



УДК 678.073

**ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ ТЕРМОПЛАСТЫ  
И ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТЫ**

Г.Н. Петрова

*кандидат технических наук*

Э.Я. Бейдер

*кандидат технических наук*

Д.Н. Перфилова

Т.В. Румянцева

**Ноябрь 2013**

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.

Статья подготовлена для опубликования в журнале «Труды ВИАМ»,  
№11, 2013 г.

*Г.Н. Петрова, Э.Я. Бейдер, Д.Н. Перфилова, Т.В. Румянцева*

## **ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ ТЕРМОПЛАСТЫ И ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТЫ**

*Приведены эксплуатационные и технологические свойства литьевых термопластичных композиций, в том числе с повышенной теплостойкостью, и термоэластопластов – представителей нового класса полимеров, сочетающих в себе прочность пластмасс, деформативность резин и технологичность термопластов. Разработанные полимеры полностью отвечают требованиям АП-25 по горючести и дымообразованию.*

**Ключевые слова:** *полиамиды, поликарбонат, полисульфон, термопласты, термоэластопласты, резины, горючесть, пожаробезопасность, литье под давлением, экструзия.*

*G.N. Petrova, E.Ya. Beider, D.N. Perfilova, T.V. Rummyantseva*

## **FIRE SAFETY OF INJECTION MOLDING OF THERMOPLASTICS AND TPE MATERIAL**

*The article describes the operational and technological properties of thermoplastic molding compositions, including high heat resistance, and thermoplastic elastomers – a new class of polymers that combine the power of plastic deformation and rubber processing thermoplastics. Polymers designed to meet requirements of АП-25 for the production of flammability and smoke.*

**Keywords:** *polyamides, polycarbonate, polysulfone, thermoplastics, thermoplastic elastomers, rubber, flammability, fire safety, injection molding, extrusion.*

Литьевые термопластичные материалы благодаря уникальному сочетанию эксплуатационных и технологических свойств получили широкое распространение в различных отраслях машиностроения, в том числе и в авиационной технике (рис. 1).



Рисунок 1. Вертолет серии «Ми»



Рисунок 2. Детали краскораспылителя, изготовленные из литевых термопластов

В летательных аппаратах данные материалы используются для изготовления деталей конструкционного и декоративно-конструкционного назначения: корпуса приборов, детали краскораспылителей, кронштейны, детали вентиляционной системы и пассажирских кресел, панели обслуживания, осветительные приборы, электроразъемы, детали ауди- и электротехники (рис. 2) [1–13].

До последнего времени перечисленные детали в основном изготавливались из полиэтилена, композиций на основе полиамидов ПА 12-Л и ПА 610-Л и поликарбоната. Однако в результате перестройки выпуск полиамидов ПА 12-Л, ПА 610-Л и поликарбоната ПК-ЛТ-10 в России был полностью прекращен, потому что многие предприятия по изготовлению мономеров для термопластов оказались за рубежом – странах СНГ.

К настоящему времени восстановлено в небольших объемах производство полиамида ПА 610-Л и поликарбоната. Производство полиамида ПА 12-Л и композиций на его основе возобновлять в РФ не планируется [6, 12, 14, 15].

За рубежом перечисленные детали и изделия изготавливаются из литевых пожаробезопасных термопластов: полиэфиримида (ПЭИ), полифениленсульфида (ПФС), полиэфирэфиркетона (ПЭЭК) и жидкокристаллических термопластов (ЖКТ). Указанные материалы в России не выпускаются даже на экспериментальных участках.

Организация производства новых декоративно-конструкционных и функциональных пожаробезопасных термопластов связана со строительством химических предприятий по выпуску мономеров и синтезу собственно полимеров. Однако существует другой – более дешевый способ – физическая или химическая модификация выпускаемых в РФ полимеров [6, 16–21].

В последние годы авиационная, космическая и другие области техники предъявляют повышенные требования не только по прочностным показателям термопластичных материалов, но и по их температуре эксплуатации и пожаробезопасности: термопласты должны выдерживать длительное воздействие температуры – от 150 до 200°C, быть трудносгорающими (самозатухающими), не выделять при пожаре дыма и вредных веществ [6, 11, 16, 21–24].

Создание материалов, отвечающих перечисленным требованиям, является одним из главных направлений работ лаборатории.

Для изготовления деталей декоративно-конструкционного назначения способом литья под давлением разработаны физически модифицированные материалы, температура эксплуатации которых не требует высоких значений.

