



УДК 678.4:536.46

DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-10-9-9

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ  
СОЗДАНИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ РЕЗИН С  
ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТЬЮ**

*И.С. Наумов*

*А.П. Петрова*

*доктор технических наук*

*О.А. Елисеев*

*С.Л. Барботько*

*кандидат технических наук*

**Октябрь 2015**

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем тридцати научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в четырех филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

УДК 678.4:536.46

DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-10-9-9

*И.С. Наумов<sup>1</sup>, А.П. Петрова<sup>1</sup>, О.А. Елисеев<sup>1</sup>, С.Л. Барботько<sup>1</sup>*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ РЕЗИН С ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТЬЮ**

*Приведено краткое описание процесса изготовления резиновых смесей на основе силоксанового каучука марки СКТВ-1 и образцов вулканизатов этих резиновых смесей для исследований. Дано описание проведенных исследований физико-механических свойств и горючести вулканизатов резиновых смесей на основе силоксанового каучука марки СКТВ-1, содержащих различное количество антипиренов. По результатам исследований свойств вулканизатов проведен выбор антипиренов для получения трудносгорающей резины на основе силоксанового каучука марки СКТВ-1. Приведены результаты экспериментальных исследований образцов вулканизатов на основе нового кремнийорганического блок-сополимера, обладающего повышенной термостойкостью.*

**Ключевые слова:** *резина, каучук, кремнийорганический блок-сополимер, антипирен, пожарная безопасность, горючесть, прочность, гидроксид алюминия, декабромдифенилоксид, триоксид сурьмы.*

*I.S. Naumov, A.P. Petrova, O.A. Eliseev, S.L. Barbot'ko*

## **EXPERIMENTAL RESEARCH IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF ORGANIC SILICON RUBBERS WITH LOW FLAMMABILITY**

*A brief description of the manufacturing process of rubber compounds based on silicone rubber SKTV-1 and vulcanizates samples of the rubber compounds for research is provided. The description of the conducted researches of physic-mechanical properties and flammability of vulcanizates of rubber compounds on the basis of the silicone SKTV-1 rubber containing different quantity of flame retardants is given. By results of research vulcanizates properties the choice of flame retardants was made for receiving fire-resistant rubber on the basis of silicone rubber of the SKTV-1. Results of experimental research of samples of vulcanizates on the basis of the new organic silicon block copolymer possessing increased heat resistance are given.*

**Keywords:** *rubber, organic silicon, block copolymer, flame retardant, fire safety, combustibility, durability, aluminum hydroxide, decabromodiphenyl oxide, antimony trioxide.*

---

<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

## **Введение**

Резины на основе кремнийорганических каучуков обладают комплексом уникальных эксплуатационных характеристик, таких как широкий температурный диапазон эксплуатации – от -60–70 до +250–350°C, высокие озоно- и атмосферостойкость, отсутствие неприятных запахов, биоинертность и др. [1–5]. Кроме того, кремнийорганические резины обладают относительно низкой горючестью в сравнении с резинами на основе карбоцепных каучуков. Тем не менее резиновые смеси без добавления огнегасящих добавок (антипиренов), как правило, поддерживают самостоятельное остаточное горение после удаления источника открытого пламени, т. е. являются горючими материалами [6].

В данной статье описаны результаты экспериментальных исследований в области создания кремнийорганических резин, обладающих пониженной горючестью, которые проводились в двух направлениях:

- создание самозатухающей резины на основе серийно выпускаемого кремнийорганического каучука марки СКТВ-1;
- создание самозатухающей резины на основе экспериментального образца нового кремнийорганического блок-сополимера повышенной термостойкости.

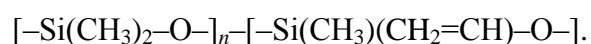
## **Материалы и методы**

### ***Экспериментальные исследования в области создания самозатухающих резин***

– *Резина на основе серийно выпускаемого отечественного кремнийорганического каучука марки СКТВ-1.*

Для исследований использован каучук марки СКТВ-1, относящийся к классу диметилвинилсилоксановых каучуков.

