

Композитные многофункциональные покрытия транспортной техники на основе синтетических каучуков

А.В. Купряшов^а, И.Я. Шестаков^б, Ц.Г. Надараиа^с

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва, пр. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, Россия

^а kupryashovandrey@yandex.ru, ^б yakovlevish@mail.ru, ^с svoy_2010@list.ru

^а <https://orcid.org/0000-0003-1296-4942>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-7759-5159>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-9795-5385>

Статья поступила 01.02.2022, принята 18.02.2022

Данная работа посвящена анализу современных исследований и разработок в сфере многофункциональной защиты машин и оборудования различных транспортных систем с целью выявления прогрессивных способов защиты данных видов технических средств и объектов от агрессивных внешних воздействий. Постоянная потребность в защите транспортной техники от внешних агрессивных факторов определяет непрерывный поиск производственных или технологических решений в создании многофункциональных материалов и покрытий. В статье представлен информационно-аналитический обзор мирового опыта использования композиционного многофункционального покрытия на основе сополимерных синтетических каучуков специального назначения для транспортной техники в качестве эффективного средства от вредного наружного воздействия. Представлен анализ состава композиций современных защитных покрытий транспортных систем полифункционального назначения, проанализированы мировые технические решения внешней защиты различных транспортных объектов. Рассмотрены высокополимерные соединения, получаемые из этил- и бутилакрилата с акрилонитрилом, пропилен оксида, эпихлоргидрина, оксид этилена, бутадиен-пропилена, бутадиен-нитрила, полиорганофосфазена, которые сополимеризуют для получения слоев защитных покрытий. Результаты проведенного исследования будут полезны при разработке новых составов и структур наружной защиты различных транспортных средств от внешних негативных факторов.

Ключевые слова: многофункциональное покрытие; теплозащита; вибропоглощение; коррозионная стойкость; синтетический каучук.

Composite multifunctional coatings for transport equipment based on synthetic rubbers

A.V. Kupryashov^а, I.Ya. Shestakov^б, C.G. Nadaraia^с

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 31, Krasnoyarsky Rabochy Pros., Krasnoyarsk, Russia

^а kupryashovandrey@yandex.ru, ^б yakovlevish@mail.ru, ^с svoy_2010@list.ru

^а <https://orcid.org/0000-0003-1296-4942>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-7759-5159>, ^с <https://orcid.org/0000-0002-9795-5385>

Received 01.02.2022, accepted 18.02.2022

This work is devoted to the study of modern scientific research and development in the field of multifunctional protection of machines and equipment of various transport systems in order to identify progressive ways of protecting these types of technical means and objects from aggressive external influences. The constant need to protect transport equipment from external aggressive factors determines the continuous search for technological and production solutions in the creation of multifunctional materials and coatings. The article presents an information and analytical review of the world experience of using a composite multifunctional coating based on copolymer synthetic rubbers for special purposes in transport equipment, as an effective remedy for harmful external disturbance. The structure of the compositions of modern protective coatings for multifunctional transport systems is analyzed, the world's effective technical solutions for external protection of various transport facilities are studied. The article discusses high-polymer compounds obtained from ethyl and butyl acrylate with acrylonitrile, propylene oxide, epichlorohydrin, ethylene oxide, butadiene propylene, butadiene nitrile, polyorganophosphazene, which are copolymerized to obtain layers of protective coatings. The results of the study will be useful in the development of new compositions and structures for external protection of various vehicles from external negative factors.

Keywords: multifunctional coating; heat protection; vibration absorption; corrosion resistance; synthetic rubber.

Введение. Современная транспортная техника применяется не только во всех аспектах жизни человека, но и активно используется за пределами атмосферы Земли. Автоматические станции, мобильные транспортные аппараты и аэростатные зонды стали неотъемлемой

частью динамично развивающихся программ исследования Марса, Венеры и Луны [1], где условия эксплуатации значительно более жесткие. Поэтому для обеспечения надежной эксплуатации транспортных систем различного назначения следует учитывать все факторы,

оказывающие влияние на поведение материалов и конструкций из них, а также необходимо предпринимать меры по снижению или исключению отрицательного влияния внешней агрессивной среды [2–4]. В связи с этим создание внешнего материала для защиты транспортных средств, обладающего широким спектром условий по отражению и поглощению внешних агрессивных факторов, является актуальной задачей в современном машиностроении.

