

В.Д. ЧЕРКАСОВ¹, А.В. БОРОДИН¹¹Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева, Саранск, Россия

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЕРМЕТИКА

Аннотация. Герметики нашли широкое применение в строительстве. Их применяют для герметизации разъемных и неразъемных соединений, конструкций, различных стыков и швов. Основной объем неотверждаемых герметиков представляют герметики на основе бутилкаучука. Эти герметики, обладая рядом преимуществ, имеют существенный недостаток – низкую атмосферостойкость.

Наибольший интерес в строительстве представляют атмосферостойкие герметики. Такие герметики возможно получать на основе этиленпропиленового каучука. Он обладает высокой атмосферостойкостью, стоек к озоновому окислению, но имеет низкую адгезию к различным субстратам.

Целью исследований является повышение адгезионной прочности неотверждаемого герметика на основе этиленпропиленового каучука. Для улучшения адгезионной прочности применяют технологические добавки. В качестве технологических добавок использовали битумы. В статье рассматривается влияние технологических добавок на адгезионную прочность. Показано, что применение технологических добавок повысило адгезионную прочность в 1,5 – 2 раза.

Ключевые слова: этиленпропиленовый каучук, технологические добавки, герметик, адгезионная прочность.

V.D. CHERKASOV¹, A.V. BORODIN¹¹Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL ADDITIVES ON THE ADHESIVE PROPERTIES OF SEALANT

Abstract. Sealants are widely used in construction. They are used to seal detachable and permanent connections, structures, various joints and seams. The main volume of non-hardening sealants are sealants based on butyl rubber. These sealants, having a number of advantages, have a significant drawback - low weather resistance.

Weather-resistant sealants are of the greatest interest in construction. Such sealants can be obtained on the basis of ethylene-propylene rubber. It has high weather resistance, is resistant to ozone oxidation, but has low adhesion to various substrates.

The purpose of the research is to increase the adhesive strength of a non-hardening sealant based on ethylene-propylene rubber. To improve the adhesive strength, process additives are used. Bitumen was used as process additives. The article considers the effect of process additives on adhesive strength. It is shown that the use of process additives increased the adhesive strength by 1.5 - 2 times.

Keywords: ethylene propylene rubber, technological additives, sealant, adhesive strength.

Введение

В связи с увеличением объема индустриального строительства повысился спрос на неотверждаемые герметики [1,2,3]. Они нашли широкое применение для герметизации разъемных и неразъемных соединений, конструкций, различных стыков и швов. Основной объем неотверждаемых герметиков составляют герметики на основе бутилкаучука. Эти герметики, обладая рядом преимуществ, имеют существенные недостатки – низкую стойкость к ультрафиолетовому излучению, озону и обладают хладотекучестью.

В связи с этим, их применение при работе в атмосферных условиях ограничено.

Наибольший интерес представляют атмосферостойкие герметики [15]. Такие герметики изготавливают на основе этиленпропиленового каучука [4,5]. Он обладает высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению, озону, отсутствием хладотекучести.

При всех достоинствах такого герметика у него имеется недостаток – низкая адгезия к различным субстратам [6,7,8,9,10,11,20]. В связи с этим, целью исследований является повышение адгезионной прочности герметика на основе этиленпропиленового каучука.

Одним из путей повышения адгезионной прочности герметиков является применение технологических добавок [12,13,14,16,17,18]. В качестве технологических добавок применяют асфальто-смолистые вещества и нефте-полимерные смолы [13,20]. Более доступными являются асфальто-смолистые вещества. К ним относятся битумы.

В статье рассматривается влияние битумов на адгезионную прочность герметика.

Метод

Для исследования использовали герметик на основе СКЭПТ следующего состава: СКЭПТ-50 100 мас.ч., известняковая мука 400 мас.ч., индустриальное масло И-40 80 мас.ч., смола АФФС 30 мас.ч. В качестве технологических добавок использовали битумы БНД 60/90 и БН 70/30. Состав битума приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Групповой состав АСВ

Групповой состав, %	Битум БНД 60/90	Битум БН 70/30
Асфальтены	20,3	38-39
Смолы	32,8	25-26
Масла (насыщенные и ненасыщенные)	46,9	33-35

Определение адгезионной прочности герметика с субстратом проводили следующими образом. Образцы для испытания представляют собой резиновый цилиндр высотой $2 \pm 0,5$ мм и диаметром $25 \pm 0,1$ мм, основания которого соединены с субстратом в виде грибка.

