



УДК 678.7

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-9-9

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВОСТОЙКИХ РЕЗИН
НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ,
ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЭМУЛЬГАТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**

А.М. Чайкун

кандидат технических наук

М.А. Венедиктова

О.А. Елисеев

И.С. Наумов

Август 2014

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 678.7

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-9-9

А.М. Чайкун¹, М.А. Венедиктова¹, О.А. Елисеев¹, И.С. Наумов¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВОСТОЙКИХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭМУЛЬГАТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Представлены особенности топливостойких резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков (БНК), которые были синтезированы с использованием эмульгаторов различных типов. Свойства бутадиен-нитрильных резин определяются не только содержанием акрилонитрильных звеньев каучука, но и особенностями его полимеризации. В последнее время в связи с ужесточением экологических требований, наряду с традиционным эмульгатором – некалем, используются легко вымываемые алкилсульфонаты. В представленной статье исследован широкий комплекс свойств топливостойких бутадиен-нитрильных резин, изготовленных из БНК с использованием эмульгаторов различных типов. В проведенном исследовании определены факторы, влияющие на топливостойкость резин, изготовленных из каучуков с различными эмульгаторами. Выявленные в работе зависимости позволяют в максимальной степени прогнозировать свойства бутадиен-нитрильных резин, изготовленных на основе каучуков с использованием эмульгаторов различных типов.

Ключевые слова: *топливостойкость, резины, каучуки, эмульгаторы полимеризации.*

A.M. Chaykun, M.A. Venediktova, O.A. Eliseev, I.S. Naumov

RESEARCH OF OIL RESISTANCE FROM BASIS BUTADIYEN–NITRILE RUBBERS MADE USING EMULSIFIERS OF DIFFERENT TYPES

In article features of oil resistance rubber compounds are presented on basis butadiyen-nitrile rubbers (BNK) which have been synthesized with use of emulsifiers of different types. Properties butadiyen-nitrile rubbers will be defined not only the content of acrylenitrile links of rubber, but also features of its polymerization. Recently in connection with toughening of ecological requirements, along with traditional emulsifier – nekaly, are used easily washed away alkylsulfonates. In the article the wide complex of

properties oil resistance butadien-nitrile the rubbers made of BNK with use of emulsifiers of different types is investigated. In the carried-out research the factors influencing oil resistance of rubbers, made of rubbers with different emulsifiers are defined. The dependences revealed in work allow to predict in the maximum degree properties butadien-nitrile rubbers made on the basis of rubbers with use of emulsifiers of different types.

Keywords: *oil resistance, rubber, rubber compounds, polymerization emulsifiers.*

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

Топливостойкие резины широко применяются в различных областях техники [1–8]. Резины, устойчивые к топливам и маслам, наиболее массового ассортимента изготавливают из бутадиен-нитрильных каучуков (БНК). Это связано с их достаточно высокой масло- и топливостойкостью, относительной дешевизной, хорошей технологичностью [9–20].

Бутадиен-нитрильные каучуки являются продуктом совместной полимеризации бутадиена и нитрила акриловой кислоты, проводимой в водных эмульсиях в присутствии инициаторов свободнорадикальных процессов.

Свойства резин на основе БНК определяются не только содержанием акрилонитрильных звеньев, но и особенностями полимеризации каучука. Ранее при полимеризации отечественных бутадиен-нитрильных каучуков использовался эмульгатор – натриевая соль дибутилнафталинсульфо кислоты – некаль, который переходил при полимеризации в сточные воды. Очистка сточных вод, содержащих некаль, затруднена из-за того, что он не поддается биохимическому разложению. Каучуки, синтезированные с использованием данного эмульгатора, изготавливаются преимущественно трех марок СКН-18, СКН-26 и СКН-40 (цифры в обозначении соответствуют содержанию акрилонитрильных звеньев).

В последнее время в связи с ужесточением экологических требований некаль в ряде случаев заменяют на другие эмульгаторы, например алкилсульфонат натрия с добавлением сульфонола или парафината калия. Они не уступают ему по эмульгирующему действию, но исключают загрязнение водоемов и сточных вод, так как легко вымываются из них. Одним из таких эмульгаторов, обладающих указанными свойствами, является эмульгатор на основе алкилсульфонатов. Каучуки, синтезированные с использованием указанного эмульгатора, выпускаются Красноярским заводом синтетических каучуков под торговой маркой БНКС.

