

УДК 665.939.5

А.Ю. Исаев¹, О.И. Смирнов¹, Е.В. Рубцова¹, А.П. Петрова¹

СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЛЕЯ ВКР-85

DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-5-48-55

Приводятся свойства клея ВКР-85, рекомендуемого для склеивания резин, резинок-невых материалов между собой и для приклеивания их к металлам в процессе вулканизации. Показано, для каких типов резин может быть использован клей, а также работоспособность клеевых соединений при воздействии различных факторов. Приведено сравнение свойств клеевых соединений на основе клея ВКР-85 с клеями аналогичного назначения – Лейконат и Десмодур RE. Прочность клеевых соединений, выполненных клеем ВКР-85, больше прочности склеиваемых резин.

Ключевые слова: клей, резина, вулканизация, технология склеивания, прочность клеевых соединений, климатическая стойкость.

A.Yu. Isaev¹, O.I. Smirnov¹, E.V. Rubtsova¹, A.P. Petrova¹

PROPERTIES AND APPLICATIONS AREAS OF THE ADHESIVE VKR-85

The properties of the adhesive VKR-85 recommended for gluing rubbers, rubber fabric materials bands together and gluing them to metals during the vulcanization process are given. It is shown for which types of rubbers the adhesive can be used, performance of adhesive joints under the influence of various factors. A comparison of the properties of the adhesive joints based on adhesive VKR-85 with adhesives of a similar purpose – Leuconate and Desmodur RE is given. Adhesive joints strength made with adhesive VKR-85 is higher than strength of the bonded rubber.

Keywords: adhesive, rubber, vulcanization, bonding technology, strength of adhesive joints, climate resistance.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials» State Research Center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Широкое применение во всех отраслях промышленности, народного хозяйства и в быту находят резины. Такое повсеместное применение резин связано с их отличительной особенностью – высокой эластичностью, позволяющей материалу при механическом воздействии сильно деформироваться (например, удлиняться при растяжении в десятки раз) без разрушения и возвращаться в исходное геометрическое состояние после снятия воздействия. Применение резин в составе конструкций возможно только с помощью склеивания, поскольку соединение их традиционными механическими способами (сваркой, заклепками, болтами) ненадежно, а в некоторых случаях вообще неприемлемо. Таким образом, появляется необходимость склеивания резин между собой и крепление их к металлам. Клеи для склеивания резин, как правило, должны быть изготовлены на основе тех же или близких по природе каучуков, что и резины. Клей ВКР-85 в отличие от других резиновых клеев позволяет склеивать в процессе вулканизации достаточно широкий ряд резин: на основе бутадиен-нитрильного,

полихлоропренового, бутадиен-стирольного и этиленпропиленового каучуков. Кроме того, его можно использовать для склеивания тканей с эластомерным покрытием, при этом вышеуказанные материалы можно склеивать как между собой, так и для приклеивания их к металлам по режиму вулканизации резины.