В транспортной технике основное назначение многофункционального покрытия состоит в теплозащите, защите от коррозии и эрозии, поглощении вибрации, экранировании от вредных химических веществ. К второстепенным функциям относятся увеличение устойчивости, прочности, жесткости и иногда динамики как отдельных внешних частей конструкции, так и всего изделия в целом [5–8].

Современное многофункциональное покрытие транспортной техники состоит из низко- или высокомолекулярной полимерной основы, наполнителя (основной компонент), отвердителя (катализатор) и вспомогательных веществ.

С целью систематизации и углубления знаний о способах защиты транспортной техники от внешнего негативного воздействия проведен аналитический обзор научно-технической литературы, посвященной заявленной проблематике. Мультифункциональные покрытия на основе сополимерных синтетических каучуков специального назначения представляют собой самую прогрессивно развивающуюся группу используемых сегодня в транспортной технике материалов для защиты от внешнего агрессивного фактора.

Многофункциональные покрытия на базе акрилатного каучука. Акрилатные каучуки получают сополимеризацией эфиров акриловой кислоты с различными непредельными соединениями. В транспортной технике наиболее распространены акрилатные каучуки с сополимерами этил- и бутилакрилата с акрилонитрилом (марка БАК); с третьим акрилатом — 2-хлорэтилакрилатом (марка БАКХ); с этоксиэтилакрилатом — марка ЭАКХ. Они используются для получения внешних слоев многофункционального назначения: повышение огнестойкости [9; 10], защита от коррозии и эрозии [11], увеличение прочности [12], защита от внешнего химического воздействия [13; 14]. Положительно зарекомендовало себя многофункциональное покрытие [15], состоящее из 45–51 масс. ч бутилакрилата; 22–27 масс. ч акрилонитрила; 22–27 масс. ч бутилметакрилата; 0,4–1,0 масс. ч акриловой кислоты; 1,0–1,6 масс. ч 2-гидроксиэтилметакрилата; 0,2–0,5 масс. ч сульфата бария; 0,8–1,2 масс. ч бикарбоната натрия и 1,0–2,0 масс. ч поливинилового спирта. Приготовленный состав методом напыления наносится на корпус автомобиля [16]. Полученная многослойная защита обладает полезными свойствами — малая толщина, меньшей массой и термостойкостью, достаточной прочностью на растяжение и отсутствием отслаивания, при этом в составе нет органического растворителя, что свидетельствует об экологичности данного покрытия.

Мультифункциональные покрытия на основе эпоксидных каучуков. Эпоксидный каучук — это

полимер органических оксидов. Его получают путем сополимеризации с пропиленоксидом — каучук марки СКПО, эпихлоргидрином — каучук марки СКЭХГ, оксидом этилена — каучук марки СКЭХГОЭ [17]. Данные марки каучуков используются как полимерная матрица покрытий, предназначенных для поглощения вибрации, гидро- и звукоизоляции автомобильной техники [18], защиты от коррозии и теплоизоляции дорожной техники [19], поглощения тепловой энергии на длинных волнах и инфракрасного излучения корпуса кабины грузового транспорта [20].

Особый интерес вызывает автомобильное противударное покрытие [21]. Основные компоненты этого специального покрытия: эпоксидный каучук, полученный сополимеризацией с пропиленоксидом; дициклопентадиен; этилиденнорборнен; нафтенное масло; тальк; сланцевая пыль; графит; слюдяной асбест. Способ приготовления покрытия включает следующие этапы: равномерное измельчение твердых компонентов, смешивание, распыление и атмосферная сушка. Данное специальное покрытие днища автомобильного транспорта используется для обеспечения гашения вибрационного шума в сочетании с хорошей защитой от коррозии и скалывания от удара камня, а также хорошей герметизацией сварных стыков. Такое покрытие зарекомендовало себя у европейских автопроизводителей, так как имеет хорошую температурную стойкость и устойчивость к атмосферным воздействиям.

