10. Bukanov A.M., Voloshin V.N., Zvezdenkov K.A., Syayleva M.V. Investigations of the effect of the content of functional groups in ethylene-vinyl acetate rubber on the properties of cable rubbers. *Proceed. Int. Conf. "Electromechanics, Electrotechnologies, Electrotechnical Materials and Components MCEE-2016"*. Alushta, September 19–24, 2016. Moscow: The Company "Znak", 2016. P. 79-80. (in Russ.)

11. Novikov D.V., Kharchenko D.A., Zvezdenkov K.A., Merkulova T.A., Syayleva M.V., Voloshin V.N. Polymer composition: pat. 2645939 Russian Federation. No 2016127208; filled 06.07.2016; publ. 01.03.2018. (in Russ.)

About the authors:

Maria V. Syayleva, Postgraduate Student of the F.F. Koshelev Chair of Chemistry and Processing Technology of Elastomers, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo Pr., Moscow, 119571, Russia).

Alexander M. Bukanov, Ph.D. (Chem.), Professor of the F.F. Koshelev Chair of Chemistry and Processing Technology of Elastomers, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University (86, Vernadskogo Pr., Moscow, 119571, Russia).

Konstantin A. Zvezdenkov, Ph.D. (Chem.), Head of the Laboratory of Rubber Manufacture and Technology, Russian Cable Scientific Research and Development Institute (5, Shosse Entuziastov, Moscow, 111024, Russia).

Viktor V. Voloshin, Researcher of the Laboratory of Rubber Manufacture and Technology, Russian Cable Scientific Research and Development Institute (5, Shosse Entuziastov, Moscow, 111024, Russia).