

УДК 678.046

Е. П. Усс, Н. Р. Прокопчук, Ж. С. Шашок, К. В. Вишнеvский, А. Ю. Клюев
Белорусский государственный технологический университет

ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ И АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА НАПОЛНЕННЫХ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ С КАНИФОЛЕСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ

Исследовано влияние природы и дозировок канифолетерпеностирольномалеиновых аддуктов на реологические, релаксационные и адгезионные свойства наполненных эластомерных композиций. Опытные ингредиенты вводились в наполненные шинные композиции на основе комбинации синтетических полиизопренового и полибутадиенового каучуков в равнозначных дозировках с промышленным повысителем клейкости – канифолью сосновой. Канифолесодержащие добавки получены путем обработки смеси терпентина и стирола малеиновым ангидридом при температуре $190 \pm 5^\circ\text{C}$ с последующей отгонкой остатков непрореагировавших компонентов. Определено, что с увеличением содержания ароматического заместителя в канифолетерпеностирольномалеиновых аддуктах вязкость по Муни резиновых смесей возрастает до 13,0%; при этом повышение дозировки исследуемых добавок практически не оказывает влияния на показатель вязкости (изменение не более 4,5%). Показано, что изменение значений коэффициентов релаксации резиновых смесей с опытными добавками и промышленным повысителем клейкости не окажет существенного влияния на технологический процесс переработки смесей. Для наполненных резиновых смесей с канифолесодержащими добавками установлена тенденция повышения конфекционных свойств с увеличением времени хранения смесей по сравнению с образцом, содержащим канифоль сосновую. При хранении смесей с канифолетерпеностирольномалеиновыми аддуктами в течение 5–7 сут клейкость образцов повышается на 5,7–29,0%, что позволит увеличить временной интервал хранения резиновых смесей.

Ключевые слова: резиновая смесь, канифолетерпеностирольномалеиновый аддукт, вязкость, релаксация, адгезия, клейкость.

Для цитирования: Усс Е. П., Прокопчук Н. Р., Шашок Ж. С., Вишнеvский К. В., Клюев А. Ю. Пластоэластические и адгезионные свойства наполненных резиновых смесей с канифолесодержащими добавками // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2022. № 1 (253). С. 20–26.

E. P. Uss, N. R. Prokopchuk, Zh. S. Shashok, K. V. Vishnevskiy, A. Yu. Klyuev
Belarusian State Technological University

PLASTOELASTIC AND ADHESIVE PROPERTIES OF FILLED RUBBER COMPOUNDS WITH ROSIN-CONTAINING ADDITIVES

The influence of nature and dosages of rosin-terpene-styrene-maleic adducts on the rheological, relaxation and adhesive properties of filled elastomer compositions has been studied. The studied ingredients were introduced into filled tire compositions based on a combination of synthetic polyisoprene and polybutadiene rubbers in equivalent dosages with an industrial tackifier, pine rosin. Rosin-containing additives were obtained by treating a mixture of turpentine and styrene with maleic anhydride at temperature of $90 \pm 5^\circ\text{C}$, followed by distillation of the residues of unreacted components. It has been determined that with an increase in the content of aromatic substituent in rosin-terpenostyrene-maleic adducts, the Mooney viscosity of rubber compounds increases to 13.0%; at the same time, an increase in the dosage of the studied additives has practically no effect on the viscosity index (the change is not more than 4.5%). It was shown that a change in the values of the relaxation coefficients of rubber mixtures with experimental additives and an industrial tackifier will not have a significant impact on the technological process of processing mixtures. For filled rubber compounds with rosin-containing additives, there is a tendency to increase the confection properties with an increase in the storage time of the mixtures in comparison with the sample containing pine rosin. When storing mixtures with rosin-terpene-styrene-maleic adducts for 5–7 days, the tack of the samples increases by 5.7–29.0%, which will increase the time interval for storing rubber compounds.

Key words: rubber compound, rosin-terpene-styrene-maleic adduct, viscosity, relaxation, adhesion, tack.

For citation: Uss E. P., Prokopchuk N. R., Shashok Zh. S., Vishnevskiy K. V., Klyuev A. Yu. Plastoe-
lastic and adhesive properties of filled rubber compounds with rosin-containing additives. *Proceedings of
BSTU, issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology*, 2022, no. 1 (253), pp. 20–26 (In Russian).

