

УДК 667.621.262.2

Н.Ф. Лукина<sup>1</sup>, Л.А. Дементьева<sup>1</sup>, А.П. Петрова<sup>1</sup>, Л.И. Аниховская<sup>2</sup>**КЛЕЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ ЛОПАСТЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ**

DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-7-7-7

*Показан опыт применения высокоэластичных фенолокаучуковых клеев ВК-3, ВК-25, ВК-50, жидкого фенолокаучукового клея ВК-32-200В в качестве клеевого подслоя и высокопрочных эпоксидных пленочных клеев ВК-36Р и ВК-51 для изготовления лопастей несущих и рулевых винтов вертолетов. Представлены основные механические характеристики и назначение клеев. Показаны пути развития работ в области разработки и применения новых клеящих материалов в вертолетной технике и техническая эффективность от их применения в конструкции вертолетов.*

*Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 15.1. «Многофункциональные клеящие системы» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].*

**Ключевые слова:** *высокоэластичные фенолокаучуковые клеи, высокопрочные эпоксидные клеи, клеевое соединение, клеевое связующее, клеевой препрег, композиционный материал, стеклопластик, механические характеристики.*

*Application experience of highly elastic phenolic and rubber adhesives VK-3, VK-25, VK-50, liquid phenolic rubber adhesive VK-32-200B as glue intermediate layer and high-strength epoxy film adhesives VK-36P and VK-51 for blades manufacturing of main and tail helicopter propellers is shown. The main mechanical characteristics and purpose of adhesives are presented. Ways of development in the field of new adhesive materials application in helicopter equipment and technical efficiency in helicopters design are shown.*

*The work is executed within implementation of the complex scientific direction 15.1. «Multi-function adhesive systems» («The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030») [1].*

**Keywords:** *highly elastic phenolic and rubber adhesives, high-strength epoxy adhesives, adhesive bond, adhesive binding, bond prepreg, composite material, fibreglass, mechanical characteristics.*

<sup>1</sup>Федеральное 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

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственная фирма «Техполиком» [Scientific and production firm limited liability company «Tehpolikom»] E-mail: npfpk@rambler.ru

**Введение**

Одними из весьма ответственных агрегатов изделий авиационной техники являются лопасти винтов вертолетов, на которые в процессе эксплуатации оказывают воздействие высокие статические и сложные знакопеременные нагрузки. В настоящее время технологический процесс склеивания является единственным способом соединения элементов конструкции лопастей несущих и рулевых винтов вертолетов. Применение для этих целей высокопрочных клеев конструкционного назначения, разработанных в ВИАМ, обеспечивает эксплуатационную надежность и высокий ресурс лопастей.

Для соединения элементов лопастей, особенно для наиболее ответственного соединения обшивок хвостовых отсеков с лонжероном, применяются специально разработанные высокопрочные высокоэластичные фенолокаучуковые клеи конструкционно-

го назначения. При изготовлении хвостовых отсеков лопастей несущего и рулевого винтов и других узлов и агрегатов вертолетов из ПКМ в настоящее время применяются высокопрочные эпоксидные пленочные клеи.

Клеевые соединения в конструкции лопастей вертолетов обладают высокой длительной прочностью, вибростойкостью, стойкостью к распространению трещин, воздействию климатических факторов и агрессивных сред. Многолетний опыт эксплуатации силовых клееных конструкций, изготовленных с применением клеев, показал их высокую надежность [2–4].

### Материалы и методы

#### *Объекты исследований:*

- высокопрочные и высокоэластичные фенолокаучуковые клеи марок ВК-3, ВК-25 и ВК-50;
- жидкий фенолокаучуковый клей марки ВК-32-200В;
- высокопрочные эпоксидные пленочные клеи марок ВК-36Р и ВК-51;
- клеевое связующее марки ВСК-14-2мР.

#### *Методы исследований*

Упруго-вязкостные (реологические) характеристики клеевого связующего ВСК-14-2мР определяли с помощью реометра Physica фирмы Anton Paar модели MCR 302 в соответствии с ISO 6721-10.