Материалы и методы

Резины из БНК обладают рядом ценных технических свойств. Так, они имеют высокую износостойкость, низкую газопроницаемость, несмотря на худшие эластические свойства по сравнению с каучуками общего назначения. При повышении содержания нитрила акриловой кислоты возрастают твердость, прочность, гистерезисные потери, износостойкость, стойкость к алифатическим углеводородам и маслам, теплостойкость, уменьшается набухание резин в неполярных растворителях (например, в смеси изооктана с толуолом), но одновременно снижается эластичность и увеличивается набухание в полярных растворителях – ацетон, метилэтилкетон [1, т. 2, с. 26]. Основной ассортимент отечественных БНК резин производится с использованием каучуков марок СКН и БНКС.

Бутадиен-нитрильный каучук получают высокотемпературной (30°C) и низкотемпературной полимеризацией (5°C) в эмульсиях. При низкотемпературной полимеризации образуются сополимеры более регулярной структуры – с большим содержанием транс-1,4-звеньев, меньшей разветвленностью и сшивкой макроцепей. Перед началом процесса бутадиен-акрилонитрил смешивают в определенных соотношениях (в зависимости от марки получаемого каучука) и эмульгируют в водной фазе, содержащей эмульгатор (некаль, алкилсульфонаты, мыла смоляных и жирных кислот), диспергатор (лейканол), буфер – электролит (карбонаты, фосфаты) и некоторые компоненты иницирующей системы. Полимеризация инициируется свободными радикалами, образующимися в результате распада органических или неорганических пероксидов. При высокотемпературной полимеризации используют систему, состоящую из персульфата кальция и триэтаноламина, а при низкотемпературной – из органических гидропероксидов, железо-трилонового комплекса и ронгалита. Рост полимерных молекул регулируют алкилмеркаптанами. Процесс прекращают введением ингибиторов (например, алкилзамещенных гидроксиламинов), которые реагируют с радикалами, обрывая рост цепи. Непрореагировавшие мономеры удаляются отгонкой паром при пониженном давлении. Низкотемпературные БНК как обладающие лучшими технологическими свойствами выпускаются в гораздо более широком ассортименте [1, т. 1, с. 186].

Вместе с тем не проводилось систематических исследований по сопоставлению свойств резин, полученных из каучуков с одинаковым содержанием акрилонитрила, но синтезированных с использованием разных эмульгаторов.

Исходя из вышеизложенного, представляет интерес сопоставить свойства резин из традиционных каучуков СКН с каучуками новых марок (БНКС) с целью прогнозирования эксплуатационных характеристик изделий из них. С этой целью исследованы резины марок 203Б и 3826, широко применяемые в авиации, изготовленные из каучуков СКН-40 с эмульгатором некаль (арилсульфонатный эмульгатор) и БНКС-40 (алкилсульфонатный эмульгатор).

Указанные резиновые смеси изготовлены и исследованы в лабораторных условиях по перечню показателей в соответствии с нормативной документацией

(ТУ 38 0051166–98). Из данных резин изготовлены стандартные образцы, на которых проведен комплекс испытаний – исследована кинетика изменения свойств резин после воздействия топлив в течение 800 ч.

Физико-механические свойства резин определены после воздействия топлив ТС-1 и РТ как при повышенных температурах (70 и 100°С), так и в комнатных условиях согласно ГОСТ-270–75 (на образцах типа 2) со скоростью перемещения зажимов 500 мм/мин. Материалы испытаны с интервалами 100, 500 и 800 ч, что соответствует определенным ранее ресурсам эксплуатации изделий из этих материалов.

Прочностные показатели резин марок 203Б и 3826 приведены в табл. 1 и 2. Степень набухания резин в топливах ТС-1 и РТ определена по ГОСТ 9030–74 при комнатной температуре. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Одной из главных характеристик топливостойкости материалов является их топливонепроницаемость, которая характеризуется величиной диффузии топлива через исследуемый материал. Для резин марок 203Б, 3826 и топлив ТС-1, РТ диффузия топлива исследована по методике ВИАМ в комнатных условиях (табл. 4).

Результаты

Данные проведенных исследований приведены ниже.