Введение. Клейкость – способность полимерных материалов одинакового или разного состава соединяться друг с другом непосредственно после установления контакта между ними в течение короткого времени под небольшим давлением. В производстве многослойных резиновых изделий клейкость является одним из важнейших показателей для проведения технологических операций сборки, обеспечивающих получение монолитных изделий с высокими эксплуатационными характеристиками. В шинной промышленности оптимальным считается диапазон клейкости полуфабрикатов, поступающих на сборку в пределах 200–350 кПа. Чрезмерно высокая клейкость затрудняет переработку резиновых смесей из-за прилипания к перерабатывающему оборудованию, создает трудности в удалении и перемещении детали в процессах сборки изделий. Кроме того, материалы с большой клейкостью могут вызывать дефекты в виде воздушных включений между отдельными частями шин. Недостаточная клейкость полуфабрикатов не позволяет провести качественную сборку изделий и может приводить к смещению деталей в процессе формирования шины [1–6].

В большинстве случаев синтетические каучуки имеют недостаточную клейкость, что вызывает необходимость введения в резиновые смеси специальных ингредиентов – повысителей клейкости [1]. Основной задачей повысителей является обеспечение необходимого уровня адгезионных свойств резиновых смесей при их хранении и сборке деталей, при этом они не должны оказывать существенного влияния на кинетику процесса вулканизации и свойства резины. В промышленности в качестве повысителей клейкости в основном применяют природные смолы на основе лесохимического сырья (канифоль и ее производные), углеводородные и алкилфенольные смолы [1–3].

Канифоль сосновая и ее производные широко используются в эластомерных композициях для регулирования их клейкости и пластоэластических свойств [2, 3]. К недостаткам природной канифоли следует отнести нестабильность состава, связанную со временем и местом сбора сырья-живицы, сложность хранения и дозирования [1, 3]. В связи с этим разработка заменителей канифоли на основе лесо- и нефтехимического сырья является актуальным направлением научных исследований, позволяющим расширить ассортимент применяемых повысителей клейкости и обеспечить необходимые технологические и технические свойства эластомерных композиций.

Основная часть. Целью работы являлось исследование влияния природы и дозировок

канифолетерпеностирольноmaleиновых аддуктов (КТСМА) на реологические, релаксационные и адгезионные свойства наполненных эластомерных композиций.

Объектами исследования являлись наполненные эластомерные композиции на основе комбинации синтетических полиизопренового (СКИ-3) и полибутадиенового (СКД) каучуков, предназначенных для изготовления боковины легковых шин. Для оценки влияния новых лесохимических продуктов на технологические свойства промышленных эластомерных композиций использовалась смесь, не содержащая пластифицирующих добавок и повысителей клейкости. В эластомерные композиции вводили канифолетерпеностирольноmaleиновые аддукты с различными физико-химическими характеристиками в дозировках 1,0 и 2,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука. Добавки КТСМА были получены путем обработки смеси терпентина и стирола maleиновым ангидридом при температуре $190 \pm 5^\circ\text{C}$ с последующей отгонкой остатков непрореагировавших компонентов (скипидара, стирола и maleинового ангидрида). Для получения добавок использована смесь терпентина и стирола при соотношении соответственно, мас. %: 95:5–70:30, а maleиновый ангидрид – в количестве 46–60% от массы реакционной смеси. Полученные аддукты представляют собой твердые стекловидные вещества светло-желтого цвета, растворимые в спиртах, эфирах и ацетоне. Состав реакционной смеси и физико-химические характеристики добавок приведены в табл. 1 [7–8].

Таблица 1

Состав реакционной смеси и характеристики добавок КТСМА

Шифр добавки	Состав реакционной смеси, мас. %		Кислотное число, мг КОН/г	Температура размягчения, °С
	терпентин: стирол	maleиновый ангидрид		
КТСМА 95:5	95:5	46,0	276	84
КТСМА 90:10	90:10	50,0	280	88
КТСМА 80:20	80:20	55,0	288	93
КТСМА 70:30	70:30	60,0	296	97

В качестве образца сравнения использовали наполненные смеси, содержащие канифоль сосновую в равноценных дозировках с КТСМА.