Герметик зажимали между двумя грибками в прессформе под давлением 50 атм. при температуре 100°C в течение 2 мин. для получения равномерного слоя между дисками толщиной 2 мм. Затем излишки герметика с боковой поверхности образца снимали ножом.

Готовые образцы выдерживали 24 часа при температуре $20-25^\circ\text{C}$, после чего разрывали на разрывной машине при скорости движения нижнего зажима 50мм/мин. Адгезионная прочность определялась по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1),$$

где F – нагрузка, при которой происходит отрыв, кг;
 S – площадь образца, см^2 .

Результаты и обсуждение

Зависимость прочности герметиков от содержания АСВ представлена на рис.1.

Прочность композиций снижается в ряду БН 70/30 > БНД 60/90, эти данные коррелирует с содержанием в АСВ асфальтенов и смол (табл. 1), способных, как известно, проявлять в полимерах свойства усиливающих наполнителей. Отсутствие усиливающего эффекта в случае СКЭПТ связано с тем, что исходная прочность герметиков на основе СКЭПТ более чем в 2 раза выше, чем на основе БК.

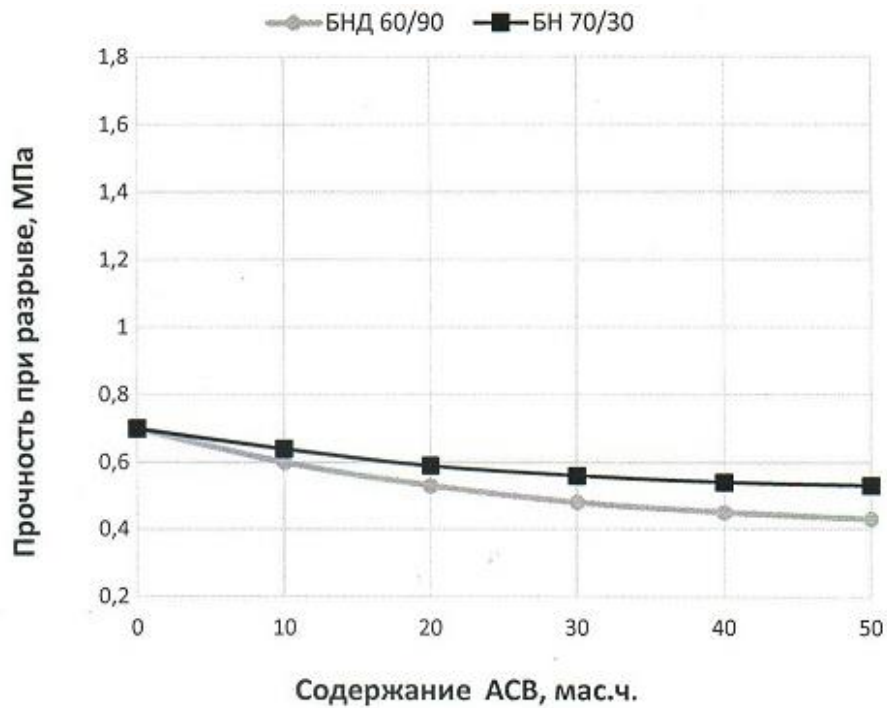


Рисунок 1 – Зависимость прочности неотверждаемых герметиков на основе СКЭПТ при разрыве от содержания АСВ

Зависимость относительного удлинения герметиков от содержания АСВ представлена на рис.2.