Определяли следующие физико-механические характеристики клеевых соединений:

- предел прочности при сдвиге (ГОСТ 14759–91);
- предел прочности при отрыве (ГОСТ 14760-85);
- предел прочности при неравномерном отрыве (ОСТ1 90016–71);
- предел прочности при расслаивании и отслаивании (РТМ 1.2А.015–99);
- предел прочности при равномерном отрыве обшивки от сотового заполнителя (ОСТ1 90069–72).

Определяли следующие физико-механические характеристики композиционного материала, изготовленного из клеевого препрега на стеклонеполнителе:

- предел прочности и модуль упругости при растяжении (ГОСТ 25.601–80);
- предел прочности при сжатии (ГОСТ 25.602–82);
- предел прочности при статическом изгибе (ГОСТ 4648–71).

### Результаты и обсуждение

В конструкции лопасти вертолета клеи имеют следующее назначение:

- клеи ВК-3 и ВК-50 – для сборки хвостового сотового отсека, соединения верхней и нижней обшивок с нервюрами и для приклеивания хвостовых отсеков к лонжерону из металлов и полимерных композиционных материалов (ПКМ);
- клей ВК-51 – для склеивания обшивок с сотовым заполнителем при изготовлении хвостовых отсеков;
- клей ВК-25 – для изготовления сотового заполнителя из алюминиевой фольги АМг2Н и полимерной бумаги типа «Номекс», который используется в конструкции хвостового отсека;
- клей ВК-36Р – в качестве клеевой матрицы при изготовлении обшивок хвостовых отсеков из Органита 11Т, а также при изготовлении стеклопластиковых нагревательных накладок антиобледенительной системы.

Перед склеиванием металлическую поверхность лонжерона подвергают анодному окислению в серно-кислотном электролите с наполнением в хромпике (Ан.Окс.нхр)

[5] с последующим нанесением подслоя, в качестве которого используют жидкий клей ВК-32-200В. Клей ВК-32-200В не содержит в своем составе параформ, в связи с чем образует беспористое покрытие толщиной от 80 до 160 мкм и используется в качестве антикоррозионного покрытия для склеиваемой металлической поверхности лонжерона, что также позволяет увеличить временной промежуток между анодированием детали и склеиванием – до 30 сут [6, 7].

В табл. 1 представлены основные прочностные характеристики клеевых соединений, выполненных с использованием клеев конструкционного назначения.

Таблица 1

**Механические характеристики\* клеевых соединений сплава Д19-АТ Ан.Окс.хром при различных температурах**

Клей	Интервал рабочих температур, °С	$\tau_b$	$\sigma_b$	$S_{рассл}$ , кН/м	$\gamma$ , %	$\sigma_{дл}$ , МПа ( $\tau$ , ч)	$\tau_{max}$ , МПа, при $N=10^7$ цикл
		МПа					
ВК-25	-60÷+200	27	22	5–6	140–200	18,5 (500)	9
ВК-36Р	-130÷+160	37±2,5	50	2–3	80–100	34 (500) 33 (1000)	8
ВК-50	-60÷+150	25±5	25±5	10	135–150	17 (500)	10
ВК-51	-60÷+80	40±2,5	–	3	70–120	32,4 (500)	9

\*  $\tau_b$  – предел прочности при сдвиге;  $\sigma_b$  – предел прочности при равномерном отрыве;  $S_{рассл}$  – прочность при расслаивании двух тонких листовых материалов (Т-образный отдр);  $\gamma$  – удлинение клея при сдвиге;  $\sigma_{дл}$  – длительная прочность клеевых соединений при сдвиге;  $\tau_{max}$  – вибростойкость клеевых соединений.