Химическое строение каучука марки СКТВ-1:



Содержание в каучуке СКТВ-1 модифицирующего звена (винильные группы) находится в пределах от 0,5 до 8% (мольн.). Молекулярная масса составляет 400–650 тыс. [4–7].

С помощью лабораторных смесительных вальцов изготовлена маточная резиновая смесь на основе каучука СКТВ-1, содержащая в своем составе усиливающий наполнитель, кремнийорганическую антиструктурирующую добавку и титановые пигментные белила. Маточную смесь разрезали на куски (каждый из расчета на 100 г каучука), в которые на лабораторных вальцах вводили вулканизирующий агент – органический пероксид, а также различные антипирены и их сочетания.

Для исследования в качестве антипиренов резиновых смесей на основе каучука СКТВ-1 использованы гидроксид алюминия (ГОСТ 11841–76) и декабромдифенилоксид, а также триоксид сурьмы (табл. 1), являющийся синергическим агентом для галогенсодержащих антипиренов [6, 8].

Выбор гидроксида алюминия основан на том, что он снижает энтальпию процесса горения (благодаря процессам дегидратации и испарения выделяющейся воды, являющихся эндотермическими), а также способствует образованию на поверхности резины защитного стеклообразного тугоплавкого слоя оксида алюминия.

Действие галогенсодержащих антипиренов, к которым относится декабромдифенилоксид, в основном происходит в предпламенной и поверхностной зонах горения, в меньшей степени – в зоне пиролиза. В предпламенной зоне за счет продуктов распада антипиренов происходит ингибирование реакций горения, снижается полнота сгорания и образуется защитный слой, затрудняющий доступ кислорода и тепла к резине [10–20].

Таблица 1

**Антипирены, использованные в резиновых смесях на основе силоксанового каучука СКТВ-1**

Антипирен	Содержание антипирена, мас. ч., для резиновой смеси						
	1	2	3	4	5	6	7
Гидроксид алюминия	Без антипирена	–	–	–	–	30	20
Декабромдифенилоксид		15	20	20	25	15	20
Триоксид сурьмы		–	–	3	–	–	–

Каучук марки СКТВ-1 и маточные смеси на его основе не требуют предварительного разогрева и пластикации на вальцах, поэтому ввод ингредиентов в резиновую смесь производили непосредственно после ее нанесения на валок. Вулканизирующий агент вводили в последнюю очередь. Далее смесь перемешивали на вальцах в течение 5 мин и снимали при зазоре, обеспечивающем нужную толщину листа.

Поскольку силоксановые каучуки обладают крайне низкими вязкостью и когезионной прочностью, то подрезка их на валках с помощью обычного ножа невозможна, и необходимо использовать для этой цели специальный нож-скребок в виде плоской лопатки, который монтируют на штангу, установленную перед валками. Съем готовых смесей с вальцов осуществляли после остановки их вращения посредством надреза и последующего осторожного отделения (без усилия) от металла.

Все полученные готовые смеси имели белый (молочный) цвет, практически не изменившийся в процессе вулканизации, что свидетельствует о возможности использования резин из них в декоративных целях. Дополнительное введение в резиновые смеси различных термостабильных пигментов позволяет придавать готовым изделиям требуемые цветовые оттенки.

*– Резина на основе кремнийорганического блок-сополимера повышенной термостойкости.*

С целью исследования возможности создания максимально термостойкой уплотнительной резины, обладающей при этом пониженной горючестью, использован экспериментальный образец нового кремнийорганического блок-сополимера, синтезированный во ФГУП «НИИСК» (г. Санкт-Петербург).

Технология изготовления резин на основе данного каучука имеет свои особенности – она является более энергоемкой и длительной по времени (в сравнении с другими кремнийорганическими резинами). В качестве вулканизирующих агентов используются гуанидные соединения вместо органических пероксидов, обычно применяемых в рецептурах большинства серийно выпускаемых кремнийорганических резин. Получены экспериментальные образцы вулканизатов резиновой смеси на основе кремнийорганического блок-сополимера.