Свойства разработанных материалов [12, 25–27] в сравнении с полиамидом ПА 610-Л приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Свойства материалов декоративно-конструкционного назначения**

Свойства	Значения свойств материалов			
	ПК-М-2	ВТП 1-Л	ВТП-5	ПА 610-Л
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1230–1250	1300–1400	1230–1240	1080–1100
Предел текучести при растяжении, МПа	57	55	65	45
Прочность при разрыве, МПа: – исходная – после выдержки в воде в течение 30 сут	61 –	50 41	54 57	57 52
Относительное удлинение при разрыве, %	50–60	7	91	100
Водопоглощение, %, за 1 с	0,12–0,15	0,03–0,05	0,13	2,6
Время остаточного горения, с	–	9	1	–
Категория горючести	Самозатухающий			
Дымообразование $D_{max}$ , ед.	130–220	<150	100–190	630
Интервал рабочих температур, °С	-60÷+130	-60÷+100	-60÷+100	-60÷+80

Поликарбонат ПК-М-2 представляет собой модифицированный фторопластом 42Л и двуоксидом титана поликарбонат ПК-ЛЭТ-7. Введение модифицирующих добавок в рецептуру позволило повысить серебростойкость материала, снизить на 20°C темпера-

туру переработки литьем под давлением и исключить термообработку деталей после их отливки.

По горючести он относится к самозатухающим материалам, максимальная температура эксплуатации составляет  $+130^{\circ}\text{C}$ . Поликарбонат – непрозрачный материал.

Для получения изделий конструкционного и светотехнического назначения в авиационной промышленности разработан поликарбонат ПК-М-С. Материал имеет коэффициент интегрального светопропускания, равный 85%. Он полностью отвечает требованиям АП-25 по пожаробезопасности: время остаточного горения составляет 3 с, максимальное дымообразование равно 65 ед.

Литьевая пожаробезопасная композиция марки ВТП 1-Л и термопластичная пожаробезопасная композиция марки ВТП-5 разработаны для частичной замены полиамидов на основе ПА 610-Л и ПА 12-Л.

Композиция ВТП 1-Л имеет высокие прочностные свойства, относительное удлинение при разрыве составляет 7%. Максимальное водопоглощение композиции равно 0,5%. После выдержки в воде ее свойства практически не изменяются, ВТП 1-Л относится к группе самозатухающих материалов.

Композиция ВТП-5 обладает высоким уровнем не только прочностных, но и деформационных свойств, имеет низкое водопоглощение, полностью отвечает требованиям АП-25 по пожаробезопасности.

Перечисленные материалы хорошо окрашиваются в любой цвет. Их производство мощностью 5–10 тонн/год организовано в ВИАМ (рис. 3). Переработка данных материалов должна производиться только на современном оборудовании – термопластоавтоматах со шнековой пластикацией.



Рисунок 3. Линия по получению пожаробезопасных композиций на основе термопластов и термоэластопластов

Большое внимание в лаборатории уделено также созданию материалов функционального назначения.

В связи с прекращением выпуска термопластичных материалов с повышенной термостойкостью (полиэфирэфиркетона, полиэфирсульфона, жидкокристаллического термопласта КИ-75), в ВИАМ совместно с ОАО «НИИПИМ» возобновлены работы по созданию новых конструкционных материалов с рабочей температурой  $>150^{\circ}\text{C}$  [16, 21].

Полисульфон ПСФФ-40 представляет собой модифицированный кардовыми группами полисульфон ПСФ-150. Он относится к группе суперконструкционных материалов: предел текучести при растяжении составляет 79,5 МПа, прочность при разрыве равна 78 МПа (табл. 2).

Таблица 2

**Свойства конструкционных термопластичных материалов**

Свойства	Значения свойств материалов	
	ПСФ-150	ПСФФ-40
Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	1300–1400	1220–1230
Предел текучести при растяжении, МПа	72,0	79,5
Прочность при разрыве, МПа	56,0	78,0
Относительное удлинение при разрыве, %	55	10,5
Ударная вязкость (по Шарпи), $\text{кДж}/\text{м}^2$ (образцы без надреза)	110	125
Время остаточного горения, с	–	2
Кислородный индекс	34	–
Категория горючести	Самозатухающий	
Дымообразование $D_{\text{max}}$ , ед.	58	62
Интервал рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	- 60÷+150	-60÷+190

Полисульфон ПСФФ-40 обладает высокой усталостной прочностью, имеет незначительные колебания значений температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) в диапазоне рабочих температур. Материал относится к группе самозатухающих и имеет низкое дымообразование, рекомендуется для изготовления деталей приборов конструкционного и электротехнического назначения с повышенной температурой эксплуатации – до  $190^{\circ}\text{C}$  (рис. 4).