Определение вязкости по Муни и релаксации напряжений сдвига наполненных резиновых смесей проводили на роторном вискозиметре MV 2000 в соответствии с ГОСТ Р 54552–2011 [9]. Метод

состоял в измерении крутящего момента при сдвиговом течении материала с постоянной скоростью в тонком кольцевом слое. Вязкость по Муни оценивали по истечении 4 мин от начала вращения ротора при температуре $100 \pm 1^\circ\text{C}$. Определение релаксации напряжения по Муни осуществляли сразу же после измерения вязкости смеси. Для этого в течение минуты после остановки ротора фиксировали уменьшение крутящего момента как функцию времени. На основании полученных результатов рассчитывали коэффициент релаксации напряжения. Определение конфекционной клейкости резиновых смесей с лесохимическими продуктами осуществлялось с помощью прибора Tel-Tak. Метод заключался в измерении условного напряжения, необходимого для разделения двух идентичных образцов, изготовленных из резиновой смеси, после предварительного контакта в течение 30 с при контактной нагрузке 16 унций и скорости деформирования 25,4 мм/мин [10]. Оценку влияния добавок на степень сохранения конфекционных свойств резиновых смесей проводили после их хранения в течение 3, 5 и 7 сут.

Вязкость по Муни каучуков и резиновых смесей является одной из важнейших характеристик их реологических свойств, позволяющих оценивать способность к переработке. Для полного установления всех особенностей переработки резиновых смесей широко применяются релаксационные показатели, характеризующие вязкоупругие свойства каучуков и смесей [11–13].

Результаты определения пластоэластических свойств наполненных резиновых смесей на основе комбинации каучуков общего назначения с исследуемыми добавками КТСМА представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Пластоэластические свойства наполненных
резиновых смесей с КТСМА**

Шифр добавки	Дозировка добавки, мас. ч.	Вязкость по Муни, усл. ед. Муни	Коэффициент релаксации, %	$\text{tg}\alpha$
Канифоль	1,0	55,4	63,36	-0,483
	2,0	59,6	61,24	-0,477
КТСМА 95:5	1,0	55,4	62,09	-0,476
	2,0	57,9	61,83	-0,476
КТСМА 90:10	1,0	60,1	62,73	-0,493
	2,0	60,2	61,96	-0,484
КТСМА 80:20	1,0	62,2	60,61	-0,485
	2,0	61,7	60,62	-0,488
КТСМА 70:30	1,0	62,6	60,22	-0,484
	2,0	63,0	60,48	-0,478

Установлено, что замена промышленного повысителя клейкости канифоли сосновой на канифолетерпеностирольно-малеиновые аддукты приводит к некоторому увеличению вязкости по Муни наполненных резиновых смесей на основе комбинации каучуков общего назначения. Исключение составляет введение в исследуемые смеси образца КТСМА 95:5, в данном случае значения показателя вязкости сохраняются на уровне образца сравнения независимо от содержания добавки.

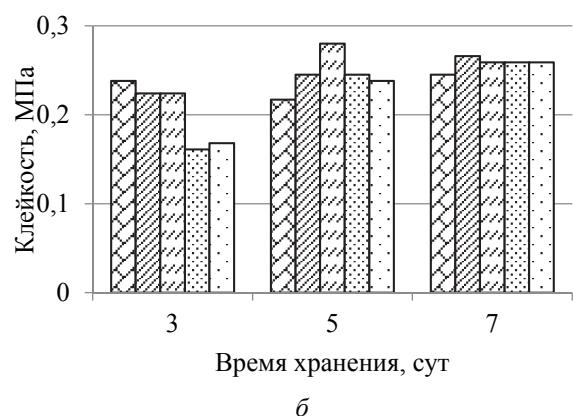
Наибольшее увеличение (на 13,0%) вязкости по Муни выявлено для смесей, содержащих КТСМА 70:30 в дозировке 1,0 мас. ч. Необходимо отметить, что повышение дозировки опытных добавок практически не влияет на показатель вязкости резиновых смесей в отличие от образца сравнения. Так, с увеличением в составе наполненных смесей содержания канифоли сосновой от 1,0 до 2,0 мас. ч. их вязкость по Муни повышается на 7,6%, в то же время для образцов с КТСМА изменение вязкости составляет $\pm 4,5\%$. Характер изменения вязкости по Муни наполненных эластомерных композиций при введении добавок КТСМА, вероятно, обусловлен их химическим составом, зависящим от количественного содержания компонента терпентин – стирол, что оказывает непосредственное влияние на течение резиновой смеси под действием приложенной нагрузки.

Определено, что изменение значений коэффициентов релаксации наполненных резиновых смесей, содержащих как опытные добавки, так и канифоль сосновую независимо от их дозировки, не превышает 2,1%. При этом с увеличением содержания исследуемых добавок в составе резиновой смеси скорость протекания релаксационных процессов в эластомерной матрице сохраняется на уровне образца сравнения.