### ***Методы исследования***

Из вулканизированных пластин с помощью штанцевых ножей изготовлены стандартизованные образцы для проведения испытаний. Испытания физико-механических и эксплуатационных свойств образцов вулканизатов проводили в соответствии с ГОСТ 270–75, ГОСТ 263–75, ГОСТ 27110–86, ГОСТ 7912–74, ГОСТ 13808–79, ГОСТ 9.024–74, ГОСТ 9.049–91 [21]. Определение характеристик пожарной безопасности образцов резин проводили согласно методике, изложенной в авиационных нормах АП-25, Приложение F, часть I, а также ОСТ 1 90094–79 [22, 23].

Испытывали образцы вулканизатов в виде пластин толщиной 2 мм при продолжительности воздействия пламени 12 с и вертикальной ориентации образцов (наиболее жесткие условия).

Для каждого исследуемого образца определяли:

- продолжительность самостоятельного горения – промежуток времени, в течение которого образец продолжает гореть после удаления пламени горелки;
- продолжительность тления – промежуток времени, в течение которого образец продолжает тлеть после удаления пламени горелки и прекращения пламенного горения;
- длину обуглившейся части образца – расстояние от нижней грани образца до наиболее удаленной части повреждения; при этом в длину обуглившейся части включают зоны частичного поражения (обугливания или охрупчивания) и не включают зоны, покрытые сажей, пятнами, а также покоробленные или обесцвеченные зоны.

Исследуемые материалы по степени горючести при испытании в вертикальном положении согласно ОСТ 1 90094–79 классифицируются следующим образом:

*Трудносгорающие.* К этой группе относятся материалы, у которых после удаления источника пламени не наблюдается остаточного горения и тления, а средняя длина прогоревшей части составляет <170 мм.

*Самозатухающие.* Материалы, у которых после удаления источника пламени остаточное горение или тление длится не более 15 с, а средняя длина прогоревшей части составляет <170 мм.

*Сгорающие.* Материалы, не удовлетворяющие требованиям вышеуказанных категорий.

## **Результаты**

Известно, что введение антипиренов в резиновые смеси ухудшает их физико-механические характеристики. Исходя из этого определено минимально возможное содержание антипиренов, позволяющее обеспечить необходимую пожарную безопасность резины.

Результаты испытаний физико-механических свойств вулканизатов *экспериментальных резиновых смесей на основе каучука СКТВ-1* приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Физико-механические свойства вулканизатов резиновых смесей на основе  
силоксанового каучука СКТВ-1**

Показатель	Значение показателей для состава резиновой смеси (см. табл. 1)						
	1	2	3	4	5	6	7
Условная прочность при растяжении, МПа	7,4	6,7	6,5	6,0	6,3	4,7	5,2
Относительное удлинение при разрыве, %	420	400	380	350	370	290	320
Относительное остаточное удлинение после разрыва, %	4	4	4	4	4	4	4
Твердость по Шору А, усл. ед.	69	69	69	69	70	74	73
Эластичность по отскоку, %	36	36	36	35	36	37	36

Согласно данным, представленным в табл. 2, наблюдается существенное снижение условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве при введении в резиновые смеси триоксида сурьмы и гидроксида алюминия. Декабромдифенилоксид влияет на упруго-прочностные свойства резин в меньшей степени.

Твердость по Шору А изменяется (в сторону увеличения) только при введении в резиновые смеси гидроксида алюминия.

Эластичность и относительное остаточное удлинение после разрыва остались практически постоянными для всех образцов.

Данные по горючести образцов вулканизатов резиновых смесей на основе силоксанового каучука СКТВ-1 приведены в табл. 3.