Альтернативные каучуки (с четким чередованием мономерных звеньев) как основа многофункционального покрытия. В автотранспортной технике полифункциональные покрытия на основе альтернативных каучуков наиболее распространены сополимеры бутадиена с пропиленом (марка СКБП-А) и бутадиенитрильный марки СКН-А. Альтернативный каучук является неотъемлемой частью полимероматричных композиционных материалов [22], используемых для защиты узлов и агрегатов транспортных систем, работающих в условиях аэродинамических и газодинамических тепловых потоков [23], в частности для трубопроводных сетей систем теплоснабжения и воздухопроводов системы горячего воздуха и вентиляции [24]. По составу данные энергосберегающие покрытия схожи [25], они состоят из эпоксидной смолы марки ЭД-20; отвердителя — диэтилентриамин ДЭТА (отвердитель на основе алифатических аминов); альтернативного каучука, содержащего концевые карбоксильные группы; наполнителя — керамические микросферы размером 40–120 мкм; мусковитовой слюды.

Технический результат заключается в малой удельной массе защитного покрытия [26], высокой водонепроницаемости, прочности и эластичности, улучшенных теплоизоляционных свойствах, огнестойкости, химической и атмосферостойкости [27], повышенной стойкости к окислению и достаточной термической стойкости [28].

Полиорганофосфазеновые каучуки как основа мультифункциональных аэрокосмических покрытий. Неорганические по природе полифосфазены имеют свойства органических соединений, а введение в состав заместителей с различными функциональными группами позволяет получать продукты с заданными

уникальными свойствами [29]. Фосфазены — это соединения, содержащие двойную связь «фосфор – азот». К фосфазенам относят соединения как пентавалентного фосфора общей формулы $R_3P = NR$, так и производные трехвалентного фосфора $RP = NR$ [30]. В транспортной промышленности сегодня активно применяются полиорганофосфазеновые каучуки марок Фосфазен-ФТ и Фосфазен-Э.

Благодаря способности к осаждению композиционной основы в виде тонкой пленки, в роботостроении и робототехнике США полиорганофосфазеновые каучуки применяются в тканевой инженерии в качестве биосовместимой композиции [31]. Такие пленки толщиной от 0,3 до 1,5 мкм [32] обладают высокой прочностью.

Интересно многофункциональное автомобильное покрытие [33], содержащее фосфазеновый скелет, которое отверждается за короткое время, без запаха из-за катализатора, без вредных выбросов и имеющее достаточные твердость, относительное удлинение при сдвиге и прочность на разрыв после отверждения.

Многофункциональные покрытия на базе полиорганофосфазеновых каучуков активно используются в производстве сельскохозяйственной техники. Такие

покрытия получают методом газопламенного напыления. Помимо каучука марки Фосфазен-Э, композиция покрытия содержит эпоксидную смолу, модифицированную диоксидом кремния [34]. Получаемое покрытие защищает агрокультурную технику от вредного влияния азотных, калийных и фосфорных удобрений, а также является надежной огнезащитой и теплорегулирующим экраном.

Заключение. Главным достоинством использования сополимерных синтетических каучуков специального назначения в качестве полимерной основы многофункциональных покрытий транспортной техники является то, что они, как правило, не токсичны, не взрывоопасны, огнестойки и биологически инертны.

Представленные результаты информационно-аналитического исследования могут быть использованы при разработке новых составов и структур внешней защиты различного вида транспортных систем от внешнего негативного воздействия. Задача по разработке нового состава мультифункционального покрытия транспортных объектов с расширенным комплексом специфических свойств является актуальной и имеет важное практическое значение.