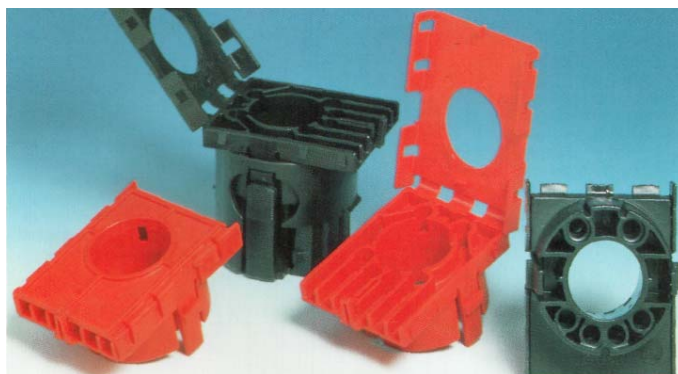


Рисунок 4. Штепсельные разъемы из полисульфона ПСФФ-40

Одно из последних направлений работ лаборатории – создание негорючих композиций на основе термоэластопластов (ТЭП). Термоэластопласты – это новый класс полимеров, сочетающих в себе прочность пластмасс, деформативность резин и технологичность термопластов [28, 29].

Термоэластопласты применяются в тех же областях, где и традиционная резина: для изготовления уплотнений агрегатов пневмо-, гидро- и топливных систем, оболочек электрических кабелей, вибропоглощающих и других деталей. Однако по сравнению с традиционными резинами ТЭП имеют более низкую плотность (на 20–30%), обладают высокой озоно- и атмосферостойкостью, морозостойкостью, устойчивы к набуханию в агрессивных средах, могут компаундироваться с различными наполнителями без снижения основных механических характеристик, имеют широкую цветовую гамму.

Преимуществами технологий получения и переработки ТЭП по сравнению с резинами являются: исключение стадии вулканизации; переработка в изделия способами, характерными для термопластов, – литьем под давлением, экструзией, вакуумформованием, пневмоформованием и т. д.; возможность многократной переработки без ухудшения свойств изделия; регулирование свойств варьированием соотношения компонентов.

Основным методом создания данного класса материалов является метод реакционного смешения (динамическая вулканизация), т. е. вулканизация эластомера происходит при его смешении с термопластичным полимером. Это позволяет получить уникальную морфологию смеси, в которой частицы вулканизированного эластомера диспергированы в непрерывной термопластичной матрице. Данный метод создания ТЭП является экологически чистым, непрерывным и безотходным по сравнению с традиционной технологией получения резин. Поэтому в настоящее время разработка и создание термоэластопластов является одним из наиболее перспективных направлений современного полимерного материаловедения [28–33].

За рубежом в промышленном масштабе производят большой ассортимент каучуков и термопластов, различающихся структурой и молекулярными характеристиками, что позволяет производить ТЭП с широким спектром свойств.

В России и странах СНГ промышленное производство термоэластопластов технического назначения отсутствует. В настоящее время организованы производства по получению только двух типов ТЭП: дивинилстирольных (серийное) и полиуретановых (мелкосерийное). Однако необходимо отметить, что все перечисленные выше термоэластопласты являются сгорающими материалами и не отвечают требованиям АП-25 по пожаробезопасности.

В ВИАМ в настоящее время разработаны три марки самозатухающих композиций термоэластопластов и освоено их опытное производство [34, 35].

Литьевой уплотнительный материал с повышенной атмосферостойкостью марки ВТЭП 1-Л представляет собой смесь термопласта на основе простого полиэфира и модифицирующих добавок. Материал предназначен для герметизации дверей и люков, к которым предъявляются повышенные требования по пожаробезопасности, износо- и атмосферостойкости, технологичности и окраске.

Композиция ВТЭП 1-Л имеет низкую плотность ( $1117 \text{ кг/м}^3$ ), высокое для термоэластопластов значение прочности при разрыве (20,4 МПа), относительное удлинение при разрыве, равное 645%. Хорошая текучесть материала позволяет перерабатывать его высокопроизводительными методами литья под давлением и экструзией. Сравнительные свойства литьевого уплотнительного материала ВТЭП 1-Л и его аналогов приведены в табл. 3.

Квотами преимущества разработанного материала перед материалом аналогичного назначения – резиной ИРП-1078 – являются: пониженная плотность, повышенные значения прочности и относительного удлинения при разрыве, полное соответствие нормам АП-25 по горючести, а также меньшая продолжительность переработки в изделия и более низкая область отрицательных рабочих температур.

По сравнению с зарубежным аналогом – термоэластопластом марки «Ритефлекс 425» фирмы Ticona (Германия) – разработанный материал имеет более высокую прочность при разрыве (в 2 раза) и на 15% выше значение относительного удлинения при разрыве. Кроме того, материал ВТЭП 1-Л стоек к воздействию горючесмазочных материалов.

Результаты расширенных испытаний литьевого уплотнительного термоэластопласта показали, что материал обладает повышенной износо- и атмосферостойкостью, полностью отвечает требованиям АП-25 по горючести.