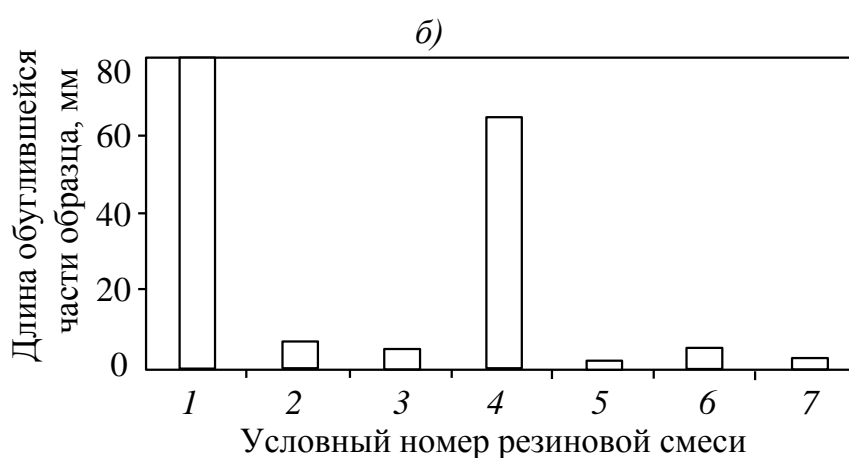
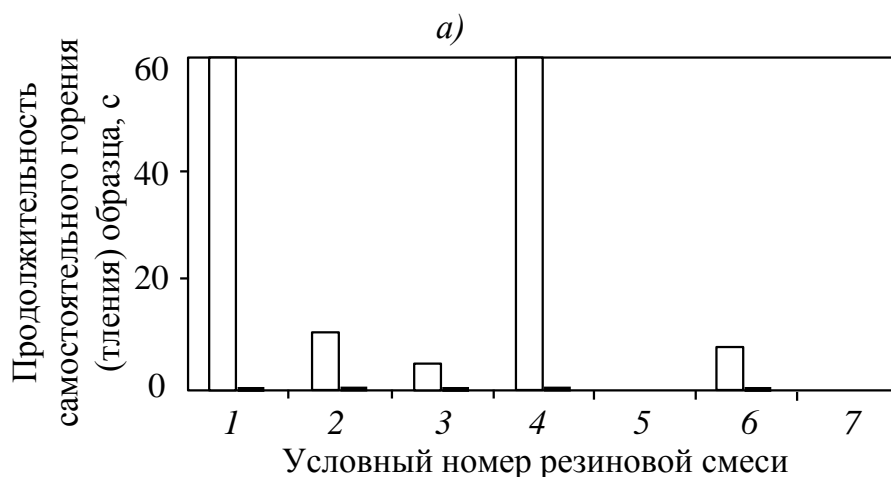
Таблица 3

**Горючесть вулканизатов резиновых смесей на основе силоксанового каучука СКТВ-1**

Показатель	Значение показателей для состава резиновой смеси (см. табл. 1)						
	1	2	3	4	5	6	7
Продолжительность самостоятельного горения образца, с	>60	11	5	>60	0	8	0
Продолжительность тления образца, с	–	0	0	–	0	0	0
Длина обуглившейся части образца, мм	80	7	5	65	2	5	3
Классификация образца по ОСТ 1 90094–79*	Сг	Сз	Сз	Сг	Тр	Сз	Тр

\* Сг – сгорающий; Сз – самозатухающий; Тр – трудносгорающий.

По результатам, представленным в табл. 3, построены гистограммы (см. рисунок).



Продолжительность (а) самостоятельного горения (□) и тления (■) и длина обуглившейся части (б) образцов вулканизатов на основе силоксанового каучука марки СКТВ-1

В результате проведенного эксперимента получены две резиновые смеси, вулканизаты которых можно охарактеризовать как трудносгорающие (5 и 7). В качестве окончательного варианта выбрана смесь 5, содержащая 25 мас. ч. декабромдифенилоксида, так как у нее лучшие показатели условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве в сравнении с резиновой смесью 7, содержащей 20 мас. ч. декабромдифенилоксида и 20 мас. ч. гидроксида алюминия.