Литература

1. Морозова З.В., Сальников А.В. Разработка защитного покрытия конструкций с повышенной коррозионной стойкостью и устойчивостью к обледенению // Ресурсы Европейского Севера. Технологии и экономика освоения. 2018. № 3 (13). С. 18-30.
2. Купряшов А.В., Шестаков И.Я. Использование углеродного наполнителя, в качестве основного компонента многофункциональных материалов и покрытий в ракетно-космической технике // Упрочняющие технологии и покрытия. 2021. Т. 17. № 6 (198). С. 282-288.
3. Laurenzi S., Clausi M., Zaccardi F., Curt U., Santonicola M.G. Spray coating process of MWCNT / epoxy nanocomposite films for aerospace applications: Effects of process parameters on surface electrical properties // Acta Astronautica. 2019. V. 159. P. 429-439.
4. Brown S., Lengaigne J., Sharifi N., Pugh M., Moreau C., Dolatabadi A., Martinu L., Klemberg-Sapieha J.E. Durability of superhydrophobic duplex coating systems for aerospace applications // Surface and Coatings Technology. 2020. V. 401. Article number 126249.
5. Delfini A., Pastore R., Santoni F., Piergentili F., Albano M., Alifanov O., Budnik S., Morzhukhina A.V., Nenarokomov A.V., Titov D.M., Marchetti M. Thermal analysis of advanced plate structures based on ceramic coating on carbon/carbon substrates for aerospace Re-Entry Re-Useable systems // Acta Astronautica. 2021. V. 183. P. 153-161.
6. Uyanna O., Najafi H., Rajendra B. An inverse method for real-time estimation of aerothermal heating for thermal protection systems of space vehicles // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2021. V. 177. Article number 121482.
7. Yu C., Fu L., Xiao H., Lv Q., Gao B. Effect of carbon content on the microstructure and bonding properties of hot-rolling pure titanium clad carbon steel plates // Materials Science and Engineering: A. 2021. V. 820. Article number 141572.
8. Attarzadeh R., Dolatabadi A. Isephobic performance of superhydrophobic coatings: A numerical analysis // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. V. 136. P. 1327-1337.
9. Rajesh P.S.M., Delaroa C., Gagné M., Klemberg-Sapieha J. E., Sirois F., Therriault D. Continuous and selective-area coating of silver on fiber-reinforced polymer composites for aerospace applications // Materials today communications. 2019. V. 18. P. 206-212.
10. Ен Ю.Ч., Чжон Ч.Е., Пиль Ю.Ч. Способ изготовления акрилового клея, используемого для обработки рулонного экрана, водорастворимых огнезащитных смоляных композиций и способ их получения: пат. Республика Корея № 20110060582 (А), МПК С 09 J 125/06, С 09 J 4/02; № KR20090117203; заявл. 30.11.2009; опубл. 08.06.2011.
11. Вэй Ю. Водорастворимое антикоррозийное покрытие для стали и способ его получения: пат. КНР № 105925098 (А), МПК С 09 D 133/10, С 09 D 5/08; № CN201610465168; заявл. 24.06.2016; опубл. 07.09.2016.
12. Ук П.Ч. Композиция защитного покрытия для предотвращения рассеивания асбеста и способ ее изготовления: пат. Республика Корея № 20180042185 (А), МПК С 09 D 143/04, С 09 D 5/20; № KR20180042832; заявл. 12.04.2018; опубл. 25.04.2018.
13. Wagle P.G., Tamboli S.S., More A.P. Peelable coatings: A review // Progress in Organic Coatings. 2021. V. 150. P. 251-270.
14. Wang Y., Li Y., Ding L., Tang Y., Ding J. An (Mn, Ni) O (OH) turing structural nanoscale film driving highly efficient urea oxidization reaction in alkali water, seawater and waste water // Surface and Coatings Technology. 2021. V. 408. Article number 126799.
15. Сик Х.Х., Хо Л.С., Ен П.Ч. Клеевая композиция, содержащая N-бутилакрилонитрил, акрилонитрил, бутилметакрилат, акриловую кислоту и 2-гидроксиэтилметакрилат для наружного защитного покрытия автомобиля, и способ ее получения: пат. Республика Корея № 20040097877 (А), МПК С 09 J 133/10; № KR20030031057; заявл. 12.05.2003; опубл. 18.11.2004.
16. Yimmuta K., Homchoo K., Hinchiranan N. Poly (butyl acrylate-co-fluorinated acrylate)-graft-natural rubber: Synthesis and application as compatibilizer for natural rubber/poly (butyl acrylate-co-fluorinated acrylate) films // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2018. V. 540. P. 11-22.