Таблица 1

Зависимость прочностных характеристик резины марки 203Б на разных каучуках от температуры, продолжительности выдержки и марки топлива

Температура топлива, °С	Показатель	Продолжительность выдержки, ч	Значения показателей* после выдержки в топливе	
			ТС-1	РТ
70	Условная прочность при растяжении, МПа	В исходном состоянии	14,4/13,7	–
		100	13,2/13,9	13,0/11,8
		500	12,6/13,0	13,2/14,2
		800	13,3/12,6	13,4/13,0
	Относительное удлинение при разрыве, %	В исходном состоянии	430/430	–
		100	330/330	340/330
		500	230/250	240/280
	Относительная остаточная деформация после разрыва, %	В исходном состоянии	9/11	–
		100	3/4	3/4
500		3/3	3/4	
100	Условная прочность при растяжении, МПа	100	12,1/11,4	11,2/11,1
		500	10,2/9,1	11,3/11,2
		800	12,2/11,5	9,6/10,1
	Относительное удлинение при разрыве, %	100	210/190	260/240
		500	90/80	180/190
		800	60/70	110/110
	Относительная остаточная деформация после разрыва, %	100	4/6	3/4
		500	5/7	7/7
		800	3/4	8/3

* В числителе – для резин на основе каучука БНКС-40, в знаменателе – на основе каучука СКН-40.

Таблица 2

Зависимость прочностных характеристик резины марки 3826 на разных каучуках от температуры, продолжительности выдержки и марки топлива

Температура топлива, °С	Показатель	Продолжительность выдержки, ч	Значения показателей* после выдержки в топливе	
			ТС-1	РТ
70	Условная прочность при растяжении, МПа	В исходном состоянии	7,9/8,9	–
		100	6,1/7,4	5,9/7,6
		500	6,8/7,8	6,8/8,4
		800	6,9/7,2	7,1/7,9
	Относительное удлинение при разрыве, %	В исходном состоянии	520/410	–
		100	460/400	440/340
		500	500/370	420/340
		800	400/330	400/310
	Относительная остаточная деформация после разрыва, %	В исходном состоянии	12/9	–
100		5/3	2/2	
500		5/4	3/5	
800		6/3	6/6	
100	Условная прочность при растяжении, МПа	100	6,9/7,8	6,2/7,2
		500	6,1/6,6	6,0/7,5
		800	5,5/6,5	5,1/6,3
	Относительное удлинение при разрыве, %	100	290/250	450/370
		500	200/150	340/310
		800	130/100	280/230
	Относительная остаточная деформация после разрыва, %	100	5/6	7/6
		500	3/3	6/7
		800	5/6	4/5

* В числителе – для резин на основе каучука БНКС-40, в знаменателе – на основе каучука СКН-40.

Таблица 3

Степень набухания резин марок 3826 и 203Б в топливах ТС-1 и РТ при комнатной температуре

Марка резины	Марка топлива	Набухание, % (по массе), при температуре 20°С в течение, ч					
		24	100	250	500	800	
3826 на основе каучука:	СКН-40	ТС-1	2,5	5,5	5,5	6,0	6,5
		РТ	1,5	2,9	2,6	1,4	1,1
	БНКС-40	ТС-1	0,8	4,0	2,0	2,0	2,0
		РТ	3,4	5,4	4,7	4,4	4,4
203Б на основе каучука:	СКН-40	ТС-1	0,2	0,6	0,8	1,0	1,5
		РТ	0,4	0,7	1,2	1,5	1,9
	БНКС-40	ТС-1	0,2	0,5	0,6	0,8	1,0
		РТ	0,4	0,9	1,2	1,4	1,8

**Диффузия топлив ТС-1 и РТ через резины марок 3826 и 203Б
на каучуках СКН-40 и БНКС-40 при комнатной температуре**

Марка резины	Марка топлива	Диффузия, г/м ² , при температуре 20°С в течение, ч				
		24	100	500	800	
3826 на основе каучука:	СКН-40	ТС-1	4,35	7,14	30,78	72,90
		РТ	5,40	9,76	49,30	100,52
	БНКС-40	ТС-1	4,00	8,66	147,7	262,6
		РТ	8,04	11,09	172,6	300,2
203Б на основе каучука:	СКН-40	ТС-1	2,04	3,36	7,71	8,30
		РТ	0,81	2,04	4,07	4,37
	БНКС-40	ТС-1	1,69	3,52	9,64	10,20
		РТ	1,80	2,57	7,49	8,56