Исследована морозостойкость лучшего из полученных образцов вулканизатов из резиновой смеси 5 по показателю коэффициента морозостойкости по эластическому восстановлению после сжатия ( $K_B$ ). Считается, что резина сохраняет работоспособность при данной отрицательной температуре, если ее показатель  $K_B$  при этой температуре составляет не менее 0,2. Значения  $K_B$  образцов вулканизатов из резиновой смеси 5 при температурах  $-50$  и  $-60^\circ\text{C}$  составили 0,48 и 0,23 соответственно, что свидетельствует о сохранении работоспособности данной резины при температурах до  $-60$  и  $-62^\circ\text{C}$ . Как и

предполагалось, резина на основе силоксанового каучука, содержащего винильные группы, обладает хорошей морозостойкостью и может быть использована применительно к устройствам, работающим в условиях арктического климата [24–26].

Результаты исследований свойств экспериментальных образцов вулканизатов *резиновой смеси на основе кремнийорганического блок-сополимера* повышенной термостойкости приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

**Физико-механические свойства образцов вулканизатов резиновой смеси на основе нового кремнийорганического блок-сополимера**

Условная прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Твердость по Шору А, усл. ед.	Температурный предел хрупкости, °С	Коэффициент морозостойкости по эластическому восстановлению, усл. ед., при -60°С
5,5–6,2	200–260	55–57	-61÷-62	0,32–0,36

Таблица 5

**Упруго-прочностные свойства образцов вулканизатов резиновой смеси на основе нового кремнийорганического блок-сополимера после ускоренного теплового старения**

Режим ускоренного теплового старения в среде воздуха		Условная прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Твердость по Шору А, усл. ед.
температура, °С	продолжительность, ч			
300	168	5,2–6,0	150–180	59–61
	336	4,8–5,2	80–100	70–72
350	24	5,2–6,4	100–120	63–65
	48	4,6–5,4	50–70	81–83
400	72	4,4–4,8	30–40	92–94
	3	4,6–5,2	70–90	74–76
	6	3,9–4,2	40–50	85–87

Установлено, что полученные образцы вулканизатов сохраняют работоспособность после воздействия температур: 300°С – в течение 2 недель (336 ч), 350°С – в течение 3 сут (72 ч), 400°С – в течение 6 ч (после старения по указанным режимам они сохраняют эластичность – условная прочность при растяжении не ниже 3,9–4,2 МПа и относительное удлинение при разрыве не ниже 30–40%). В ходе теплового старения наблюдается увеличение твердости образцов вулканизатов.

Полученные значения температурного предела хрупкости образцов вулканизатов (-61÷-62°С) позволяют судить о сохранении работоспособности резины до -60°С.

Определена горючесть образцов вулканизатов в вертикальном положении образца. Установлено, что образцы вулканизатов являются самозатухающими (продолжительность остаточного горения составила 11 с при длине обугливания 4 мм) без добавления антипиренов.

Упруго-прочностные свойства полученных экспериментальных образцов после воздействия плесневых грибов и влаги (3 мес), старения в тропической и тепловлаж-

ностной камере (1–3 мес), термоциклирования (10 термоциклов по 24 ч, из которых 8 ч – при  $-60^{\circ}\text{C}$ , 16 ч – при  $+200^{\circ}\text{C}$ ) практически не изменились (изменение условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве не превысило пределов погрешности измерений  $\pm 3\%$  относительно исходных величин), что свидетельствует об устойчивости вулканизатов резиновой смеси на основе кремнийорганического блок-сополимера к различным климатическим и эксплуатационным факторам, а полученные результаты испытаний на грибостойкость (0–1 балл по шестибалльной шкале) позволяют также судить об их устойчивости к длительному воздействию влаги и плесневых грибов.