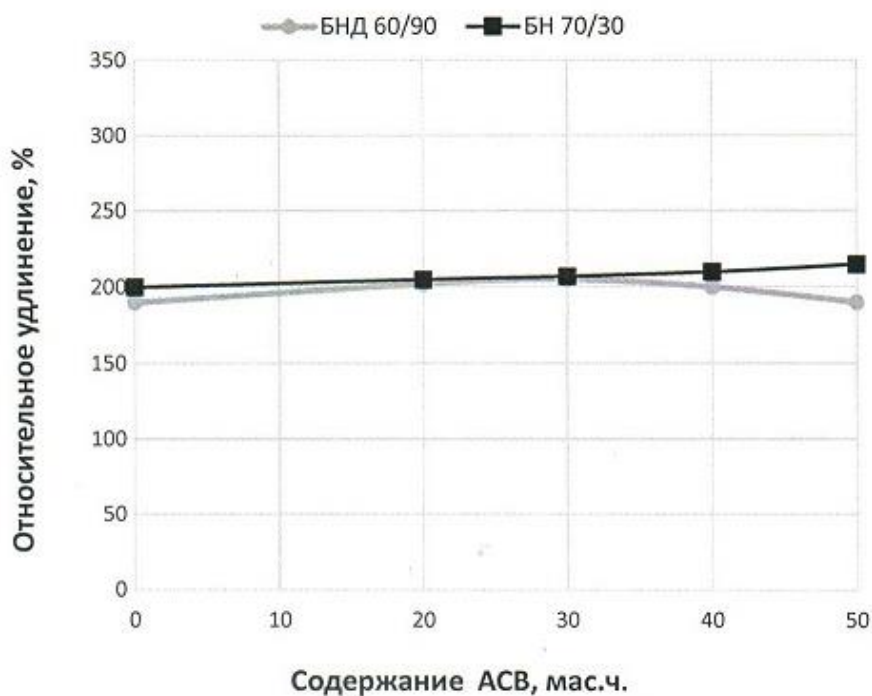


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения от содержания асфальтено-смолистых веществ

Относительное удлинение герметика практически не изменяется от содержания АСВ.

Зависимость адгезии (при отрыве от дюралюминия) от содержания АСВ представлена на рис.3

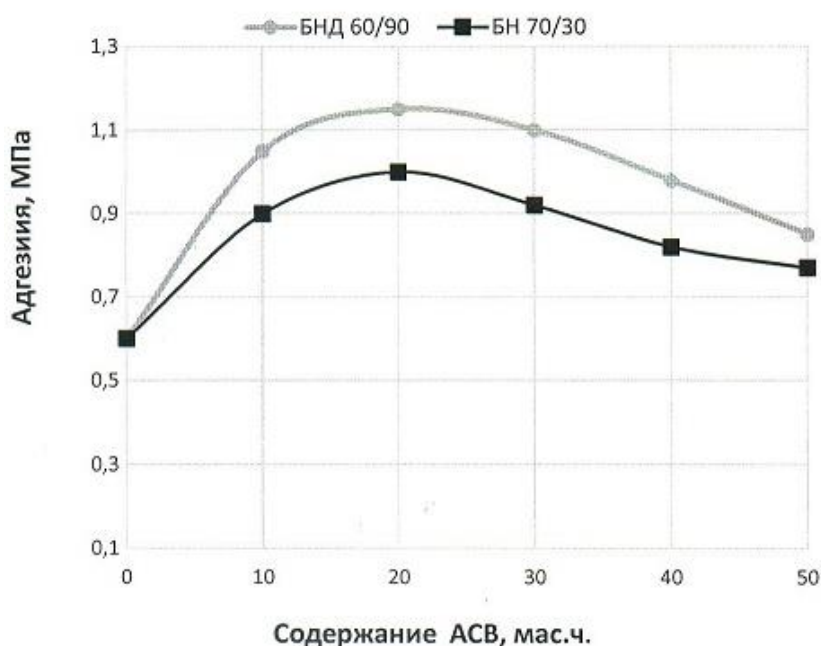


Рисунок 3 – Зависимость адгезии при отрыве от дюралюминия неотверждаемых герметиков на основе СКЭПТ от содержания АСВ

Как видно на рис.3 зависимость адгезионной прочности при отрыве от дюралюминия от содержания битумов БН 70/30 и БНД 60/90 имеет экстремальный характер с максимумом при 10 – 20 мас.ч. Увеличение адгезии к дюралюминию составляет 1,5 и 2 раза, соответственно, для БН 70/30 и БНД 60/90. Характер изменения адгезии (рисунок 3) связан с прочностью композиций и с пластифицирующим действием АСВ.

В неотверждаемых композициях существенное влияние на уровень адгезии оказывают диффузионные процессы и адсорбционные взаимодействия на границе раздела фаз герметик-субстрат. Одним из показателей, свидетельствующих о благоприятности условий формирования адгезионного соединения, является пенетрация композиций.

На рис.4 представлено влияние АСВ на пенетрацию композиций при 25°C.