Клей ВКР-85 изготавливают на производимом в России сырье, он относится к изоцианатным клеям и имеют то же назначение, что и клеи Лейконат (Россия) и Десмодур RE (Германия, фирма Bayer). Наличие в их структуре полярных групп $-N(H)COO-$ определяет высокую реакционную способность и хорошую адгезию к склеиваемым резинам различной химической природы. Широко применяемый в России отечественный клей Лейконат представляет собой 20 %-ный раствор 4,4',4''-трифенилметантриизоцианата ($C_{22}H_{13}N_3O_3$) в дихлорэтаноле. Этот клей рекомендован для склеивания резин на основе бутадиен-нитрильного, полихлоропренового и натурального каучуков с металлами в процессе вулканизации и обеспечивает прочность клеевых соединений при отрыве на уровне 3,9 МПа. Наличие в составе клея дихлорэтанола определяет его повышенную токсичность. Клей Десмодур RE (по данным буклетов фирмы Bayer) представляет собой 20 %-ный раствор трифенилметантриизоцианата в этилацетате (содержание групп NCO составляет $9,3 \pm 0,2$ % (по массе)). Клей работоспособен в интервале температур от -60 до $+130$ °C. По прочности клеевых соединений клеи Лейконат и Десмодур RE находятся на одном уровне. Необходимо отметить, что все изоцианатные клеи – Лейконат, Десмодур RE, ВКР-85 – неустойчивы при хранении, поскольку изоцианаты разлагаются под действием влаги, поэтому при склеивании влажность воздуха не должна превышать 60–70 %, а клеи должны использоваться в течение короткого промежутка времени – не более 4 ч. Клей ВКР-85 позволяет получать влаго- и грибостойкие клеевые соединения, устойчивые к действию нефтяных масел, топлив, работоспособные при воздействии температур от -60 до $+130$ °C как на воздухе, так и в агрессивных средах (в составе клеевых соединений работоспособность определяется работоспособностью резины).

В данной статье рассмотрены свойства клея ВКР-85 и клеевых соединений резин и резинотканевых материалов различных типов, склеенных между собой и с металлами.

Работа выполнена в рамках реализации комплексной научной проблемы 15.1. «Многофункциональные клеящие системы» («Стратегическое направление развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1–4].

Материалы и методы

Объектом исследования является клей ВКР-85 (ТУ 1-595-14-544–98). Он представляет собой жидкость коричневого цвета на основе содержащих изоцианатные группы олигомеров. Поставляется в готовом для применения виде. Гарантийный срок хранения клея 1 год. Клей рекомендован для применения аналогично клею Лейконат [5–8], при этом он является более доступным и менее токсичным благодаря отсутствию в его составе дихлорэтанола.

Исследованы следующие свойства клеевых соединений:

- прочность связи резины с металлом при отрыве – по ГОСТ 209–75;
- прочность связи резины с металлом при отслаивании – по ГОСТ 411–77;
- прочность связи между слоями при расслоении – по ГОСТ 6768–75;
- грибостойкость – по ГОСТ 9.049–9 (метод 2);
- старение в условиях тропической камеры – по СТП-1-595-20-100–2002;
- термическое старение – по СТО 1-595-20-101–2016;
- стойкость к воздействию жидких агрессивных сред – по ГОСТ 9.712–86.

Результаты и обсуждение

Клей ВКР-85 рекомендуется для крепления к металлам резин на основе бутадиен-нитрильного, полихлоропренового, натурального, натрий-бутадиенового, бутадиенстирольного и этиленпропиленового каучука в процессе вулканизации. Клеевые соединения работоспособны в интервале температур от -60 до $+130$ °С в различных климатических условиях. Клей ВКР-85 обеспечивает прочность клеевых соединений при отрыве при склеивании резин марок 3826, ИРП-1078, В-14, НО-68, ИРП-1376, 2959 (ТУ 38 0051166–2015) с металлическими материалами – углеродистой сталью 30ХГСА, алюминиевым сплавом Д16-АТ, нержавеющей сталью Х18Н9Т при температуре 20 °С – от 3,9 до 5,4 МПа с характером разрушения клеевых соединений по резине, что превосходит свойства ранее разработанного клея марки Лейконат [6–8].

Разработаны два варианта технологии применения клея ВКР-85, в том числе с термостатированием для трудносклеиваемых резин с повышенным содержанием пластификаторов. Клей наносят тонким слоем на металл, выдерживают при комнатной температуре 20 ± 3 °С, затем проводят термостатирование (если это необходимо), закладывают в нагретую пресс-форму с заготовкой из невулканизированной резиновой смеси и вулканизуют по режиму формования используемой резины [9–11].

В табл. 1 приведены свойства клеевых соединений резин на основе каучуков различных типов при испытании клеевых соединений на отрыв. Из представленных данных видно, что во всех случаях прочность клеевых соединений больше прочности склеиваемых резин.