### Обсуждение и заключения

Из анализа результатов испытаний образцов вулканизатов на основе *силоксанового каучука СКТВ-1* следует, что:

- остаточное тление отсутствует у всех образцов вулканизатов на основе силоксанового каучука;
- вулканизат резиновой смеси на основе этого каучука в исходном состоянии (без добавления антипиренов) является сгорающим;
- для получения самозатухающей резины на основе силоксанового каучука целесообразно и эффективно введение в сырую резиновую смесь 15 мас. ч. декабромдифенилоксида;
- для получения трудносгорающей резины на основе данного каучука требуется введение в резиновую смесь 25 мас. ч. декабромдифенилоксида или сочетания гидроксида алюминия и декабромдифенилоксида;
- триоксид сурьмы повышает горючесть силоксановой резины (причины такого его воздействия требуют проведения отдельных дополнительных исследований);
- наиболее эффективным из исследованных антипиренов применительно к силоксановым резинам на основе каучука СКТВ-1 является декабромдифенилоксид, обеспечивающий возможность создания трудносгорающих резин, соответствующих требованиям современных авиационных норм;
- полученные образцы вулканизатов на основе каучука СКТВ-1 с добавлением антипиренов имеют удовлетворительные физико-механические характеристики;
- выбранная оптимальная рецептура резиновой смеси на основе каучука СКТВ-1 позволяет получать вулканизаты, отличающиеся также высокой морозостойкостью.

По результатам экспериментальных исследований образцов вулканизатов резиновой смеси на основе *нового кремнийорганического блок-сополимера* повышенной термостойкости показана возможность создания самозатухающей резины на основе такого блок-сополимера.

При этом, в отличие от резин на основе силоксанового каучука СКТВ-1, для снижения горючести нового кремнийорганического вулканизата дополнительной модификации рецептуры при помощи антипиренов не требуется, что оказывает положительное влияние на сохранение физико-механических свойств резины.

#### 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. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
3. Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад //Наука и жизнь. 2010. №4. С. 2–7.
4. Большой справочник резинщика. В 2 ч. М.: ООО «Техинформ». 2012. 1385 с.
5. Шетц М. Силоксановый каучук. СПб.: Химия. 1975. 192 с.
6. Горение, деструкция и стабилизация полимеров /Под ред. Г.Е. Заикова. СПб.: Научные основы и технологии. 2008. 422 с.
7. Технология резины: рецептуростроение и испытания: Пер. с англ. /Под ред. Дж.С. Дика. СПб.: Научные основы и технологии. 2010. 617 с.
8. Горючесть и дымообразующая способность полимерных материалов авиационного назначения /Под ред. Р.Е. Шалина, Б.И. Паншина. М.: ВИАМ. 1986. 104 с.
9. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. М.: Химия. 1980. 269 с.
10. Барботько С.Л., Шуркова Е.Н., Вольный О.С., Скрылев Н.С. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов для внешнего контура авиационной техники //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 56–59.
11. Барботько С.Л., Шуркова Е.Н. О пожарной безопасности материалов, используемых для изготовления внешнего контура самолетов //Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. №10. С. 19–24.

12. Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я., Перфилова Д.Н., Румянцева Т.В. Пожаробезопасные литые термопласты и термоэластопласты //Труды ВИАМ. 2013. №11. Ст. 02 (viam-works.ru).
13. Петрова Г.Н., Румянцева Т.В., Бейдер Э.Я. Влияние модифицирующих добавок на пожаробезопасные свойства и технологичность поликарбоната //Труды ВИАМ. 2013. №6. Ст. 06 (viam-works.ru).
14. Clough R.L. Aging Effects on Fire-Retardant Additives in Polymers //Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition. 1983. V. 21. P. 767–780.
15. Шуркова Е.Н., Вольный О.С., Изотова Т.Ф., Барботько С.Л. Исследование возможности снижения тепловыделения при горении композиционного материала путем изменения его структуры //Авиационные материалы и технологии. 2012. №1. С. 27–30.
16. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 431–439.
17. Барботько С.Л. Пути обеспечения пожарной безопасности авиационных материалов //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 121–126.
18. Наумов И.С., Петрова А.П., Чайкун А.М. Резины уплотнительного назначения и снижение их горючести //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. №5. С. 28–35.
19. Митина Е.Л., Наумов И.С. Самозатухающий материал на основе комбинации хлоропренового и бутадиенового каучуков //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №6. С. 9–12.
20. Митина Е.Л., Барботько С.Л. Влияние антипиренов на горючесть декоративных резин на основе комбинации бутадиен-стирольного и бутадиенового каучуков //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №3. С. 17–21.
21. Наумов И.С., Чайкун А.М., Елисеев О.А. Российские и международные стандарты на методы испытаний резин, сырых резиновых смесей и высокомолекулярных каучуков //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. №11. С. 4–13.
22. Авиационные правила. Гл. 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. 3-е изд. М.: ОАО Авиаиздат. 2009. 274 с.
23. ОСТ 1 90094–79. Полимерные материалы. Метод определения горючести декоративно-отделочных и конструкционных полимерных материалов.