17. Liu C., Jin Z., Zhao H., Wang L. Triple-action smart nanocontainers enhanced protective coatings with superior active and passive properties // *Progress in Organic Coatings*. 2020. V. 148. Article number 105887.
18. Фустэр Г. Не содержащий хлора гидроизоляционный, звукоизоляционный и антивибрационный лист - на основе минерального масла EPDM и / или EPM, изотактического полипропилена и EVA с доп. наполнителей и обычных добавок: пат. Испания № 2049168 (A1), МПК С 08 L 23/12, С 08 L 23/16; № ES19920001188; заявл. 08.06.1992; опубл. 01.04.1994.
19. Липин В., Цзелян Л., Дэн В.Х., Тэнфэй С., Сюйбинь Ч. Материал покрытия, защитное покрытие и способ построения защитного покрытия: пат. КНР № 106752410 (A), МПК С 09 D 5/08, С 09 D 7/12; № CN20171025899; заявл. 13.01.2017; опубл. 31.05.2017.
20. Герберт К. Процессы, относящиеся к огнезащитным составам для нанесения покрытий: пат. Великобритания № 1066294 (A), МПК С 09 D 5/18; № GB19640013451; заявл. 01.04.1964; опубл. 26.04.1967.
21. Гюнтер С. Защитное покрытие днища автомобиля-содержит этиленпропиленовый каучук: пат. Германия № 2806726 (A1), МПК В 60 R 13/08, С 08 L 23/16; № DE19782806726; заявл. 17.02.1978; опубл. 23.08.1979.
22. Martinez-Martinez D., De Hosson J. Th. M. On the deposition and properties of DLC protective coatings on elastomers: A critical review // *Surface and Coatings Technology*. 2014. V. 258. P. 677-690.
23. Дергачёв А.А., Горяев А.Н., Ширяев А.В., Рудник С.Д., Фигловская И.Я., Болонин А.Б., Дятлов М.А., Панина Т.В., Сидоренко В.И. Состав для изготовления высокотемпературных теплоизоляционных напыляемых покрытий: пат. Рос. Федерация № 2705081 (C1), МПК С 08 L 61/14, С 09 D 16/14, С 09 K 21/00; № 20190111960; заявл. 19.04.2019; опубл. 01.11.2019.
24. Хабибуллин Ю.Х. Энергосберегающий состав покрытия: пат. Рос. Федерация № 2012152595 (A), МПК С 09 D 163/02; № 20120152595; заявл. 06.12.2012; опубл. 20.06.2014.
25. Nihmath A., Ramesan M.T. Development of novel elastomeric blends derived from chlorinated nitrile rubber and chlorinated ethylene propylene diene rubber // *Polymer Testing*. 2020. V. 89. Article number 106728.
26. Каблов Е.Н., Чурсова Л.В., Краснов Л.Л., Кирина З.В. Состав для изготовления теплозащитного покрытия и способ его изготовления: пат. Рос. Федерация № 2016124644 (A), МПК С 08 J 3/205, С 08 K 13/02; № 20160124644; заявл. 21.06.2016; опубл. 26.12.2017.
27. Савченкова Г.А. Полимерная композиция для регулирования напряженности электрического поля: пат. Рос. Федерация № 2721173 (C1), МПК H 01 B 3/00, H 02 G 15/04; № 2020101570; заявл. 14.01.2020; опубл. 18.05.2020, Бюл. № 14.
28. Сяофэй Л., Вэньбин Ч. Наружное защитное покрытие кислотнo-эрозийно-стойкого разрядника: пат. КНР № 105111833 (A), МПК С 09 D 107/00, С 09 D 109/02; № CN201510591984; заявл. 17.09.2015; опубл. 02.12.2015.
29. Chen Y., Xu L., Wu X., Xu B. The influence of nano ZnO coated by phosphazene / triazine bi-group molecular on the flame retardant property and mechanical property of intumescent flame retardant poly (lactic acid) composites // *Thermochemical Acta*. 2019. V. 679. Article number 178336.
30. Ян Ю., Семоник М. Отверждаемая по требованию полисилоксановая композиция покрытия: пат. США № 2013101841 (A1), МПК С 09 D 183/06, С 09 J 7/02; № US201113807344; заявл. 27.06.2011; опубл. 25.04.2013.
31. Спиллман У., Ванг Ю.С., Клаус Р.О. Самосборное тонкопленочное покрытие для повышения биосовместимости материалов: пат. США № 2003211129 (A1), МПК С 03 C 17/00, С 03 C 17/34; № US20020257814; заявл. 14.10.2002; опубл. 13.11.2003.
32. Броцман Р.У., Сироис Э., Пашкевич Д. Полисилоксановые плёнки и способы получения полисилоксановых плёнок: пат. США № 2017253765 (A1), МПК С 09 D 183/04, H 05 K 1/18; № US201615059665; заявл. 03.03.2016; опубл. 07.09.2017.
33. Катаяма Т., Сакамото Т. Состав смолы, отверждаемой при комнатной температуре: пат. Япония № 2016194453 (A1), МПК С 07 F 9/22, С 08 G 77/08; № US201414916355; заявл. 10.07.2014; опубл. 07.07.2016.
34. Qu L., Sui Y., Zhang C., Dai X., Li P., Sun G., Xu B., Fang D. Improved flame retardancy of epoxy resin composites modified with a low additive content of silica-microencapsulated phosphazene flame retardant // *Reactive and Functional Polymers*. 2020. V. 148. Article number 104485.