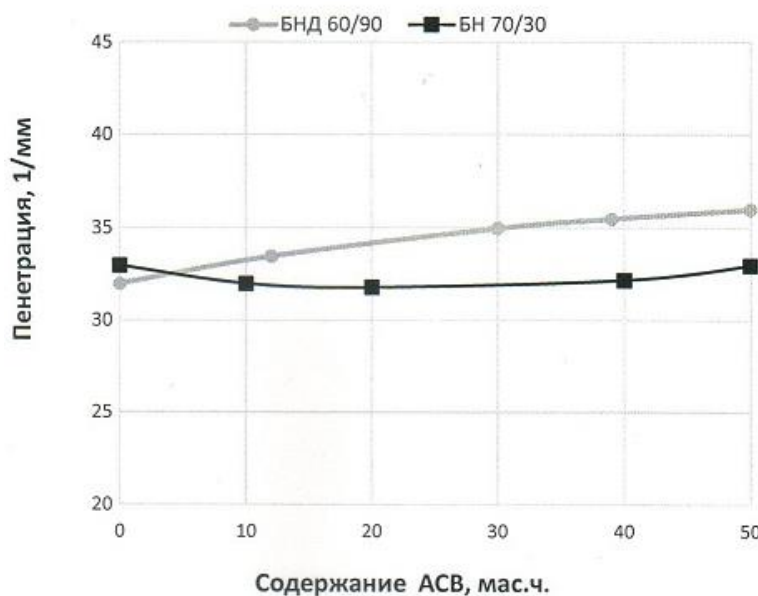


Рисунок 4 – Зависимость пенетрации неотверждаемых герметиков на основе СКЭПТ от содержания асфальто-смолистых веществ

В случае применения АСВ изменение пенетрации не существенное.

БН 70/30 практически не влияют на пенетрацию, а БНД 60/90 несколько увеличивает её. Поэтому адгезионная прочность в большей степени увеличивается при применении битума марки БНД 60/90.

Заключения

Рассмотрено влияние технологических добавок на адгезионную прочность.

1. Установлено, что на условия формирования адгезионного соединения влияет пенетрация композиции. При добавлении битумов пенетрация композиции увеличивается.
2. Относительное удлинение герметика не изменяется от содержания битума.
3. Применение асфальто-смолистых веществ в качестве технологической добавки позволяет увеличить адгезию герметика к субстратам в 1,5 – 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хайруллин, И.К. Герметизирующие материалы в современном строительстве / И.К. Хайруллин, М.П. Поманская, И.В. Кутыркин // Клеи. Герметики. Технологии. – 2006. – №8. – С. 32-35.
2. Кутыркин, И.В. Применение герметизирующих материалов, производимых ЗАО «НПП «ГЕПОЛ» / И.В. Кутыркин // Клеи. Герметики. Технологии. – 2006. – №4. – С. 28-31.
3. Галимзянова, Р.Ю. Невысыхающие герметики для герметизации стеклопакетов / Р.Ю. Галимзянова, М.Ф. Гумеров, Е.А. Кузнецова, Т.В. Макаров, Ю.Н. Хакимуллин, С.И. Вольфсон // Материалы Международной научно-практической конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии». – Белгород. – 2007. – С. 62.
4. Муртазина, Л.И. Неотверждаемые герметики на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Материалы международной научно-технической конференции «Современные достижения в области клеев и герметиков. Материалы, сырье, технологии». – Нижний Новгород. – 2013. – С. 217.
5. Муртазина, Л.И. Неотверждаемые герметики высокого наполнения на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №24. – С. 71- 73.
6. Минибаева, Л.А. Влияние природы и содержания карбоната кальция на деформационно-прочностные свойства неотверждаемых герметиков на основе бутадиен-нитрильного каучука/ Л.А. Муртазина, Л.И. Муртазина, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №9. – С. 105-108.
7. Муртазина, Л.И. Влияние пластификаторов на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ф. Фатхуллин, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Клеи. Герметики. Технологии. – 2014. – №10. – С. 13-16.
8. Муртазина, Л.И. Регулирование свойств неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука пластификаторами/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ф. Фатхуллин, Р.А. Ахмедьянова, Д.Г. Милославский, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – №9. – С. 119- 122.
9. Муртазина, Л.И. Влияние пластификаторов на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ф. Фатхуллин, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Энциклопедия инженера-химика. – 2014. – №8. – С. 31-36.
10. Муртазина, Л.И. Влияние природы пластификаторов на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Материалы научных трудов четвертых Воскресенских научных чтений «Полимеры в строительстве». – Казань. – 2014. – С. 57.
11. Муртазина, Л.И. Влияние пластификаторов на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ф. Фатхуллин, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин// Полимеры в строительстве. – 2014. – №2. – С. 78-90.
12. Галимзянова, Р.Ю. Влияние технологических добавок на реологические свойства композиций на основе бутилкаучука / Р.Ю. Галимзянова, Т.В. Макаров, Ю.Н. Хакимуллин, С.И. Вольфсон // Каучук и резина. – 2008. – №2 – С. 20-22.
13. Муртазина, Л.И. Технологические добавки для неотверждаемых термопластичных герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, И.А. Никульцев //Материалы XXII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». – Москва. – 2015. – С. 50.