Таблица 3

**Сравнительные свойства термоэластопластов и резин**

Свойства	Значения свойств для материалов					
	Резина ИРП-1078	Ритефлекс 425	ВТЭП 1-Л	ВТЭП 2-Л	ВТЭП 3-Л	Резиновая смесь В-14
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1370	1004	1117	1100	1275	1280
Прочность при разрыве, МПа	11,0	10,0	20,4	9,1	25	11
Относительное удлинение при разрыве, %	130–150	>550	645	385–395	610	160
Остаточная деформация сжатия, %	30–60	–	15–30	15–30	20	30–60
Ударная вязкость (по Шарпи), кДж/м <sup>2</sup> (образцы без надреза)	–	Не разрушился	–	Не разрушился	–	–
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	–	3,0·10 <sup>8</sup>	8,7·10 <sup>11</sup>	>1,3·10 <sup>14</sup>	6,7·10 <sup>11</sup>	–
Время остаточного горения, с	>15	>30	7–8	3–4	2–4	>15
Горючесть – категория	Медленно-сгорающий	Сгорающий	Самозатухающий			Медленно-сгорающий
Водопоглощение, %, за 1 сут	–	0,6	1,13	0,05	0,7	–
Стойкость к ГСМ*	Стоек	Не стоек	Стоек			
Время изготовления детали, мин	30–60	1–3	1–3	1–3	1–3	30–60
Интервал рабочих температур, °С	-40÷+100	-60÷+80	-60÷+80	-60÷+100	-60÷+120	-45÷+100

\* Горючесмазочные материалы.

Установлено, что разработанный уплотнительный материал ВТЭП 1-Л стоек к воздействию влаги и грибов: прочностные свойства снижаются незначительно, а деформационные характеристики увеличиваются. Напряжение сжатия остается после испытаний практически без изменения. Разработанный ТЭП имеет небольшой балл грибоустойчивости: 1–2.

В отличие от резин разработанный материал может окрашиваться в любые цвета суперконцентрами пигментов на основе полипропилена.

Термоэластопласт уплотнительный ударостойкий электроизоляционный марки ВТЭП 2-Л получен динамической вулканизацией каучука, полипропилена, вулканизирующей системы и модифицирующих добавок.

Материал рекомендуется для изготовления способами литья под давлением и экструзией уплотнений, оболочек проводов и других изделий с повышенными пожаробезопасными и электроизоляционными свойствами.

По сравнению с резиной ИРП-1078 разработанный материал имеет пониженную плотность (на 24,5%), повышенное относительное удлинение при разрыве (в 2,6–3 раза), пониженное время остаточного горения (более чем в 10 раз), меньшее время изготовления детали (в 20–30 раз), более низкую область отрицательных рабочих температур (на 20°C).

Термоэластопласт марки «Ритефлекс 425» (Германия) уступает материалу ВТЭП 2-Л по водопоглощению, электроизоляционным свойствам, горючести и рабочей температуре. Рабочие температуры материала ВТЭП 2-Л находятся в интервале от -60 до +100°C.

Разработанный термоэластопласт отвечает требованиям АП-25 по горючести, обладает повышенными электроизоляционными свойствами, стоек к гидролизу, воздействию микроорганизмов (грибов и плесени), авиационных топлив и масел, имеет высокую текучесть расплава.

Фторсодержащий термоэластопласт марки ВТЭП 3-Л представляет собой фторированный термопласт на основе простого полиэфира с модифицирующими добавками. Совмещение термопластичного полимера с фторполимером позволило не только повысить стойкость термопласта к топливам и маслам, но и значительно увеличить его рабочую температуру. Разработанный материал может эксплуатироваться при температурах от -60 до +120°C.

Материал предназначен для изготовления уплотнителей, фиксаторов электропроводов, манжет и других деталей пневмо-, вакуум- и гидросистем, используемых в различных отраслях народного хозяйства (рис. 5).



Рисунок 5. Окрашенные изделия из материала ВТЭП 3-Л, полученные экструзией

По сравнению с резиновой смесью В-14 разработанный материал ВТЭП 3-Л имеет более высокие прочностные свойства, пониженную горючесть, расширенный диапазон рабочих температур, а также – более технологичен при переработке.

Зарубежный аналог – термоэластопласт марки «Ритефлекс 425» (Германия) – уступает термоэластопласту ВТЭП 3-Л по прочностным и деформационным характеристикам, горючести и стойкости к воздействию горючесмазочных материалов. Максимальная температура его эксплуатации составляет 80°С, что на 40°С ниже, чем у разработанного ТЭП.

Разработаны технологии изготовления материала и переработки его в изделия способами литья под давлением и экструзией.