Таблица 1

Свойства клеевых соединений различных резин с металлами, выполненных клеем ВКР-85, при отрыве

Склеиваемые материалы		Прочность при отрыве $\sigma_{отр}$, МПа, при температуре испытания, °С	
Марка резины (каучук)	Металл (обработка поверхности)	20	130
3826 (СКН)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	5,4 (5,0–6,0)	1,1 (1,0–1,4)
	Сталь 30ХГСА (зачищенная)	4,4 (4,2–5,0)	–
	Сплав Д16-АТ (опескоструенная)	5,7 (5,2–6,7)	1,4 (1,2–1,5)
	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	4,7 (4,1–5,0)	–
ИРП-1078 (СКН)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	4,3 (4,0–4,6)	–
	Сталь 30ХГСА (зачищенная)	4,9 (4,2–5,8)	–
	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	4,9 (4,6–5,0)	–
В-14 (СКН)	Сталь 3 (опескоструенная)	5,2 (4,2–5,9)	–
	Сплав Д16-АТ (опескоструенная)	4,4 (3,7–5,1)	–
	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	4,9 (4,2–5,7)	–
НО-68 (СКН-Наирит)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	4,5 (4,3–5,4)	1,8 (1,7–1,9)
	Сталь 30ХГСА (зачищенная)	5,2 (4,9–6,4)	–
	Сплав Д16-АТ (опескоструенная)	5,0 (4,6–5,6)	2,1 (2,0–2,3)
	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	3,9 (3,9–4,0)	–
ИРП-1376 (СКЭП)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	4,4 (3,9–5,0)	–
	Сталь Х18Н9Т (зачищенная)	4,4 (3,4–5,8)	–
	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	4,8 (3,6–5,1)	–
2959 (НК)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	5,2 (4,6–5,8)	–
	Сталь Х18Н9Т (зачищенная)	4,0 (3,7–4,3)	–
	Сплав Д16-АТ (опескоструенная)	4,0 (3,7–5,0)	–
Топливостойкая резина (СКН)	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	4,6 (3,2–6,3)	1,7 (1,3–2,3)*

*Испытано при температуре 110 °С, что связано с работоспособностью резины.

За рубежом для аналогичных целей используется клей Десмодур RE (Германия, фирма Bayer), в России – клей Лейконат. Сравнение свойств клеевых соединений, выполненных различными клеями, приведено в табл. 2. Из приведенных данных следует, что прочность клеевых соединений резин всех типов с металлами, изготовленных с применением клея ВКР-85, превосходит прочность аналогичных соединений на клеях Лейконат и Десмодур RE [11, 12].

Таблица 2

Сравнение показателей прочностных характеристик клеевых соединений для различных клеев

Склеиваемые материалы		Прочность при отрыве $\sigma_{отр}^*$, МПа, при температуре 20 °С для клеев		
Марка резины (каучук)	Металл (обработка поверхности)	Лейконат	Десмодур RE	ВКР-85
3826 (СКН)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	5,1(5,0–5,3) п/р	4,3 (4,1–4,5) п/р	5,4 (5,0–6,0) п/р
ИРП-1078 (СКН)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	4,8 (4,6–5,3) п/р	–	4,3 (4,0–4,6) п/р
В-14 (СКН)	Сплав Д16-АТ (опескоструенная)	4,0 (3,7–4,4) п/р	–	4,4 (3,7–5,1) п/р
НО-68 (СКН-Наирит)	Сталь 30ХГСА (зачищенная)	4,9 (4,7–5,4)	3,0 (2,6–3,3) о/р	5,2 (4,9–6,4) п/р
ИРП-1376 (СКЭП)	Сталь 30ХГСА (опескоструенная)	2,0 (1,9–2,4)	–	4,4 (3,9–5,0) п/р
Топливостойкая резина (СКН)	Сплав Д16-АТ (Ан.Окс.хр)	–	–	4,6 (3,2–6,3) п/р

*Характер разрушения клеевых соединений: п/р – по резине, о/р – оголение резины.