Следует отметить, что клей ВК-50 имеет преимущества перед фенолокаучуковыми клеями, разработанными ранее. Клей ВК-50 отверждается при пониженной температуре, которая регулируется в диапазоне температур от 130 до 150°С (вместо 165±5°С – для клея ВК-3 и 175±5°С – для клея ВК-32-200). Клей ВК-50 благодаря наличию в составе пероксидов отверждается по полимеризационному механизму, в связи с чем практически не выделяет летучих веществ в процессе отверждения. Отверждение клеев ВК-3 и ВК-32-200 проходит по механизму поликонденсации, что сопровождается выделением до 13% летучих веществ. В связи с этим технологический процесс склеивания с использованием клея ВК-50 можно проводить при пониженном давлении, которое составляет 0,1–0,3 МПа, в то время как при склеивании клеем ВК-3 требуется давление 0,5 МПа, а при склеивании клеем ВК-32-200: 0,6–2,0 МПа. Кроме того, клей ВК-50 обладает текучестью в процессе склеивания, что позволяет обеспечить полную смачиваемость склеиваемых поверхностей и отсутствие непроклеев при пониженном давлении. Клей ВК-3 не обладает текучестью, что в сочетании с выделением значительного количества летучих в процессе отверждения вызывает необходимость применения повышенного давления при склеивании. Все вышеперечисленные преимущества клея ВК-50 позволяют отнести его к категории фенолокаучуковых клеев нового поколения [8–10].

Расширенные исследования, проведенные в процессе разработки и квалификационной оценки (паспортизации) клеев конструкционного назначения, показывают, что клеевые соединения, выполненные с их использованием, обладают длительной прочностью, выносливостью, устойчивы к длительному и циклическому воздействию повышенных температур ( $\geq 80^\circ\text{C}$ ), воздействию влаги, воды, агрессивных сред (растворителей, авиационных топлив и масел). Клеи не являются коррозионно-активными [11–13].

Высокоэластичные клеи марок ВК-3, ВК-25, ВК-50, ВК-32-200В (в качестве подслоя) и высокопрочные клеи марок ВК-36Р и ВК-51 применяются на многих серийных заводах, производящих вертолетную технику, в основном в технологическом процессе производства лопастей несущих и рулевых винтов вертолетов. Так, в АО «Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля» конструкционные клеи широко применяются во всех типах вертолетов: Ми-8, Ми-14, Ми-6, Ми-10, Ми-12, В-24, В-26, В-34, В-38 и других. Кроме лопастей несущего и рулевого винтов, клеевые соединения

используются в конструкции фюзеляжа и других агрегатов, в том числе при склеивании «жертвенных» деталей втулок.

Применение высокоэластичных и высокопрочных клеев конструкционного назначения обеспечивает ресурс и надежность лопастей всех типов вертолетов семейства «Ми» при длительной эксплуатации. В настоящее время календарный срок службы лопастей наиболее широко применяющегося вертолета Ми-8 составляет 10 лет, ресурс >10000 ч. Клей ВК-50 применяется также для изготовления слоистых конструкций (металл–металл), в том числе в акустически нагруженных агрегатах планера самолетов и вертолетов (Ил-86, Ил-96, Ан-124, Ан-140, Ка-50, семейств «Су» и «МиГ» всех модификаций). Клей ВК-51 широко используется для склеивания металлов и неметаллических материалов, в том числе сотовых конструкций в процессе сборки высокоресурсных конструкций летательных аппаратов авиакосмического комплекса, работающих при температурах от -60 до +80°C [14, 15].

Многолетний опыт эксплуатации клееных конструкций с применением этих клеев доказал высокую надежность и работоспособность таких конструкций, изготовленных с их использованием, во всех климатических зонах Российской Федерации [16, 17].

Однако при эксплуатации лопастей вертолетов в зарубежных странах, климат которых характеризуется повышенной температурой (до 100°C на солнце) и высокой влажностью (до значений  $\varphi=98-100\%$ ), в некоторых случаях отмечалось снижение прочностных характеристик клеевых соединений в конструкции хвостовых отсеков по границе раздела между обшивкой из органопластика и пленочным клеем ВК-51. В ходе исследований характера разрушения клеевого соединения было высказано предположение, что в результате склеивания отформованной обшивки с сотовым наполнителем имеются зазоры между склеиваемыми поверхностями из-за плохой подгонки. По зазорам внутрь агрегата проникает вода, которая адсорбируется органопластиком, обладающим повышенным влагопоглощением, что и является, по-видимому, основной причиной разрушения клеевого соединения в процессе эксплуатации.

В связи с этим была поставлена задача по разработке стеклопластика с повышенными упруго- и теплопрочностными характеристиками, пониженным влагонасыщением для использования взамен органопластика для изготовления обшивки хвостового отсека лопасти вертолета.