Таким образом, приведенные свойства разработанных термопластичных эластомеров – композиций термоэластопластов марок ВТЭП 1-Л, ВТЭП 2-Л и ВТЭП 3-Л – показывают, что по многим показателям данные материалы не уступают резинам, а по некоторым – даже превосходят. Это позволяет успешно использовать их для изготовления уплотнений, манжет, оболочек проводов и других изделий, обладающих повышенными пожаробезопасными свойствами, высокой стойкостью к горючесмазочным материалам, морозостойкостью и повышенной температурой эксплуатации (рис. 6).

Применение разработанных материалов обеспечивает решение задач утилизации отходов и улучшения экологической обстановки в цехах; повышение КИМ (коэффициент использования материала) – в 1,5 раза, снижение трудоемкости изготовления деталей – в 20–30 раз (1–3 мин вместо 30–60 мин) [3, 24, 28, 34, 36].

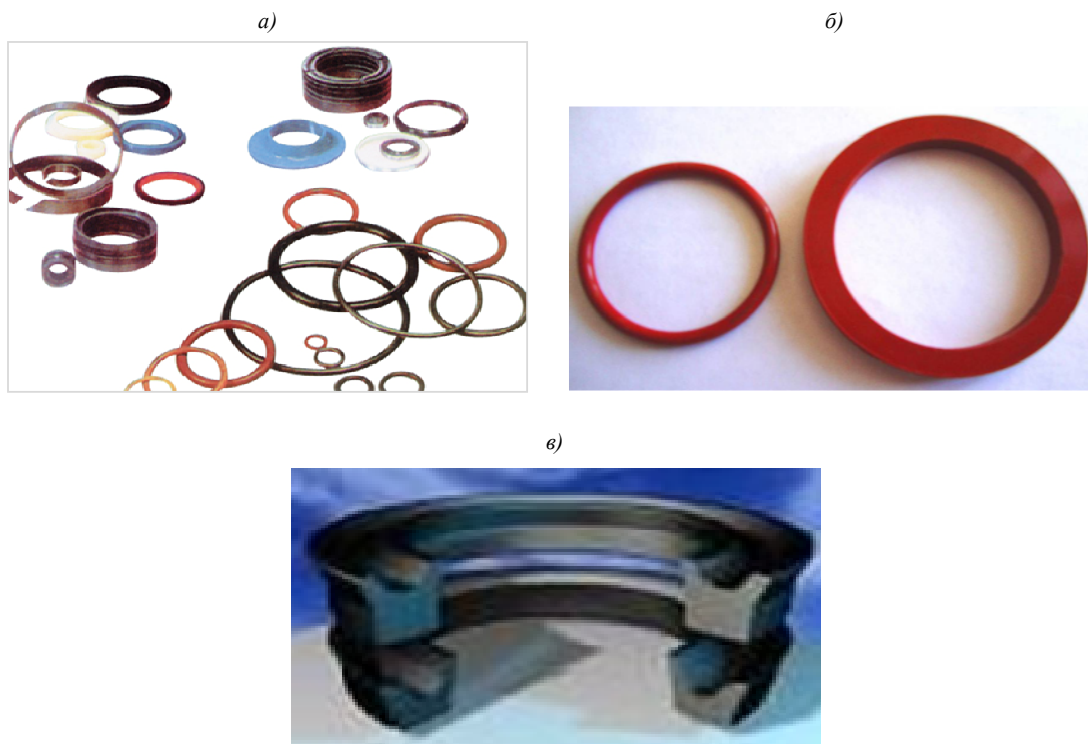


Рисунок 6. Области применения термоэластопластов:

*а, б* – уплотнители; *в* – манжета

В настоящее время проводятся исследования по созданию термостойких термопластичных материалов с функциональными свойствами. Так, введение углеродных нанотрубок в состав полиарилсульфонов позволило получить композицию с повышенными антистатическими характеристиками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гудимов М.М. Основные свойства термопластов //Авиационная промышленность. 1990. №1. С. 2–8.
2. Перов Б.В., Сурнин Е.Г. Термопластичные полимерные материалы многофункционального назначения /В сб. Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2002. Юбилейный научно-технический сборник. М.: ВИАМ. 2002. С. 281–290.
3. Экардт Г. Состояние и перспективы литья под давлением изделий из ПМ //Полимерные материалы. 2007. №7. С. 16–24.
4. Ромашин А.Г., Викулин В.В., Мухин Н.В. Прогрессивные технологии и полимерные композиционные материалы для авиационной и ракетно-космической техники XXI века /В сб. Теория и практика технологий производства изделий из компо-

- зиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ): Труды Международной конф. М.: Знание. 2004. С. 531–543.
5. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 231–242.
  6. Петрова Г.Н., Абакумова Н.М., Румянцева Т.В. и др. Пожаробезопасные литые термопласты //Пластические массы. 2005. №1. С. 45–46.
  7. Юлдашев А.Х. Композиционные полимерные материалы конструкционного назначения в машиностроении //Композиционные материалы. 2010. №4. С. 71–73.
  8. Geoff G. Plastics in defense and safety //Plast. Eng. 2011. V. 6. №9. P. 28–31.
  9. Xiong Huawei, Zhao Dongbo. Shihua jishu yu yingong //Petrochem. Technol and Appl. 2011. V. 29. №5. P. 435–438.
  10. Патент 8026309 США; опубл. 27.09.2011.
  11. Petrova G.N., Beider E.Ya. Molding thermoplastic materials for aerospace industry – Chemistry and Materials Science //Russian Journal of General Chemistry. 2011. V. 81. №5. P. 1008–1013.
  12. Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я. Пожаробезопасные литые термопласты для авиакосмической техники //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. №8. С. 47–49.
  13. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб.: Профессия. 2006. С. 183–240.
  14. Хазова Т.Н. Состояние рынка в производстве поликарбоната //Международные новости мира пластмасс. 2005. №1–2. С. 35, 36, 39.
  15. «Макролон» как фактор роста Bayer в индустрии поликарбонатов //Chem. J. 2007. №2. С. 38–39.
  16. Петрова Г.Н. Направленная модификация полисульфонов и создание на их основе литых и композиционных материалов: Автореф. дис. к.т.н. М.: ВИАМ. 2011. 27 с.
  17. Кравченко Т.П., Ермаков С.Н., Кербер М.Л., Костягина В.А. Научно-технические проблемы получения композиционных материалов на основе конструкционных термопластов //Пластические массы. 2010. №10. С. 32–34.
  18. Болдуев В. Совмещая несовместимое //Пластикс. 2010. №4. С. 44–48.
  19. Петрова Г.Н., Румянцева Т.В., Бейдер Э.Я. Влияние модифицирующих добавок на пожаробезопасные свойства и технологичность поликарбоната //Труды ВИАМ. 2013. №6. (электронный журнал).

20. Ермаков С.Н., Кербер М.Л., Кравченко Т.П. Химическая модификация и смешение полимеров при реакционной экструзии //Пластические массы. 2007. №10. С. 32–41.
21. Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я., Чеботарев В.П. и др. Регулирование свойств полисульфонов за счет модификации //Пластические массы. 2010. №12. С. 23–27.
22. Михайлин Ю.А. Показатели огнестойкости ПМ и методы их определения //Полимерные материалы. 2011. №8. С. 32–34.
23. 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.
24. Крыжановский В.К., Бурлов В.В. и др. Технические свойства полимерных материалов //Профессия. СПб. 2007. С. 35–37, 51–91, 174–182.
25. Сударушкин Ю.К., Гудимов М.М., Романов Д.С., Соколов М.Ю. Применение литьевых поликарбонатов в авиаприборостроении //Авиационная промышленность. 2003. №2. С. 48–52.
26. Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я. Литьевые термопластичные материалы /В сб. 75 лет. Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2007. М.: ВИАМ. 2007. С. 281–284.
27. Petrova G.N., Barbot'ko S.L., Beider E.Ya., Bolotina L.M., Chebotarev V.P. Fire resistance properties of Polysulphones //International Polymer science and Technology. 2005. V. 32. №9. P. 55–59.
28. Джеффри Холден, Ханс Р. Крихельдорф, Родерик П. Куирк. Термоэластопласты: Пер. с англ. СПб.: Профессия. 2011. С. 661–712.
29. Европейский рынок термопластичных эластомеров и современные тенденции //Промышленное производство и использование эластомеров. 2010. №3. С. 29–34.
30. Polyurethane fiber containing poly (vinylidene fluoride): pat. TW470792 – TORAY DU PONT KK [JP] 01.01.2002.
31. Халтуринский Н.А., Новиков Д.Д., Жорина Л.А. и др. Влияние бромсодержащих антипиренов на свойства термоэластопластов на основе полипропилена и этиленпропилендиенового каучка //Перспективные материалы. 2010. №6. С. 68–71.
32. Новокшенов В.В., Мусин И.Н., Кимельблат В.И. Оптимизация свойств масло-стойких термопластичных эластомерных композиций //Пластические массы. 2009. №3. С. 24–27.

33. Нудельман З.Н. Фторкаучуки. Основы. Переработка. Применение. Реклама–Мастер. 2006. С. 40, 41, 170, 209, 210, 235, 237, 239.
34. Петрова Г.Н., Перфилова Д.Н. и др. Термопластичные эластомеры для замены резин //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 302–308.
35. Петрова Г.Н., Перфилова Д.Н., Румянцева Т.В., Бейдер Э.Я. Самозатухающие термоэластопласты //Пластические массы. 2013. №2. С. 5–7.
36. Душин М.И., Хрульков А.В., Мухаметов Р.Р. Выбор технологических параметров автоклавного формования деталей из полимерных композиционных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2011. №3. С. 20–26.