В табл. 3 представлены результаты испытаний клеевых соединений после термостарения, которые подтверждают устойчивость клеевых соединений в этих условиях, при этом характер разрушения клеевых соединений – по резине.

Таблица 3

Влияние термостарения на прочность клеевых соединений

Склеиваемые материалы	Условия выдержки в среде		Прочность при отрыве $\sigma_{отр}$, МПа, при температуре 20 °С
	температура, °С	продолжительность, ч	
Сталь 30ХГСА (опескоструенная) + резина НО-68-1	В исходном состоянии		4,7
	130	100	4,7
	130	250	5,2
Сталь 30ХГСА (опескоструенная) + резина 3826	В исходном состоянии		5,5
	130	100	4,9
	130	250	5,1

Следует особо отметить способность клея ВКР-85 склеивать резины с большим содержанием пластификаторов в их составе, например резины марки НО-68-1. Клеевые соединения резины НО-68-1 со сталью 30ХГСА опескоструенной имеют не только высокие прочностные характеристики при отрыве непосредственно после склеивания (табл. 1 и 2), но и незначительно (не более чем на 4 %) снижают их в процессе хранения через 3 мес после склеивания [13, 14].

Клеевые соединения резины с металлом, полученные с применением клея ВКР-85, являются топливостойкими: после длительной выдержки (3000 ч) в среде топлива Т-1 при комнатной температуре, а также после выдержки при температуре 130 °С в течение 100 ч сохраняется характер разрушения клеевых соединений по резине (табл. 4). Аналогичные результаты получены при воздействии на клеевые соединения масла АМГ-10 [15].

Таблица 4

Стойкость клеевых соединений при воздействии авиационных топлив и масел

Среда	Склеиваемые материалы (обработка поверхности)	Условия воздействия	Прочность при отрыве $\sigma_{отр}$, МПа, при температуре 20 °С
Топливо Т-1	Резина 3826 + сталь 30ХГСА (опескоструенная)	В исходном состоянии	5,5
		При 20 °С, 3000 ч	4,0
		При 130 °С, 100 ч	3,5
	Резина ИРП-1078 + сталь 30Х (зачищенная)	В исходном состоянии	5,0
		При 130 °С, 100 ч	2,0
	Резина НО-68-1 + сталь 30ХГСА (зачищенная)	В исходном состоянии	6,5
		При 130 °С, 100 ч	3,5
Масло АМГ-10	Резина ИРП-1078 + сталь 30ХГСА (зачищенная)	В исходном состоянии	5,0
		При 130 °С, 100 ч	2,5
	Резина В-14 + сталь 1Х17Н2	В исходном состоянии	4,5
		При 95 °С, 120 ч	4,5

Стойкость клеевых соединений бутадиен-нитрильной топливостойкой резины с алюминиевым сплавом Д16-АТ Ан.Окс.хр при воздействии жидких агрессивных сред показана в табл. 5. Из приведенных данных следует, что клеевые соединения после воздействия агрессивных сред как при комнатной, так и повышенной температуре не разрушаются, а разрушение при механических испытаниях клеевых соединений происходит по резине. Сравнение сохранившейся прочности после воздействия агрессивных сред клеевых соединений топливостойкой резины и резины марки ИРП-1078 показывает, что у первой сохраняется более высокий уровень прочности.