Таким образом, выявлено, что введение канифолетерпеностирольно-малеиновых аддуктов в дозировках 1,0 и 2,0 мас. ч. в наполненные эластомерные композиции приводит к некоторому повышению их вязкости по Муни, что обусловлено структурно-групповым составом исследуемых добавок, оказывающим влияние на межмолекулярное взаимодействие в резиновой смеси. Показано, что релаксационные показатели находятся на уровне образца сравнения и существенно не зависят от качественного и количественного содержания канифолесодержащих аддуктов.

Хранение резиновых смесей и полуфабрикатов из них для изготовления многослойных изделий может приводить к снижению их конфекционных свойств вследствие изменения свойств поверхности (под действием процессов окисления, миграции компонентов, осаждения

производственной пыли и др.) [14]. Результаты изменения клейкости образцов наполненных резиновых смесей в процессе их хранения в течение 3, 5 и 7 сут при времени контакта 30 с и $23 \pm 2^\circ\text{C}$ представлены на рисунке.



- ▨ Канифоль
- ▩ КТСМА 95:5
- ▬ КТСМА 90:10
- ▮ КТСМА 80:20
- ▤ КТСМА 70:30

Изменение клейкости смесей, содержащих добавки в количествах 1,0 (а) и 2,0 мас. ч. (б), от времени их хранения

Из данных, представленных на рисунке, видно, что конфекционная клейкость наполненных смесей существенно зависит от качественного и количественного содержания вводимых добавок. Применение канифоли в дозировке 1,0 мас. ч. приводит к снижению показателя клейкости при увеличении времени хранения резиновых смесей до 7 сут от 0,245 до 0,217 МПа. В то же время установлен экстремальный характер изменения клейкости от времени хранения резиновых смесей, содержащих промышленный повыситель клейкости в дозировке 2,0 мас. ч. Точка минимума наблюдается на пятые сутки хранения смесей.

Определено, что введение КТСМА 95:5 в дозировке 1,0 мас. ч. приводит к существенному снижению показателя клейкости смесей при их хранении в течение 3 и 5 сут по сравнению с образцом, содержащим канифоль в равноценной

дозировке. Однако при дальнейшем увеличении времени хранения смесей до 7 сут их клейкость с КТСМА 95:5 повышается на 9,7%. Следует отметить, что с увеличением дозировки указанной добавки до 2,0 мас. ч. в составе наполненных смесей и времени их хранения клейкость смесей монотонно возрастает до 9,4% на пятые сутки и до 18,8% на седьмые сутки. При этом клейкость образцов с КТСМА 95:5 выше на 8,6–12,9% по сравнению с образцом сравнения.

При использовании добавок КТСМА с соотношением терпентин:стирол, равным 90:10, 80:20 и 70:30, в дозировке 1,0 мас. ч. отмечено наибольшее увеличение значений показателя клейкости резиновых смесей после их хранения в течение 5 сут. В данном случае клейкость возрастает на 9,7–19,4% по сравнению с образцом с канифолью при одинаковом их содержании. Аналогичная тенденция сохраняется и в случае введения КТСМА 90:10 в дозировке 2,0 мас. ч. При этом выявлен существенный рост (на 29,0%) клейкости смесей, содержащих указанную добавку, после их вылежки в течение 5 сут. Следует отметить, что с повышением дозировки добавок КТСМА 80:20 и 70:30 до 2,0 мас. ч. клейкость смесей только на третьи сутки хранения значительно ниже, чем у образца сравнения. Однако при дальнейшем хранении смесей до 7 сут их клейкость возрастает до 0,259 МПа, в то время как у образца с канифолью – до 0,245 МПа.

Таким образом, установлено, что природа и дозировка добавок КТСМА оказывают существенное влияние на конфекционную клейкость наполненных резиновых смесей в процессе их длительного хранения, что может оказывать влияние на монолитность многослойных резиновых изделий. Определено, что введение КТСМА в дозировке 2,0 мас. ч. в наполненные смеси обеспечивает их более высокие показатели клейкости и большую стабильность смесей в процессе их хранения по сравнению с образцом, содержащим промышленный повыситель клейкости. Показано, что клейкость резиновых смесей с КТСМА в дозировке 2,0 мас. ч. на седьмые сутки хранения составляет 0,259–0,266 МПа, а для образца сравнения при тех же условиях – 0,245 МПа. Изменение конфекционной клейкости наполненных смесей с КТСМА может быть обусловлено химическим составом вводимых добавок, степенью растворимости их в полимерной матрице, что оказывает влияние на аутоадгезионные взаимодействия склеиваемых поверхностей [15].