Для решения этой задачи выполнен комплекс НИР по разработке клеевого связующего с пониженной динамической вязкостью, клеевого препрега на основе разработанного связующего и однонаправленного стеклонаполнителя и гибридного стеклопластика на основе клеевого препрега.

Разработан состав клеевого связующего ВСК-14-2МР\* с пониженной вязкостью, повышенными деформационными и прочностными характеристиками и теплостойкостью до 120°C [18].

На рис. 1 представлены данные, характеризующие температурную зависимость динамической вязкости клеевого связующего ВСК-14-2МР в сравнении с клеевыми связующими ВСК-14-2м и ВСК-14-3, которые используются в составе композиционных клеевых материалов. Как видно из представленных на рис. 1 данных, динамическая вязкость связующего ВСК-14-2МР варьируется от 42,6 Па·с при температуре 90°C до 10 Па·с при температуре 120°C. Для сравнения – динамическая вязкость клеевых связующих ВСК-14-2м и ВСК-14-3 в этих же температурных пределах составляет: от 453 до 63 Па·с (клей ВСК-14-2м) и от 170 до 25 Па·с (ВСК-14-3). Высокая динамическая вязкость этих связующих не позволяет использовать их для нанесения на стеклоровинг.

\* Клеевое связующее ВСК-14-2МР разработано под руководством Л.А. Дементьевой и при участии А.А. Сереженкова и Е.В. Котовой.

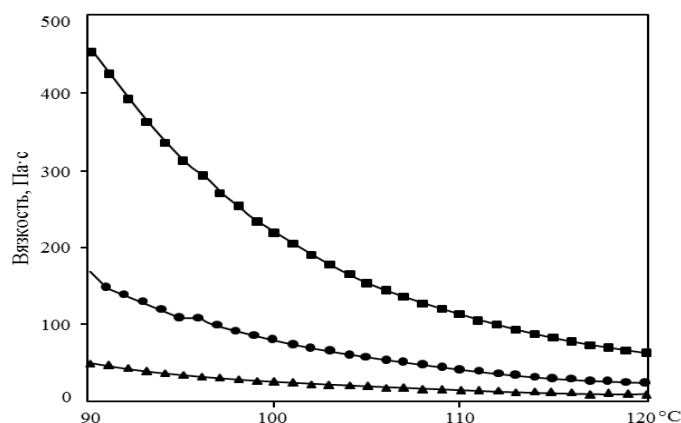


Рис. 1. Температурная зависимость динамической вязкости клеевых связующих ВСК-14-2МР (▲), ВСК-14-3 (●) и ВСК-14-2М (■)

Исследование характера изменения значений динамической вязкости клеевого связующего ВСК-14-2МР при температуре 100°C в изотермическом режиме позволило определить продолжительность переработки связующего (время в технологическом процессе, при котором связующее контактирует с поверхностью наносящих валов в условиях длительного нагрева при постоянной температуре в процессе нанесения на наполнитель). Как видно из данных, представленных в табл. 2 и на рис. 2, вязкостные характеристики клеевого связующего ВСК-14-2МР при температуре 100°C в течение 3 ч меняются незначительно.

Таблица 2

**Характер изменения динамической вязкости клеевого связующего ВСК-14-2МР при продолжительном воздействии температуры 100°C**

Продолжительность воздействия, ч	$G'$	$G''$	$G''/G'$	Вязкость, Па·с
	Па			
0	13	242	18,0	24,0
0,5	15	242	16,7	24,1
1	16	253	16,2	25,2
1,5	17	264	15,1	26,2
2	19	273	14,2	27,2
2,5	21	282	13,7	28,0
3	23	291	12,5	29,0

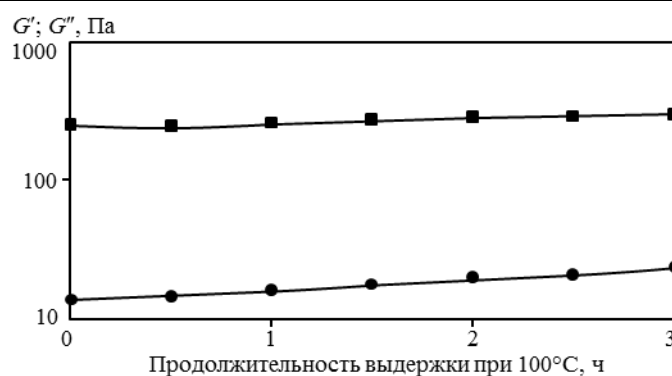


Рис. 2. Характер изменения реологических характеристик  $G'$  (●) и  $G''$  (■) клеевого связующего ВСК-14-2МР в процессе продолжительного воздействия температуры 100°C