24. Елисеев О.А., Краснов Л.Л., Зайцева Е.И., Савенкова А.В. Разработка и модифицирование эластомерных материалов для применения во всеклиматических условиях //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 309–314.
25. Чайкун А.М., Елисеев О.А., Наумов И.С., Венедиктова М.А. Особенности морозостойких резин на основе различных каучуков //Труды ВИАМ. 2013. №12. Ст. 04 (viam-works.ru).
26. Наумов И.С., Барботько С.Л., Петрова А.П., Малышева Г.В. Влияние антипиренов на свойства уплотнительной резины на основе этилен-пропилен-диенового каучука (ЭПДК) //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. №5. С. 31–34.

#### REFERENCES LIST

1. Kablov E.N. Innovacionnye razrabotki FGUP «VIAM» GNC RF po realizacii «Strategicheskikh napravlenij razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda» [Innovative development of VIAM Federal State Unitary Enterprise of GNTs Russian Federation on implementation «The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030»] //Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33.
2. Kablov E.N. Himija v aviacionnom materialovedenii [Chemistry in aviation materials science] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. С. 3–4.
3. Kablov E.N. Shestoj tehnologicheskij ukklad [Sixth technological way] //Nauka i zhizn'. 2010. №4. С. 2–7.
4. Bol'shoj spravocnik rezinshhika [Big directory of rezinshchik]. V 2 ch. M.: ООО «Техинформ». 2012. 1385 s.
5. Shetc M. Siloksanovyj kauchuk [Siloxane rubber]. SPb.: Himija. 1975. 192 s.
6. Gorenje, destrukcija i stabilizacija polimerov [Burning, destruktsiya and stabilization of polymers] /Pod red. G.E. Zaikova. SPb.: Nauchnye osnovy i tehnologii. 2008. 422 s.
7. Tehnologija reziny: recepturostroenie i ispytaniya [Technology of rubber: retsepturostroyeniye and tests]: Per. s angl. /Pod red. Dzh.S. Dika. SPb.: Nauchnye osnovy i tehnologii. 2010. 617 s.
8. Gorjuchest' i dymoobrazujushhaja sposobnost' polimernyh materialov aviacionnogo naznachenija [Combustibility and smoke-generating ability of polymeric materials of aviation assignment] /Pod red. R.E. Shalina, B.I. Panshina. M.: VIAM. 1986. 104 s.
9. Kodolov V.I. Zamedliteli gorenija polimernyh materialov [Decelerators of burning of polymeric materials]. M.: Himija. 1980. 269 s.