#### Reference list

1. Gudimov M.M. Osnovnye svoystva termoplastov [Basic properties of thermoplastics] //Авиационная промышленность. 1990. №1. С. 2–8.
2. Perov B.V., Surnin E.G. Termoplastichnye polimernye materialy mnogofunktsional'nogo naznacheniya [Multifunctional thermoplastic polymer materials] /V sb. Aviatcionnye materialy. Izbrannye trudy «VIAM» 1932–2002. Yubileynyj nauchno-tehnicheskij sbornik. M.: VIAM. 2002. S. 281–290.
3. Ekardt G. Sostoyanie i perspektivy lit'ya pod davleniem izdeliy iz PM [Current state and trends of polymer products molding] //Polimernye materialy. 2007. №7. S. 16–24.
4. Romashin A.G., Vikulin V.V., Muhin N.V. Progressivnye tehnologii i polimernye kompozitsionnye materialy dlya aviatsionnoy i raketno-kosmicheskoy tehniki XXI veka [Advanced technologies and polymer composite materials for aviation and aerospace engineering of XXI century] /V sb. Teoriya i praktika tehnologiy proizvodstva izdeliy iz kompozitsionnykh materialov i novykh metallicheskih splavov (TPKMM): Trudy Mezhdunarodnoy konf. M.: Znanie. 2004. S. 531–543.
5. Graschenkov D.V., Chursova L.V. Strategiya razvitiya kompozitsionnykh i funktsional'nykh materialov [Development strategy of composite and functional materials] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 231–242.
6. Petrova G.N., Abakumova N.M., Rumyantseva T.V. i dr. Pozharobezopasnye lit'evye termoplasty [Fire-safe molding thermoplastics] //Пластические массы. 2005. №1. С. 45–46.
7. Yuldashev A.H. Kompozitsionnye polimernye materialy konstruktsionnogo naznacheniya v mashinostroenii [Structural polymer composite materials in the mechanical engineering] //Kompozitsionnye materialy. 2010. №4. С. 71–73.
8. Geoff G. Plastics in defense and safety //Plast. Eng. 2011. V. 6. №9. R. 28–31.

9. Xiong Huawei, Zhao Dongbo. Shihua jishu yu yingong //Petrochem. Technol and Appl. 2011. V. 29. №5. P. 435–438.
10. Patent 8026309 SShA; opubl. 27.09.2011.
11. Petrova G.N., Beider E.Ya. Molding thermoplastic materials for aerospace industry – Chemistry and Materials Science //Russian Journal of General Chemistry. 2011. V. 81. №5. P. 1008–1013.
12. Petrova G.N., Beyder E.Ya. Pozharobezopasnye lit'evye termoplasty dlya aviakosmicheskoy tehniki [Fire-safe molding thermoplastics for the aerospace engineering] //Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik. 2008. №8. S. 47–49.
13. Mihaylin Yu.A. Termoustoychivye polimery i polimernye materialy [Thermally stable polymers and polymer materials]. SPb.: Professiya. 2006. S. 183–240.
14. Hazova T.N. Sostoyanie rynka v proizvodstve polikarbonata [Market conditions in production of polycarbonate] //Mezhdunarodnye novosti mira plastmass. 2005. №1–2. S. 35, 36, 39.
15. «Makrolon» kak faktor rosta Bayer v industrii polikarbonatov [Makrolon as the Bayer's growth factor in the industry of polycarbonates] //Chem. J. 2007. №2. S. 38–39.
16. Petrova G.N. Napravlenaya modifikatsiya polisul'fonov i sozдание na ih osnove lit'evyh i kompozitsionnyh materialov [Directional modification of polysulfones and formation of molding and composite materials on their basis]: Avtoref. dis. k.t.n. M.: VIAM. 2011. 27 s.
17. Kravchenko T.P., Ermakov S.N., Kerber M.L., Kostyagina V.A. Nauchno-tehnicheskie problemy polucheniya kompozitsionnyh materialov na osnove konstruktsionnyh termoplastov [Scientific and technical problems of producing composite materials based on structural thermoplastics] //Plasticheskie massy. 2010. №10. S. 32–34.
18. Bolduev V. Sovmeshchaya nesovmestimoe [Combining the incompatible] //Plastiks. 2010. №4. S. 44–48.
19. Petrova G.N., Rumyantseva T.V., Beyder E.Ya. Vliyanie modifitsiruyuschih dobavok na pozharobezopasnye svoystva i tehnologichnost' polikarbonata [Effect of modifying additives on fire-safe properties and processability of polycarbonate] //Trudy VIAM. 2013. №6. (elektronnyj zhurnal).
20. Ermakov S.N., Kerber M.L., Kravchenko T.P. Himicheskaya modifikatsiya i smeshenie polimerov pri reaktsionnoy ekstruzii [Chemical modification and polymer blending in the process of reactive extrusion] //Plasticheskie massy. 2007. №10. S. 32–41.