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что на графиках зависимости динамического модуля упругости  $G'$  и модуля потерь  $G''$  от продолжительности выдержки при температуре 100°C отсутствует точка пересечения кривых, что характеризует

отсутствие момента гелеобразования. Это подтверждает возможность переработки клеевого связующего ВСК-14-2МР в препрег при температурах до 100°C.

Свойства клеевого связующего ВСК-14-2МР представлены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства клеевого связующего ВСК-14-2МР

Показатели	Значения показателя
Предел прочности при сдвиге клеевых соединений алюминиевого сплава Д16-АТ (или Д19-АТ), МПа (не менее), при температуре, °С: 20 120	20 20
Предел прочности при отслаивании $S_{отсл}$ , кН/м	Не менее 4
Динамическая вязкость, Па·с, при температуре испытания, °С: 100 110	20–80 10–50
Температура стеклования, °С	173–175
Массовая доля летучих веществ, %	Не более 2

Пониженная вязкость связующего ВСК-14-2МР позволяет осуществлять равномерное нанесение клеевого связующего на стеклонаполнитель в процессе изготовления клеевого препрега, при этом достигается нанос связующего с разбросом 1,5–2%, что обеспечивает стабильность физико-механических характеристик стеклопластика, сформованного из клеевого препрега.

На основе клеевого связующего ВСК-14-2МР и волокнистого наполнителя, состоящего из однонаправленных некрученых жгутов (ровингов) из стекла ВМП с линейной плотностью 400–1900 текс, разработан клеевой препрег марки КМКС-2МР.120.РВМПН. Свойства стеклопластика на основе клеевого препрега КМКС-2МР.120.РВМПН представлены в табл. 4.

Таблица 4

Свойства стеклопластика на основе клеевого препрега КМКС-2МР.120.РВМПН

Показатели	Значения показателя для стеклопластика с укладкой наполнителя	
	[0]	[0, 90]
Предел прочности при растяжении, МПа	1980	1000
Модуль упругости при растяжении, ГПа	63	35
Предел прочности при сжатии, МПа	1580	1100
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	2150	–
Теплостойкость, °С	120	

Следует отметить, что изготовление клеевого препрега путем нанесения клеевого связующего на поверхность стеклоровинга выполняется на современном технологическом оборудовании, что обеспечивает равномерное нанесение клеевого связующего на поверхность стеклоровинга. Технические характеристики оборудования позволяют изготовить препрег, содержание связующего в котором варьируется в широких пределах – от 23 до 65%. На основе клеевого препрега КМКС-2МР.120.РВМПН с содержанием клеевого связующего 48% разработан гибридный стеклопластик марки ВПС-53К\*, который в качестве обшивочного материала на основании положительных результатов ресурсных испытаний внедрен в конструкцию хвостового отсека лопасти вертолета серии «Ми» производства АО «Роствертол».

\* Разработка стеклопластика ВПС-53К выполнена Ю.О. Поповым и Т.В. Колокольцевой.

Исключительно перспективной является задача по опробованию современной технологии изготовления сотовых конструкций с использованием клеевых препрегов применительно к технологическому процессу изготовления хвостовых отсеков лопасти вертолета [19].

Клеевые препреги представляют собой полуфабрикаты, в составе которых используются клеевые эпоксидные связующие расплавного типа, отличающиеся вязкоупругими, прочностными, деформационными и температурными характеристиками, и различные наполнители отечественного и импортного производства, среди которых широко используются равнопрочные и однонаправленные стеклонаполнители, в том числе на основе высокомодульных волокон. Композиционные материалы на основе клеевого стеклопрепрега марки КМКС-1.80 обладают теплостойкостью до 80°C, а на основе клеевых стеклопрепрегов марок КМКС-2.120 и КМКС-2м.120 – до 120°C.