Таблица 5

Прочность клеевых соединений топливостойкой резины с алюминиевым сплавом Д16-АТ (Ан.Окс.хр) после воздействия агрессивных сред при температуре испытания 20 °С

Среда	Условия воздействия	Прочность при отрыве $\sigma_{отр}$, МПа	Прочность при отслаивании $S_{отсл}$, Н/мм
Контрольные показатели		4,6 (3,2–6,3)	10,52 (7,85–12,16)
Топливо ТС-1	При 23±2 °С, 90 сут	4,5 (3,7–5,5)	9,95 (7,80–12,37)
	При 110±2 °С, 5 сут	3,8 (2,6–4,8)	5,04 (2,87–6,28)
Топливо РТ	При 23±2 °С, 90 сут	4,1 (2,3–4,8)	9,73 (7,11–11,35)
	При 110±2 °С, 5 сут	3,6 (2,8–4,4)	5,21 (3,31–6,41)
Масло ИПМ-10	Облив в течение 10 сут	4,6 (2,9–6,3)	10,85 (7,25–12,22)
Масло МС-8П		4,3 (2,5–6,6)	11,66 (9,77–12,39)

Клей ВКР-85 может быть использован не только для крепления резин к металлам, но также для склеивания бутадиен-нитрильной топливостойкой резины и прорезиненной ткани с эластомерным покрытием. Клеевые соединения топливостойкой резины

и прорезиненной ткани, выполненные клеем ВКР-85, работоспособны в интервале температур от -60 до $+85$ °С. Свойства клеевых соединений этих материалов приведены в табл. 6 и 7 [16, 17].

Таблица 6

Свойства клеевых соединений топливостойкой резины и прорезиненной ткани, выполненных клеем ВКР-85

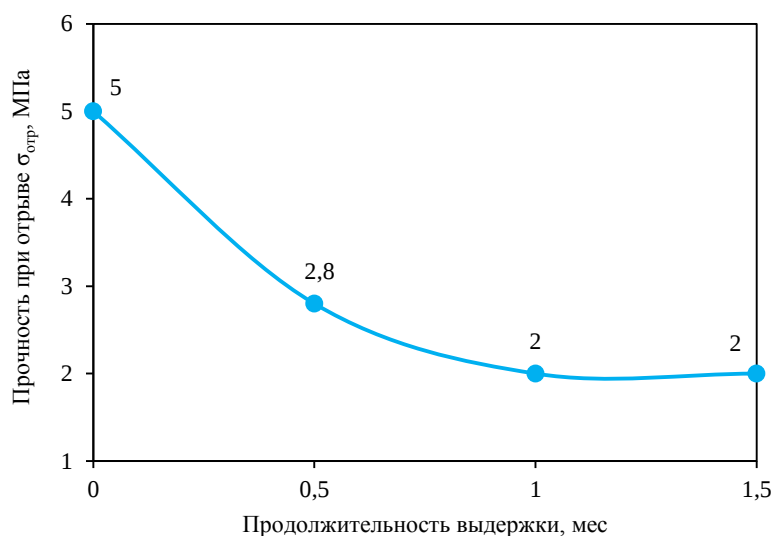
Склеиваемый материал	Прочность связи между слоями при расслоении $S_{\text{рассл}}$, Н/мм, при температуре испытания, °С			
	-60	20	85	110
Топливостойкая резина	13,9 (4,9–20,3)	7,68 (6,16–9,21)	3,01 (2,60–3,43)	2,11 (1,96–2,38)
Прорезиненная ткань	1,26 (0,61–1,91)	3,30 (2,62–3,76)	1,19 (0,93–1,52)	0,93 (0,68–1,25)

Таблица 7

Свойства клеевых соединений топливостойкой резины и прорезиненной ткани, выполненных клеем ВКР-85, после воздействия агрессивных сред