References

1. Morozova Z.V., Sal'nikov A.V. Development of a protective coating of structures with increased corrosion resistance and resistance to icing // *Resources of the European North. Exploration technologies and economics*. 2018. № 3 (13). P. 18-30.
2. Kupryashov A.V., Shestakov I.YA. Use of carbon filler as a main component of multifunctional materials and coatings in rocket and space technology // *Strengthening Technologies and Coatings*. 2021. V. 17. № 6 (198). P. 282-288.
3. Laurenzi S., Clausi M., Zaccardi F., Curt U., Santonicola M.G. Spray coating process of MWCNT / epoxy nanocomposite films for aerospace applications: Effects of process parameters on surface electrical properties // *Acta Astronautica*. 2019. V. 159. P. 429-439.
4. Brown S., Lengaigne J., Sharifi N., Pugh M., Moreau C., Dolatabadi A., Martinu L., Klemberg-Sapieha J.E. Durability of superhydrophobic duplex coating systems for aerospace applications // *Surface and Coatings Technology*. 2020. V. 401. Article number 126249.
5. Delfini A., Pastore R., Santoni F., Piergentili F., Albano M., Alifanov O., Budnik S., Morzhukhina A.V., Nenarokomov A.V., Titov D.M., Marchetti M. Thermal analysis of advanced plate structures based on ceramic coating on carbon/carbon substrates for aerospace Re-Entry Re-Useable systems // *Acta Astronautica*. 2021. V. 183. P. 153-161.
6. Uyanna O., Najafi H., Rajendra B. An inverse method for real-time estimation of aerothermal heating for thermal protection systems of space vehicles // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2021. V. 177. Article number 121482.
7. Yu C., Fu L., Xiao H., Lv Q., Gao B. Effect of carbon content on the microstructure and bonding properties of hot-rolling pure titanium clad carbon steel plates // *Materials Science and Engineering: A*. 2021. V. 820. Article number 141572.
8. Attarzadeh R., Dolatabadi A. Icephobic performance of superhydrophobic coatings: A numerical analysis // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2019. V. 136. P. 1327-1337.
9. Rajesh P.S.M., Delarosa C., Gagné M., Klemberg-Sapieha J. E., Sirois F., Therriault D. Continuous and selective-area coating of silver on fiber-reinforced polymer composites for aerospace applications // *Materials today communications*. 2019. V. 18. P. 206-212.
10. En YU.CH., CHzhon CH.E., Pil' YU.CH. Method for manufacturing the acrylic adhesive used to process roll screen, water-soluble flame-retardant resin compositions and method for producing thereof: пат. Республика Корея № 20110060582 (A), МПК С 09 J 125/06, С 09 J 4/02; № KR20090117203; заявл. 30.11.2009; опубл. 08.06.2011.