Основные характеристики некоторых стеклопластиков на основе клеевых препрегов марок КМКС приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Основные свойства стеклопластиков на основе клеевых препрегов марок КМКС при температуре испытания 20°C**

Клеевой препрег	Стеклонаполнитель	$\sigma_B$	$\sigma_{B.cж}$	$E$ , ГПа	$T_{раб}$ , °C
		МПа			
КМКС-1.80	Стеклоткани марок Т-10-80, Т-15, Т-64 (ВМП)	620	520	22	80
КМКС-1с.80	Стеклоткань Т-60 (ВМП), кварцевая ткань С8/3-К-ТО	670–1325	580–805	25–40	80
КМКС-2.120	Стеклоткани марок Т-10-80, Т-15, Т-60 (ВМП)	450–1325	560–930	22–50	120
КМКС-2м.120	Стеклоткани марок Т-10-80, Т-15, Т-60 (ВМП), Т-64 (ВМП)	385–1500	450–900	19–42	120

Значения механических характеристик зависят от марки стеклонаполнителя, применяемого в составе клеевого препрега [20–22].

Специалистами ВИАМ разработана высокоэффективная технология сборки клееных высоконагруженных сотовых и слоистых конструкций из неметаллических материалов, отличительной особенностью которой является то, что формование обшивки из пакета, собранного из заготовок, вырезанных из клеевого препрега, и приклеивание обшивки к сотовому наполнителю происходит одновременно, за одну технологическую операцию, при этом в процессе изготовления сотовой конструкции взамен пленочного клея используют клеевой препрег с увеличенным содержанием связующего, который укладывают между заготовкой обшивки и сотовым наполнителем [23, 24].

С использованием данной технологии возможно изготовление деталей двойной и сложной кривизны, в том числе деталей, сочетающих сотовые и монолитные элементы конструкции. В результате применения технологии изготовления сотовых конструкций с применением клеевых препрегов достигается существенный технико-экономический эффект за счет снижения цикла и трудоемкости изготовления конструкций (в результате сокращения технологической операции предварительного формования обшивки), массы конструкции (в результате применения клеевого препрега с пониженной поверхностной плотностью в сравнении с пленочным клеем). Существенным преимуществом данной технологии также является достижение герметичности сотовых конструкций за счет исключения зазоров между обшивкой и сотовым наполнителем.

Клеевые препреги нашли широкое применение для изготовления деталей и агрегатов из ПКМ в изделиях авиакосмического комплекса: филиал ПАО «Компания

„Сухой”» «ОКБ Сухого» (самолеты серии «Су» всех модификаций), АО «ГСС» (самолет «Сухой Суперджет 100»), АО «РСК «МиГ» (самолеты серии «МиГ» всех модификаций), самолетах ОАО «АК им. С.В. Ильюшина», ПАО «Туполев», ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева», вертолетах АО «Камов», ракетной технике ОАО «ЭМЗ им. В.М. Мясищева», ОАО «РКК „Энергия” им. С.П. Королева» и других [25].

Имеющийся опыт длительной эксплуатации клееных конструкций в составе изделий авиационной техники подтверждает высокий уровень свойств композиционных материалов на основе клеевых препрегов [26].

### Заключение

Высокоэластические клеи марок ВК-3, ВК-25, ВК-50 и высокопрочные клеи марок ВК-36Р и ВК-51, используемые в конструкции лопастей вертолетов, обеспечили создание конструкций с высоким ресурсом и надежностью в эксплуатации и нашли широкое применение в изделиях военной, гражданской и транспортной авиационной и вертолетной техники.

Перспективной является задача по опробованию современной технологии изготовления сотовых конструкций с использованием клеевых препрегов применительно к технологическому процессу изготовления хвостовых отсеков лопасти вертолета.