Среда	Условия воздействия	Прочность при расслоении $S_{\text{рассл}}$, Н/мм, при температуре 20 °С для	
		топливостойкой резины	прорезиненной ткани
Контрольные показатели		7,68 (6,16–9,21)	3,30 (2,62–3,76)
Топливо ТС-1	При 23±2 °С, 90 сут	6,03 (4,95–6,82)	1,17 (0,90–1,62)
	При 110±2 °С, 5 сут	4,14 (3,78–4,77)	1,22 (1,06–1,39)
Топливо РТ	При 23±2 °С, 90 сут	6,37 (4,87–6,84)	1,32 (1,10–1,87)
	При 110±2 °С, 5 сут	4,34 (4,03–4,72)	1,31 (1,05–1,71)
Масло ИПМ-10	Облив в течение 10 сут	7,97 (4,05–9,12)	1,75 (1,20–2,28)
Масло МС-8П		7,88 (6,16–9,08)	1,68 (1,20–2,16)

Проведено исследование стойкости клеевых соединений при воздействии условий, имитирующих тропический климат. Для проведения испытаний образцы клеевых соединений резины 3826 со сталью 30ХГСА опескоструенной помещали в эксикатор и выдерживали в термостате при температуре 50 °С и влажности 98 %. Изменение прочности клеевых соединений показано на рисунке [15].



Изменение прочности клеевых соединений резины 3826 со сталью 30ХГСА (опескоструенной) при воздействии искусственных тропических условий

При воздействии искусственных тропических условий наблюдалось изменение характера разрушения клеевых соединений – при контрольном испытании разрушение проходило когезионно по резине, после воздействия искусственных тропических условий характер разрушения сменился на адгезионный с оголением поверхности резины.

Клеевые соединения прорезиненной ткани, выполненные клеем ВКР-85, выдержаны:

- в условиях промышленной атмосферы умеренного климата (г. Москва) в течение 6 мес;
- в условиях приморской атмосферы умеренно теплого климата (г. Геленджик) в течение 4 мес.

Результаты испытаний приведены в табл. 8.

Таблица 8

Свойства клеевых соединений прорезиненной ткани, выполненных клеем ВКР-85, после воздействия климатических условий

Климатическая зона	Прочность при расслоении $S_{\text{рассл}}$, Н/мм, при температуре 20 °С
Контрольный показатель	3,30 (2,62–3,76)
г. Москва	1,40 (1,05–1,70)
г. Геленджик	1,60 (1,28–1,95)

Результаты испытаний показали, что прочность при расслоении клеевых соединений прорезиненной ткани снизилась с 3,3 до 1,4 Н/мм после экспозиции на климатической станции в г. Москве и до 1,6 Н/мм на климатической станции в г. Геленджике. При этом разрушение клеевых соединений имело место между тканью и эластомерным покрытием [18–20].

Заключения

Клей ВКР-85 имеет хорошую адгезию к невулканизированным резиновым смесям на основе бутадиен-нитрильного, полихлоропренового, натурального, натрий-бутадиенового, бутадиен-стирольного и этиленпропиленового каучуков и может быть использован для крепления их к металлам в процессе вулканизации. Следует особо отметить способность клея ВКР-85 склеивать резины, содержащие большое количество пластификатора. Непосредственно после склеивания прочность клеевых соединений больше прочности резин. Клей обеспечивает работоспособность клеевых соединений до температуры 130 °С. Клеевые соединения резин с металлами стойки при воздействии агрессивных сред (топлива Т-1 и масла АМГ-10), при этом разрушение клеевых соединений после выдержки в таких средах происходит по резине. Клеевые соединения выдерживают воздействие температуры 130 °С в течение 250 ч с сохранением прочности клеевых соединений больше прочности резины. При склеивании прорезиненных тканей разрушение клеевых соединений происходит в основном по границе раздела «ткань–эластомерное покрытие». Экспозиция клеевых соединений прорезиненных тканей на климатических станциях г. Москвы (6 мес) и г. Геленджика (4 мес) приводит к значительному снижению прочности клеевых соединений с сохранением характера разрушения по границе раздела «ткань–эластомерное покрытие».

Библиографический список

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.