11. Vej YU. Waterborne over-rust corrosion protective coating for steel and preparation method thereof: pat. KNR № 105925098 (A), MPK C 09 D 133/10, C 09 D 5/08; № CN201610465168; zayavl. 24.06.2016; opubl. 07.09.2016.
12. Uk P.CH. Protective coating composition for preventing scattering asbestos and method for manufacturing thereof: pat. Respublika Koreya № 20180042185 (A), MPK C 09 D 143/04, C 09 D 5/20; № KR20180042832; zayavl. 12.04.2018; opubl. 25.04.2018.
13. Wagle P.G., Tamboli S.S., More A.P. Peelable coatings: A review // *Progress in Organic Coatings*. 2021. V. 150. P. 251-270.
14. Wang Y., Li Y., Ding L., Tang Y., Ding J. An (Mn, Ni) O (OH) turing structural nanoscale film driving highly efficient urea oxidization reaction in alkali water, seawater and waste water // *Surface and Coatings Technology*. 2021. V. 408. Article number 126799.
15. Sik H.H., Ho L.S., En P.CH. Adhesive composition comprising N-butyl acrylonitrile, acrylonitrile, butyl methacrylate, acrylic acid and 2-hydroxyethyl methacrylate for automobile exterior protective coating agent and preparation method thereof: pat. Respublika Koreya № 20040097877 (A), MPK C 09 J 133/10; № KR20030031057; zayavl. 12.05.2003; opubl. 18.11.2004.
16. Yimmuta K., Homchoo K., Hinchiranan N. Poly (butyl acrylate-co-fluorinated acrylate)-graft-natural rubber: Synthesis and application as compatibilizer for natural rubber/poly (butyl acrylate-co-fluorinated acrylate) films // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2018. V. 540. P. 11-22.
17. Liu C., Jin Z., Zhao H., Wang L. Triple-action smart nanocontainers enhanced protective coatings with superior active and passive properties // *Progress in Organic Coatings*. 2020. V. 148. Article number 105887.
18. Fuster G. Chlorine-free waterproofing, soundproofing and anti-vibration sheet - based on EPDM and/or EPM mineral oil, isotactic polypropylene@ and EVA with addn. of fillers and usual additives: pat. Ispaniya № 2049168 (A1), MPK C 08 L 23/12, C 08 L 23/16; № ES19920001188; zayavl. 08.06.1992; opubl. 01.04.1994.
19. Lipin V., Czelyan L., Den V.H., Tenfej S., Syujbin' CH. Coating material, protective coating and construction method of protective coating: pat. KNR № 106752410 (A), MPK C 09 D 5/08, C 09 D 7/12; № CN20171025899; zayavl. 13.01.2017; opubl. 31.05.2017.
20. Gerbert K. Process relating to fire-protective coating: pat. Velikobritaniya № 1066294 (A), MPK C 09 D 5/18; № GB19640013451; zayavl. 01.04.1964; opubl. 26.04.1967.
21. Gyunter S. Protective coating for vehicle under bodies - contains ethylene-propylene Rubber: pat. Germaniya № 2806726 (A1), MPK B 60 R 13/08, C 08 L 23/16; № DE19782806726; zayavl. 17.02.1978; opubl. 23.08.1979.
22. Martinez-Martinez D., De Hosson J. Th. M. On the deposition and properties of DLC protective coatings on elastomers: A critical review // *Surface and Coatings Technology*. 2014. V. 258. P. 677-690.