Обсуждение и заключения

Резиновые смеси марок 203Б и 3826, изготовленные на основе БНК с разными эмульгаторами, после комплексного воздействия температуры и агрессивной среды соответствуют нормам ТУ 380051166–98. Образцы после испытаний в основном сохранили эластичность. Испытания показали высокую сходимость результатов.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– прочностные свойства резиновых смесей марок 203Б и 3826, изготовленных на основе бутадиен-нитрильного каучука БНКС-40, близки к прочностным свойствам резиновых смесей марок 203Б и 3826 из каучука СКН-40. (Следует отметить, что для резины марки 3826 из каучука БНКС-40 разброс значений этого показателя довольно большой, но соответствует нормам ТУ 380051166–98.);

– кинетика изменения степени набухания в топливах ТС-1 и РТ резины марки 203Б как на основе каучука БНКС-40, так и СКН-40 одинакова по характеру; степень набухания резины марки 3826 на каучуке БНКС-40 проходит через максимум;

– диффузия топлив ТС-1 и РТ через резину марки 203Б на каучуке БНКС-40 несколько выше, чем через резину на основе каучука СКН-40;

– диффузия топлив ТС-1 и РТ через резину марки 3826 на основе каучука БНКС-40 после 500 ч выдержки в несколько раз превышает величину аналогичного показателя для резины на основе каучука СКН-40.

Проведенный анализ показал, что топливостойкость резин на основе БНК во многом определяется условиями его синтеза. Исследованные резины на основе каучуков СКН-40 и БНКС-40 с разными эмульгаторами имеют близкие свойства и отличаются, прежде всего, по величине диффузии топлива. Данный показатель может быть улучшен

корректировкой состава вулканизирующих и защитных групп ингредиентов резиновой смеси. Это следует учитывать при выборе резин для изготовления изделий, работоспособных в агрессивных средах. Таким образом, выявленные в работе зависимости позволяют достаточно эффективно прогнозировать эксплуатационные характеристики и срок службы топливостойких резин на основе различных бутадиен-нитрильных каучуков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большой справочник резинщика. В 2 ч. М.: Техинформ. 2012. 1385 с.
2. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
3. 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.
4. Махлис Ф.А., Федюкин Д.Л. Терминологический справочник по резине. М.: Химия. 1989. 400 с.
5. Технология резины: Рецептуростроение и испытания: Пер. с англ. /Под ред. Дж.С. Дика. СПб.: Научные основы и технологии. 2010. 620 с.
6. Швейцер Ф.А. Коррозия пластмасс и резин. СПб.: Научные основы и технологии. 2010. 637 с.
7. Мартин Дж. М., Смит У.К. Производство и применение резинотехнических изделий: Пер. с англ. /Под ред. С.Ч. Бхати. СПб.: Профессия. 2006. 480 с.
8. 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).
9. Ерасов В.С., Котова Е.А. Эрозионная стойкость авиационных материалов к воздействию твердых (пылевых) частиц //Авиационные материалы и технологии. 2011. №3. С. 30–36.
10. Ушмарин Н.Ф., Петрова Н.П., Кольцов Н.И. Исследование маслобензостойких резин с применением композиционных стабилизаторов на основе ковантокса 8 ПФДА //Вестник Казанского технологического института. 2011. №2. С. 67–76.
11. Соколова Л.В., Матухина Е.В. Фазовое состояние стеарата кальция в каучуках БНКС //Каучук и резина. 2012. №1. С. 14–17.