2. Каблов Е.Н. Россия на рынке интеллектуальных ресурсов // Эксперт. 2015. № 28 (951). С. 48–51.
3. Каблов Е.Н. Из чего сделать будущее? Материалы нового поколения, технологии их создания и переработки – основа инноваций // Крылья Родины. 2016. № 5. С. 8–18.
4. Каблов Е.Н. Авиационное материаловедение // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. № 3. С. 2–14.
5. Авиационные материалы: справочник: в 13 т. / под ред. Е.Н. Каблова. 7-е изд., доп. и перераб. М.: ВИАМ, 2019. Т. 10: Клеи, герметики, резины, гидрожидкости. Часть 1. Клеи, клеевые препреги. 276 с.
6. Петрова А.П., Донской А.А. Клеящие материалы. Герметики. СПб.: Профессионал, 2008. 589 с.
7. Большой справочник резинщика: в 2 ч. / под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. М.: Техинформ, 2012. Ч. 2: Резины и резинотехнические изделия. 641 с.
8. Хорова Е.А., Мышляцев А.В., Стрижак Е.А., Третьякова Н.А. Исследование гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков методами дифференциальной сканирующей калориметрии и динамического механического анализа // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 1 (54). С. 11–16. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-11-16.
9. Наумова Ю.А. Эффекты синергизма в эластомерных адгезионных композициях // III Междунар. науч.-техн. конф. «Современные достижения в области клеев и герметиков: материалы, сырье, технологии» (Дзержинск, 11–13 сент. 2019 г.). Н. Новгород, 2019. С. 60–62.
10. Исаев А.Ю., Рубцова Е.В., Котова Е.В., Сутягин М.Н. Исследование свойств клеев и клеевых связующих, изготовленных с использованием современной отечественной компонентной базы // Труды ВИАМ. 2021. № 3 (97). Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 22.03.2021). DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-3-58-67.
11. 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.
12. Лаптев А.Б., Барботько С.Л., Николаев Е.В. Основные направления исследований сохранения свойств материалов под воздействием климатических и эксплуатационных факторов // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 5. С. 547–561. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-5-547-561.
13. Тюменева Т.Ю., Лукина Н.Ф. Разработки в области эластомерных клеев авиационного назначения // Труды ВИАМ. 2016. № 8 (44). Ст. 09. URL: <http://viam-works.ru> (дата обращения: 20.04.2021). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-8-9-9.
14. Тюменева Т.Ю., Лукина Н.Ф., Журавлева П.Л., Гуляев А.И. Влияние наномодификаторов на свойства эластомерных клеевых систем // Клеи. Герметики. Технологии. 2015. № 3. С. 11–16.
15. Сагомонова В.А., Кислякова В.И., Тюменева Т.Ю., Большаков В.А. Влияние клеевого слоя на демпфирующие свойства вибропоглощающего материала на основе термопластичного полиуретана // Клеи. Герметики. Технологии. 2015. № 2. С. 8–11.
16. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учеб. пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2017. 472 с.
17. Логачева Е.П., Боков С.В., Польсман Г.С. Клеи для крепления резин между собой и с другими субстратами // Клеи. Герметики. Технологии. 2007. № 9. С. 26–30.
18. Копылов В.М., Иванов В.В., Ковязин В.А. Кремнийорганические аппреты // Клеи. Герметики. Технологии. 2004. № 6. С. 2–12.
19. Котова С.В., Люсова Л.Р., Попов А.А. Адгезионные композиции холодного отверждения на основе бутадиен-нитрильного каучука и хлоропренов // Каучук и резина. 2009. № 4. С. 29–33.
20. Люсова Л.Р. Развитие направления «эластомерные клеи» на кафедре химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева ИТХТ им. М.В. Ломоносова РТУ-МИРЭА // III Междунар. науч.-техн. конф. «Современные достижения в области клеев и герметиков: материалы, сырье, технологии» (Дзержинск, 11–13 сент. 2019 г.). Н. Новгород, 2019. С. 59–60.