10. Barbot'ko S.L., Shurkova E.N., Vol'nyj O.S., Skrylev N.S. Ocenka pozharnoj bezopasnosti polimernyh kompozicionnyh materialov dlja vneshnego kontura aviacionnoj tehniki [Assessment of fire safety of polymeric composite materials for external circuit of aviation engineering] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 56–59.
11. Barbot'ko S.L., Shurkova E.N. O pozharnoj bezopasnosti materialov, ispol'zuemyh dlja izgotovlenija vneshnego kontura samoletov [About fire safety of the materials used for manufacturing of external circuit of airplanes] //Pozharovzryvobezopasnost'. 2011. T. 20. №10. S. 19–24.
12. Petrova G.N., Bejder Je.Ja., Perfilova D.N., Rumjanceva T.V. Pozharobezopasnye lit'evye termoplasty i termoelastoplasty [Fireproof lityevy thermoplastics and thermoelastoplastics] //Trudy VIAM. 2013. №11. St. 02 (viam-works.ru).
13. Petrova G.N., Rumjanceva T.V., Bejder Je.Ja. Vlijanie modificirujushhih dobavok na pozharobezopasnye svojstva i tehnologichnost' polikarbonata [Influence of modifying additives on fireproof properties and technological effectiveness of polycarbonate] //Trudy VIAM. 2013. №6. St. 06 (viam-works.ru).
14. Clough R.L. Aging Effects on Fire-Retardant Additives in Polymers //Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition. 1983. V. 21. P. 767–780.
15. Shurkova E.N., Vol'nyj O.S., Izotova T.F., Barbot'ko S.L. Issledovanie vozmozhno-sti snizhenija teplovydelenija pri gorenii kompozicionnogo materiala putem izmenenija ego struktury [Research of possibility of decrease in heat release when burning composite material by change of its structure] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №1. S. 27–30.
16. Barbot'ko S.L. Pozharobezopasnost' aviacionnyh materialov [Fire safety of aviation materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 431–439.
17. Barbot'ko S.L. Puti obespechenija pozharnoj bezopasnosti aviacionnyh materialov [Ways of ensuring fire safety of aviation materials] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 121–126.
18. Naumov I.S., Petrova A.P., Chajkun A.M. Reziny uplotnitel'nogo naznachenija i snizhenie ih gorjuchesti [Rubbers of sealing assignment and decrease in their combustibility] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. 2013. №5. S. 28–35.
19. Mitina E.L., Naumov I.S. Samozatuhajushhij material na osnove kombinacii hloroprenovogo i butadienovogo kauchukov [Self-fading material on the basis of combination of chloroprene and butadienovy rubbers] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №6. S. 9–12.
20. Mitina E.L., Barbot'ko S.L. Vlijanie antipirenov na gorjuchest' dekorativnyh rezin na osnove kombinacii butadien-stirol'nogo i butadienovogo kauchukov [Influence of antipyrenes

- on combustibility of decorative rubbers on the basis of combination of styren-butadiene and butadienovy rubbers] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №3. S. 17–21.
21. Naumov I.S., Chajkun A.M., Eliseev O.A. Rossijskie i mezhdunarodnye standarty na metody ispytaniy rezin, syryh rezinovyh smesej i vysokomolekuljarnyh kauchukov [The Russian and international standards on test methods of rubbers, crude rubber mixes and high-molecular rubbers] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. 2014. №11. S. 4–13.
  22. Aviacionnye pravila. Gl. 25. Normy letnoj godnosti samoletov transportnoj kategorii [Aviation rules. Hl. 25. Standards of the flight validity of airplanes of transport category]. 3-e izd. M.: OAO Aviaizdat. 2009. 274 s.
  23. OST 1 90094–79. Polimernye materialy. Metod opredelenija gorjuchesti dekorativno-otdelochnyh i konstrukcionnyh polimernyh materialov [Polymeric materials. Method of determination of combustibility of decorative and finishing and constructional polymeric materials].
  24. Eliseev O.A., Krasnov L.L., Zajceva E.I., Savenkova A.V. Razrabotka i modificirovanie jelastomernyh materialov dlja primenenija vo vseklimaticeskix uslovijah [Development and modifying of elastomeric materials for application in vseklimaticesky conditions] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 309–314.
  25. Chajkun A.M., Eliseev O.A., Naumov I.S., Venediktova M.A. Osobennosti morozostojkix rezin na osnove razlichnyh kauchukov [Features of cold-resistant rubbers on the basis of different rubbers] //Trudy VIAM. 2013. №12. St. 04 (viam-works.ru).
  26. Naumov I.S., Barbot'ko S.L., Petrova A.P., Malysheva G.V. Vlijanie antipirenov na svojstva uplotnitel'noj reziny na osnove jetilen-propilen-dienovogo kauchuka (JePDK) [Influence of antipyrines on properties of sealing rubber on basis ethylene-propylene-diene rubber (EPDR)] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. 2014. №5. S. 31–34.