14. Муртазина, Л.И. Влияние технологических добавок на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука/ Л.И. Муртазина, А.Р. Гарифуллин, И.А. Никульцев, Р.Ф. Фатхуллин, Р.Ю. Галимзянова, Ю.Н. Хакимуллин // Известия КГАСУ. – 2015. – №1. – С. 134- 142.
15. Брык Я.А., Смирнов Д.Н. Исследование морозостойкости авиационных герметиков // Труды ВИАМ. 2018. № 1 (61). Ст. 09. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 08.07.2022). DOI: 10.18577/23007-6046-2018-0-1-9-9.
16. Грядунова Ю.Е., Никулин С.С., Белых А.Г., Посанчуков Д.П. Повышение показателей герметизирующих составов электрическими полями // Клеи. Герметики. Технологии. 2018. № 4. С. 35-39.
17. Коврижкина Н.А., Кузнецова В.А., Силаева А.А., Марченко С.А. Способы улучшения свойств лакокрасочных покрытий с помощью введения различных наполнителей (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 4 (57). С. 41-48. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-4-41-48.
18. Кузнецова В.А. Влияние эластомерного модификатора на механические и вязкоупругие свойства эпоксидно-каучуковых композиций для эрозионностойких покрытий // Авиационные материалы и технологии. 2020. № 2 (59). С. 56-62. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-2-56-62.
19. Перфильева С.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П. и др. Конфекционная клейкость наполненных резиновых смесей с нефтеполимерными смолами // Клеи. Герметики. Технологии. 2020. № 3. С. 21-26. DOI: 10.31044/1813-7008-2020-0-3-21-26.
20. Силаева А.А., Кузнецова В.А., Железняк В.Г., Куршев Е.В. Исследование адгезии функциональных лакокрасочных покрытий для защиты поверхности ПКМ // Труды ВИАМ. 2021. № 9 (103). Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 08.07.2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-9-59-66.

REFERENCES

1. Khairullin, I.K., Pomanskaya, M.P., Kutyarkin, I.V. Sealing materials in modern construction. *Adhesives. Sealants. Technologies*. 2006. No. 8. Pp. 32-35. (in Russian)
2. Kutyarkin, I.V. Application of sealing materials produced by ZAO NPP GEPOL. *Adhesives. Sealants. Technologies*. 2006. No. 4. Pp. 28-31. (in Russian)
3. Galimzyanova, R.Yu., Gumerov, M.F., Kuznetsova, E.A., Makarov, T.V., Khakimullin, Yu.N., Wolfson, S.I. Non-drying sealants for sealing double-glazed windows. *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Scientific Research, Nanosystems and Resource-Saving Technologies in Construction Industry"*. Belgorod, 2007. P. 62. (in Russian)
4. Murtazina, L.I., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. Non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Proceedings of the International Scientific-Technical Conference "Modern Achievements in Adhesives and Sealants. Materials, Raw Materials, Technologies"*. Nizhny Novgorod, 2013. P. 217. (in Russian)
5. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. Non-curing high-fill sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2013. No. 24. Pp. 71-73. (in Russian)
6. Minibaeva, L.A., Murtazina, L.I., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. The influence of the nature and content of calcium carbonate on the deformation-strength properties of non-curing sealants based on nitrile butadiene rubber. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2013. No. 9. Pp. 105-108. (in Russian)
7. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Fatkhullin, R.F., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. The influence of plasticizers on the properties of non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Adhesives. Sealants. Technologies*. 2014. No. 10. Pp. 13-16. (in Russian)
8. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Fatkhullin, R.F., Akhmedyanova, R.A., Miloslavsky, D.G., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. Regulating the properties of non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber with plasticizers. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2014. No. 9. Pp. 119-122. (in Russian)
9. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Fatkhullin, R.F., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. The influence of plasticizers on the properties of non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Encyclopedia of Chemical Engineering*. 2014. No. 8. Pp. 31-36. (in Russian)
10. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. The influence of the nature of plasticizers on the properties of non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Proceedings of the Fourth Resurrection Scientific Readings "Polymers in Construction"*. Kazan, 2014. P. 57. (in Russian)
11. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Fatkhullin, R.F., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. The influence of plasticizers on the properties of non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Polymers in Construction*. 2014. No. 2. Pp. 78-90. (in Russian)
12. Galimzyanova, R.Yu., Makarov, T.V., Khakimullin, Yu.N., Wolfson, S.I. The influence of technological additives on the rheological properties of compositions based on butyl rubber. *Rubber and Rubber*. 2008. No. 2. Pp. 20-22. (in Russian)