### ЛИТЕРАТУРА

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.
2. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2012. 520 с.
3. Батизат В.П., Аниховская Л.И., Дементьева Л.А. Клеи для склеивания конструкций из металлов и композиционных материалов // *Авиационная промышленность*. 1983. №11. С. 15–17.
4. Аниховская Л.И., Петрова А.П., Батизат Д.В. Высокоэластичный пленочный клей ВК-50 // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2016 (в печати).
5. Каримова С.А., Павловская Т.Г., Петрова А.П. Подготовка поверхности алюминиевых сплавов с применением анодного оксидирования // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2014. №1. С. 34–38.
6. Петрова А.П., Лукина Н.Ф. Применение адгезионных грунтов и систем модификации поверхности при склеивании // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2013. №9. С. 24–28.
7. Петрова А.П., Лукина Н.Ф. Влияние адгезионных грунтов на ресурсные характеристики клеевых соединений // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2015. №11. С. 20–23.
8. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №S. С. 7–17.
9. Гращенко Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №S. С. 231–242.
10. Шарова И.А., Петрова А.П. Обзор по материалам международной конференции по клеям и герметикам (WAS-2012, Франция) // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* 2013. №8. Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 25.01.2016).
11. Петрова А.П., Донской А.А., Чалых А.Е., Щербина А.А. Клеящие материалы. Герметики: справочник. СПб.: Проффессионал, 2008. С. 589.
12. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Сереженков А.А. Конструкционные и термостойкие клеи // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №S. С. 328–335.
13. Петрова А.П., Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Авдонина И.А., Тюменева Т.Ю., Жадова Н.С. Клеи для авиационной техники // *РЖХ*. 2010. Т. LIV. №1. С. 46–52.
14. Каблов Е.Н., Минаков В.Т., Аниховская Л.И. Клеи и материалы на их основе для ремонта конструкций авиационной техники // *Авиационные материалы и технологии*. Выпуск: Ремонтные технологии в авиастроении. 2002. С. 61–65.

15. Аниховская Л.И., Минаков В.Т. Клеи и клеевые препреги для перспективных изделий авиакосмической техники // *Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2002: юбилейный науч.-технич. сб. М.: МИСиС–ВИАМ, 2002. С. 315–326.*
16. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Тюменева Т.Ю. Свойства клеев и клеящих материалов для изделий авиационной техники // *Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №1. С. 14–24.*
17. Дементьева Л.А., Лукина Н.Ф., Сереженков А.А., Куцевич К.Е. Основные свойства и назначение ПКМ на основе клеевых препрегов // *Конструкции и технология получения изделий из неметаллических материалов»: сб. тез. докл. XIX Международной науч.-технич. конф. / ОНПП «Технология». Обнинск, 2010. С. 11–12.*
18. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Кириенко Т.А., Чурсова Л.В. Клеевые связующие для деталей из ПКМ сотовой конструкции // *Клеи. Герметики. Технологии. 2016 (в печати).*
19. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Бочарова Л.И., Аниховская Л.И., Лукина Н.Ф. Композиционные материалы клеевые на основе стеклянных и углеродных наполнителей // *Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №1. С. 24–27.*
20. Лукина Н.Ф., Чурсова Л.В. Лаборатория «Клеи и клеевые препреги» – достижения и перспективы // *Клеящие материалы авиационного назначения: сб. докл. конф. М.: ВИАМ, 2013. С. 1–5.*
21. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е. Клеевые препреги и слоистые материалы на их основе // *Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 19–21.*
22. Препрег и изделие, выполненное из него: пат. 2427594 Рос. Федерация; опубл. 23.07.13.
23. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Kotova E.V., Senatorova O.G., Sidel'nikov V.V., Kutsevich K.E. Adhesive prepregs and composite materials on their basis // *Russian Journal of General Chemistry. 2011. T. 81. №5. С. 1022–1024.*
24. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Бочарова Л.И., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е., Петрова А.П. Свойства композиционных материалов на основе клеевых препрегов // *Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №6. С. 19–24.*
25. Морозов Б.Б. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях разработки ОКБ Сухого // *Клеящие материалы авиационного назначения: сб. докл. конф. М.: ВИАМ, 2013. С. 31–36.*
26. Хрычев Ю.И., Шкодинова Е.П., Дементьева Л.А. Разработка технологического процесса изготовления радиопрозрачного обтекателя из клеевых препрегов типа КМКС-2м.120 // *Клеящие материалы авиационного назначения: сб. докл. конф. М.: ВИАМ, 2013. С. 43–47.*