23. Dergachyov A.A., Goryaev A.N., SHiryayev A.V., Rudnik S.D., Figlovskaya I.YA., Bolonin A.B., Dyatlov M.A., Panina T.V., Sidorenko V.I. Composition for production of high-temperature heat-insulating sprayed coating: pat. Ros. Federaciya № 2705081 (C1), MPK C 08 L 61/14, C 09 D 161/14, C 09 K 21/00; № 20190111960; zayavl. 19.04.2019; opubl. 01.11.2019.
24. Habibullin YU.H. . Energy saving structure of a covering: pat. Ros. Federaciya № 2012152595 (A), MPK C 09 D 163/02; № 20120152595; zayavl. 06.12.2012; opubl. 20.06.2014.
25. Nihmath A., Ramesan M.T. Development of novel elastomeric blends derived from chlorinated nitrile rubber and chlorinated ethylene propylene diene rubber // *Polymer Testing*. 2020. V. 89. Article number 106728.
26. Kablov E.N., CHursova L.V., Krasnov L.L., Kirina Z.V. Composition for manufacturing heat-protective coating and method of its manufacture: pat. Ros. Federaciya № 2016124644 (A), MPK C 08 J 3/205, C 08 K 13/02; № 20160124644; zayavl. 21.06.2016; opubl. 26.12.2017.
27. Savchenkova G.A. Polymer composition for controlling electric field intensity: pat. Ros. Federaciya № 2721173 (S1), MPK H 01 B 3/00, H 02 G 15/04; № 2020101570; zayavl. 14.01.2020; opubl. 18.05.2020, Byul. № 14.
28. Syaofej L., Ven'bin CH. Acid-base erosion-resistant arrester external protective coating: pat. KNR № 10511833 (A), MPK C 09 D 107/00, C 09 D 109/02; № CN201510591984; zayavl. 17.09.2015; opubl. 02.12.2015.
29. Chen Y., Xu L., Wu X., Xu B. The influence of nano ZnO coated by phosphazene / triazine bi-group molecular on the flame retardant property and mechanical property of intumescent flame retardant poly (lactic acid) composites // *Thermo-chimica Acta*. 2019. V. 679. Article number 178336.
30. YAn YU., Semonik M. Curable-on-demand polysiloxane coating composition: pat. SSHA № 2013101841 (A1), MPK C 09 D 183/06, C 09 J 7/02; № US201113807344; zayavl. 27.06.2011; opubl. 25.04.2013.
31. Spillman U., Vang YU.S., Klaus R.O. Self-assembled thin film coating to enhance biocompatibility of materials: pat. SSHA № 2003211129 (A1), MPK C 03 C 17/00, C 03 C 17/34; № US20020257814; zayavl. 14.10.2002; opubl. 13.11.2003.
32. Brocman R.U., Sirois E., Pashkevich D. Polysiloxane Films and Methods of Making Polysiloxane Films: pat. SSHA № 2017253765 (A1), MPK C 09 D 183/04, H 05 K 1/18; № US201615059665; zayavl. 03.03.2016; opubl. 07.09.2017.
33. Katayama T., Sakamoto T. Room-temperature-curable resin composition: pat. YAponiya № 2016194453 (A1), MPK C 07 F 9/22, C 08 G 77/08; № US201414916355; zayavl. 10.07.2014; opubl. 07.07.2016.
34. Qu L., Sui Y., Zhang C., Dai X., Li P., Sun G., Xu B., Fang D. Improved flame retardancy of epoxy resin composites modified with a low additive content of silica-microencapsulated phosphazene flame retardant // *Reactive and Functional Polymers*. 2020. V. 148. Article number 104485.