Заключение. Установлены особенности влияния состава и дозировки новых лесохимических продуктов на основе канифолетерпеностирольно-малеиновых аддуктов на реологические, релаксационные и адгезионные свойства

наполненных эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения. Определено, что с увеличением содержания ароматического заместителя в КТСМА вязкость по Муни наполненных смесей возрастает до 13,0%. При этом повышение дозировки добавок КТСМА от 1,0 до 2,0 мас. ч. практически не оказывает влияния на показатель вязкости (изменение не более 4,5%). При этом изменение значений коэффициентов релаксации резиновых смесей с добавками канифоли и КТСМА не превышает 2,1%. Для наполненных резиновых смесей с канифолесодержащими добавками выявлена тенденция повышения конфекционных свойств с увеличением времени хранения смесей по сравнению с

образцом, содержащим канифоль сосновую. Резиновые смеси с добавками КТСМА при хранении в течение 5–7 сут обладают большей (на 5,7–29,0%) клейкостью по сравнению с образцами, содержащими канифоль, что позволит увеличить временной интервал хранения резиновых смесей.

Работа выполнялась по заданию 4.2 Государственной программы научных исследований «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия», подпрограммы «Создание новых наукоемких отечественных материалов различного функционального назначения на основе лесохимического и растительного сырья».

Список литературы

1. Донцов А. А., Канаузова А. А., Литвинова Т. В. Каучук-олигомерные композиции в производстве резиновых изделий. М.: Химия, 1986. 216 с.
2. Гришин Б. С. Материалы резиновой промышленности. В 2-х ч. Ч. 1. Казань: КГТУ, 2010. 506 с.
3. Пичугин А. М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. М.: Машиностроение, 2008. 383 с.
4. Basak G. C., Bandyopadhyay A., Bhowmick A. K. The role of tackifiers on the auto-adhesion behavior of EPDM rubber // *J. Mater. Sci.* 2012. Vol. 47. P. 3166–3176.
5. Awaja F. Autohesion of polymers // *Polymer.* 2016. Vol. 97. P. 387–407.
6. Шарипов Э. Н. Технология получения и применения малеинизированных полупродуктов синтеза изопрена для улучшения конфекционных свойств шинных резиновых смесей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2009. 18 с.
7. Получение и применение малеиновых аддуктов на основе терпентина / А. Ю. Ключев [и др.] // *Полимерные материалы и технологии.* 2018. Т. 4, № 1. С. 75–81.
8. Получение, изучение состава и свойств канифолетерпеностирольномалеиновых смол / А. Ю. Ключев [и др.] // *Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология.* 2020. № 2. С. 5–12.
9. Каучуки и резиновые смеси. Определение вязкости, релаксации напряжения и характеристик подвулканизации с использованием вискозиметра Муни: ГОСТ Р 54552–2011. М.: Стандартинформ, 2013. 22 с.
10. Дик Дж. Технология резины: рецептуростроение и испытания / под ред. Дж. Дика; пер. с англ. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
11. Аверко-Антонович И. Ю., Бикмуллин Р. Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров. Казань: КГТУ, 2002. 604 с.
12. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов. М.: Истек, 2009. 504 с.
13. Шутилин Ю. Ф. Справочное пособие по свойствам и применению эластомеров. Воронеж: Воронеж. гос. тех. акад., 2003. 871 с.
14. Конфекционная клейкость наполненных резиновых смесей с нефтеполимерными смолами / С. А. Перфильева [и др.] // *Клеи. Герметики. Технологии.* 2020. № 3. С. 21–26.
15. Жовнер Н. А., Чиркова Н. В., Хлебов Г. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров. Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. 276 с.

References

1. Dontsov A. A., Kanauzova A. A., Litvinova T. V. *Kauchuk-oligomernyye kompozitsii v proizvodstve rezinovykh izdeliy* [Rubber-oligomeric compositions in the production of rubber products]. Moscow, Khimiya Publ., 1986. 216 p. (In Russian).
2. Grishin B. S. *Materialy rezinovoy promyshlennosti. Chast' 1* [Materials of the rubber industry. Part 1]. Kazan, KSTU Publ., 2010. 506 p. (In Russian).
3. Pichugin A. M. *Materialovedcheskiye aspekty sozdaniya shinnykh rezin* [Material science aspects of creation of tire rubber]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2008. 383 p. (In Russian).