21. Petrova G.N., Beyder E.Ya., Chebotarev V.P. i dr. Regulirovanie svoystv polisul'fonov za schet modifikatsii [Polysulfones properties control through modification] //Plasticheskie massy. 2010. №12. S. 23–27.
22. Mihaylin Yu.A. Pokazateli ognestoykosti PM i metody ih opredeleniya [Fire resistance criteria of polymer materials and methods for their determination] //Polimernye materialy. 2011. №8. S. 32–34.
23. Shurkova E.N., Vol'nyj O.S., Izotova T.F., Barbot'ko S.L. Issledovanie vozmozhnosti snizheniya teplovydeleniya pri gorenii kompozitsionnogo materiala putem izmeneniya ego struktury [Study of the possibility for reducing the heat release by changing the composite structure during the burning process] //Aviatsionnye materialy i tehnologii. 2012. №1. S. 27–30.
24. Kryzhanovskiy V.K., Burlov V.V. i dr. Tehnicheskie svoystva polimernykh materialov [Engineering properties of polymer materials] //Professiya. SPb. 2007. S. 35–37, 51–91, 174–182.
25. Sudarushkin Yu.K., Gudimov M.M., Romanov D.S., Sokolov M.Yu. Primenenie lit'evykh polikarbonatov v aviapriborostroenii [Applications of molding polycarbonates for aircraft instrument engineering] //Aviatsionnaya promyshlennost'. 2003. №2. S. 48–52.
26. Petrova G.N., Beyder E.Ya. Lit'evye termoplastichnye materialy [Molding thermoplastic materials] /V sb. 75 let. Aviatsionnye materialy. Izbrannye trudy «VIAM» 1932–2007. M.: VIAM. 2007. S. 281–284.
27. Petrova G.N., Barbot,ko S.L., Beider E.Ya., Bolotina L.M., Chebotarev V.P. Fire resistance properties of Polysulphones //International Polymer science and Technology. 2005. V. 32. №9. P. 55–59.
28. Dzheffri Holden, Hans R. Krihel'dorf, Roderik P. Kuirk. Termoelastoplasty [Thermoe-lastoplastics]: Per. s angl. SPb.: Professiya. 2011. S. 661–712.
29. Evropeyskiy rynek termoplastichnykh elastomerov i sovremennye tendentsii [The European market of thermoplastic elastomers and current trends] //Promyshlennoe proizvodstvo i ispol'zovanie elastomerov. 2010. №3. S. 29–34.
30. Polyurethane fiber containing poly (vinylidene fluoride): pat. TW470792 – TORAY DU PONT KK [JP] 01.01.2002.
31. Halturinskiy N.A., Novikov D.D., Zhorina L.A. i dr. Vliyanie bromsoderzhaschih anti-pirenov na svoystva termoelastoplastov na osnove polipropilena i etilenpropilendienovogo kauchka [An effect of Br-bearing fire retardants on the properties of thermoplastic

- elastomers on the basis of polypropylene and ethylene-propylene rubber resin] //Perspektivnye materialy. 2010. №6. S. 68–71.
32. Novokshonov V.V., Musin I.N., Kimel'blat V.I. Optimizatsiya svoystv maslostoykih termoplastichnyh elastomernyh kompozitsiy [Optimization of properties of oil resistant thermoplastic elastomeric compositions] //Plasticheskie massy. 2009. №3. S. 24–27.
33. Nudel'man Z.N. Ftorkauchuki. Osnovy. Pererabotka. Primenenie. Reklama–Master [Fluoroelastomers. Fundamentals. Processing. Applications. Reklama-Master]. 2006. S. 40, 41, 170, 209, 210, 235, 237, 239.
34. Petrova G.N., Perfilova D.N. i dr. Termoplastichnye elastomery dlya zameny rezin [Thermoplastic elastomer for the substitution of rubbers] //Aviatsionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 302–308.
35. Petrova G.N., Perfilova D.N., Rummyantseva T.V., Beyder E.Ya. Samozatuhayuschie termoelastoplasty [Self-extinguishing thermoelastoplastics] //Plasticheskie massy. 2013. №2. S. 5–7.
36. Dushin M.I., Hrul'kov A.V., Muhametov R.R. Vybor tehnologicheskikh parametrov avtoklavnogo formovaniya detaley iz polimernyh kompozitsionnykh materialov [Selected technological parameters for the autoclave molding of polymer composites materials] //Aviatsionnye materialy i tehnologii. 2011. №3. S. 20–26.