13. Murtazina, L.I., Nikultsev, I.A. Technological additives for non-curing hot-melt sealants based on ethylene propylene diene rubber. *Proceedings of the XXII International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Lomonosov"*. Moscow, 2015. P. 50. (in Russian)
14. Murtazina, L.I., Garifullin, A.R., Nikultsev, I.A., Fatkhullin, R.F., Galimzyanova, R.Yu., Khakimullin, Yu.N. The influence of technological additives on the properties of non-curing sealants based on ethylene propylene diene rubber. *News of KGASU*. 2015. No. 1. Pp. 134-142. (in Russian)
15. Bryk, Ya.A., Smirnov, D.N. Study of frost resistance of aviation sealants. *Proceedings of VIAM*. 2018. No. 1 (61). Art. 09. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: 07.08.2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-1-9-9. (in Russian)
16. Gryadunova, Yu.E., Nikulin, S.S., Belykh, A.G., Posanchukov, D.P. Improving the performance of sealing compounds by electric fields. *Adhesives. Sealants. Technologies*. 2018. No. 4. Pp. 35-39. (in Russian)
17. Kovrizhkina, N.A., Kuznetsova, V.A., Silaeva, A.A., Marchenko, S.A. Methods for improving the properties of paint and varnish coatings by introducing various fillers (review). *Aviation Materials and Technologies*. 2019. No. 4 (57). Pp. 41-48. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-4-41-48. (in Russian)
18. Kuznetsova, V.A. Influence of an elastomer modifier on the mechanical and viscoelastic properties of epoxy-rubber composites for erosion-resistant coatings. *Aviation Materials and Technologies*. 2020. No. 2 (59). Pp. 56-62. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-2-56-62. (in Russian)
19. Perfil'eva, S.A., Shashok, Zh.S., Uss, E.P. et al. Confection adhesion of filled rubber mixtures with petroleum polymer resins. *Adhesives. Sealants. Technologies*. 2020. No. 3. Pp. 21-26. DOI: 10.31044/1813-7008-2020-0-3-21-26. (in Russian)
20. Silaeva, A.A., Kuznetsova, V.A., Zheleznyak, V.G., Kurshev, E.V. Study of adhesion of functional paint and varnish coatings for surface protection of polymer composite materials. *Proceedings of VIAM*. 2021. No. 9 (103). Art. 06. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: 08.07.2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-9-59-66. (in Russian)

Информация об авторах

Черкасов Василий Дмитриевич

Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева, г. Саранск, Россия.
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Прикладная механика».
E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

Бородин Александр Владимирович

Начальник отдела капитального строительства ГКУ «Управление автомобильных дорог Республики Мордовия».
E-mail: sas-borodin@yandex.ru

Information about authors

Cherkasov Vasily D.

Mordovian State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia.
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Applied Mechanics».
E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

Borodin Alexander V.I.

Head of the Capital Construction Department of the State Institution "Road Administration of the Republic of Mordovia".
E-mail: sas-borodin@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 27.04.2025
Одобрена после рецензирования 09.06.2025
Принята к публикации 11.06.2025

The article was submitted 27.04.2025
Approved after reviewing 09.06.2025
Accepted for publication 11.06.2025