4. Basak G. C., Bandyopadhyay A., Bhowmick A. K. The role of tackifiers on the auto-adhesion behavior of EPDM rubber. *J. Mater. Sci.*, 2012, vol. 47, pp. 3166–3176.
5. Awaja F. Autohesion of polymers. *Polymer*, 2016, vol. 97, pp. 387–407.
6. Sharipov E. N. *Tekhnologiya polucheniya i primeneniya maleinizirovannykh poluproduktov sinteza izoprena dlya uluchsheniya konfektsionnykh svoystv shinnykh rezinovykh smesey. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk* [The technology of obtaining and using maleicized semi-products of isoprene synthesis for improving the confection properties of tire rubber compounds. Abstract of thesis PhD (Engineering)]. Kazan, 2009. 18 p. (In Russian).
7. Klyuev A. Yu., Prokopchuk N. R., Latyshevich I. A., Gapankova E. I., Kozlov N. G. Preparation and application of maleic adducts based on turpentine. *Polimernyye materialy i tekhnologii* [Polymer materials and technologies], 2018, vol. 4, no. 1, pp. 75–81 (In Russian).
8. Klyuev A. Yu., Prokopchuk N. R., Latyshevich I. A., Gapankova E. I., Skakovsky E. D., Tychinskaya L. Yu., Lysenko G. N., Ogorodnikova M. M. Preparation, study of the composition and properties of rosin-terpene-styrene-maleic resins. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 2, Chemical Technologies, Biotechnologies, Geoecology, 2020, no. 2, pp. 5–12 (In Russian).
9. GOST R 54552–2011. Rubbers and rubber compounds. Determination of viscosity, stress relaxation and scorch characteristics using a Mooney viscometer. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 22 p. (In Russian).
10. Dick J. S. Rubber Technology. Compounding and Testing for Performance. Munich, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. 567 p. (Russ. ed.: Dik Dzh. *Tekhnologiya reziny: retsepturostroyeniye i ispytaniya*. St. Petersburg, Nauchnyye osnovy i tekhnologii Publ., 2010. 620 p.).
11. Averko-Antonovich I. Yu., Bikmullin R. T. *Metody issledovaniya struktury i svoystv polimerov* [Methods for studying the structure and properties of polymers]. Kazan', KSTU Publ., 2002. 604 p. (In Russian).
12. Kornev A. E., Bukanov A. M., Sheverdyayev O. N. *Tekhnologiya elastomernykh materialov* [Technology elastomeric materials]. Moscow, Isterik Publ., 2009. 504 p. (In Russian).
13. Shutilin Yu. F. *Spravochnoye posobiye po svoystvam i primeneniyu elastomerov* [Handbook on the properties and use of elastomers]. Voronezh, Voronezhskaya gosudarstvennaya tekhnicheskaya akademiya Publ., 2003. 871 p. (In Russian).
14. Perfilyeva S. A., Shashok Zh. S., Uss E. P., Prokopchuk N. R., Yusevich A. I., Kolpakova M. V., Rusanova S. N., Stoyanov O. V. Confection stickiness of filled rubber compounds with petroleum polymer resins. *Klei. Germetiki. Tekhnologii* [Adhesives. Sealants. Technologies], 2020, no. 3, pp. 21–26 (In Russian).
15. Zhovner N. A., Chirkova N. V., Khlebov G. A. *Struktura i svoystva materialov na osnove elastomerov* [Structure and properties of materials based on elastomers]. Omsk, Filial RosZITLP Publ., 2003. 276 p.

Информация об авторах

Усс Елена Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: uss@belstu.by

Прокопчук Николай Романович – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nrprok@gmail.com

Шашок Жанна Станиславовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: shashok@belstu.by

Вишнеvский Константин Викторович – кандидат технических наук, доцент, директор Республиканского научно-практического центра нефтехимических технологий и производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: vik@belstu.by

Клюев Андрей Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: andrey_kluev_bstu@mail.ru

Information about the authors

Uss Elena Petrovna – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: uss@belstu.by

Prokopchuk Nikolay Romanovich – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nrprok@gmail.com

Shashok Zhanna Stanislavovna – DSc (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shashok@belstu.by

Vishnevskiy Konstantin Viktorovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Republican Scientific and Practical Center for Petrochemical Technologies and Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vik@belstu.by

Klyuev Andrey Yurievich – DSc (Engineering), Professor, the Department of Technology of Woodworking Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: andrey_kluev_bstu@mail.ru

Поступила 29.11.2021