12. Ковалева Л.А., Ливанова Н.М., Овсянников Н.Я. Исследование набухания резин из бутадиен-нитрильных каучуков в неполярном растворителе н-гептане /В сб. трудов XVIII Международной науч.-практич. конф. «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии». 2012. С. 63–66.
13. Маскулюинате О.Е., Морозов Ю.Л., Сухинин Н.С. и др. Влияние способа введения пластификатора на свойства парафинатных каучуков БНКС и стандартные резины на их основе //Каучук и резина. 2006. №3. С. 14–17.
14. Анисимов Б.Ю., Дыбман А.С., Имянитов Л.С., Поляков С.А. Гидрирование бутадиен-нитрильных каучуков //Каучук и резина. 2007. №2. С. 32–38.
15. Шуваева А.В. Резино-тканевые мембранные материалы на основе гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков: Автореф. дис. к.т.н. М. 2011. 23 с.
16. Котова С.В., Михайлов С.И., Фомина А.А. Особенности современного рынка бутадиен-нитрильных каучуков //Каучук и резина. 2012. №6. С. 33–35.
17. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
18. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
19. Чайкун А.М., Елисеев О.А., Наумов И.С., Венедиктова М.А. Особенности построения рецептур для морозостойких резин //Авиационные материалы и технологии. 2013. №3. С. 53–55.
20. Авиационные правила. Гл. 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. 3-е изд. ОАО Авиаиздат. 2009. 274 с.
21. Ефимов В.А., Шведкова А.К., Коренькова Т.Г., Кириллов В.Н. Исследование полимерных конструкционных материалов при воздействии климатических факторов и нагрузок в лабораторных и натуральных условиях //Труды ВИАМ. 2013. №1. Ст. 05 (viam-works.ru).

REFERENCES LIST

1. Bol'shoj spravocnik rezinshhika [Great Compendium rezinschikov]. V 2 ch. M.: Tehinform. 2012. 1385 s.
2. Kablov E.N. Strategicheskie napravlenija razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki do 2030 goda [Strategic directions of development of materials and technologies to process them until 2030] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. S. 7–17.

3. Eliseev O.A., Krasnov L.L., Zajceva E.I., Savenkova A.V. Razrabotka i modificirovanie jelastomernyh materialov dlja primenenija vo vseklimaticeskikh uslovijah [Development and modification of elastomeric materials for use in all climate conditions] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 309–314.
4. Mahlis F.A., Fedjukin D.L. Terminologicheskij spravochnik po rezine [Terminological reference for rubber]. M.: Himija. 1989. 400 s.
5. Tehnologija reziny: Recepturostroenie i ispytaniya [Rubber Technology: Retsepturostroenie and testing]: Per. s angl. /Pod red. Dzh.S. Dika. SPb.: Nauchnye osnovy i tehnologii. 2010. 620 s.
6. Shvejcer F.A. Korrozija plastmass i rezin [Corrosion of plastics and rubber]. SPb.: Nauchnye osnovy i tehnologii. 2010. 637 s.
7. Martin Dzh. M., Smit U.K. Proizvodstvo i primenenie rezinotehnicheskikh izdelij [Production and use of rubber products]: Per. s angl. /Pod red. S.Ch. Bhati. SPb.: Professija. 2006. 480 s.
8. Chajkun A.M., Eliseev O.A., Naumov I.S., Venediktova M.A. Osobennosti morozostojkih rezin na osnove razlichnyh kauchukov [Features frost rubbers based on different rubbers] //Trudy VIAM. 2013. №12. St. 04 (viam-works.ru).
9. Erasov V.S., Kotova E.A. Jerozionnaja stojkost' aviacionnyh materialov k vozdeystviyu teverdyh (pylevykh) chastic [Erosion resistance to the effects of aircraft materials teverdyh (dust) particles] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №3. S. 30–36.
10. Ushmarin N.F., Petrova N.P., Kol'cov N.I. Issledovanie maslobenzostojkih rezin s primeneniem kompozicionnyh stabilizatorov na osnove kovantoksa 8 PFDA [Maslobenzostojky study of composite rubber-based stabilizers kovantoksa 8 PFDA] //Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo instituta. 2011. №2. S. 67–76.
11. Sokolova L.V., Matuhina E.V. Fazovoe sostojanie stearata kal'cija v kauchukah BNKS [Phase state of calcium stearate in rubbers BNKS] //Kauchuk i rezina. 2012. №1. S. 14–17.
12. Kovaleva L.A., Livanova N.M., Ovsjannikov N.Ja. Issledovanie nabuhanija rezin iz butadien-nitril'nyh kauchukov v nepoljarnom rastvoritele n-geptane [Study of swelling rubber butadiene-nitrile rubbers in a nonpolar solvent n-heptane] /V sb. trudov XVIII Mezhdunarodnoj nauch.-praktich. konf. «Rezinovaja promyshlennost'. Syr'e. Materialy. Tehnologii». 2012. S. 63–66.
13. Maskuljuinate O.E., Morozov Ju.L., Suhinin N.S. i dr. Vlijanie sposoba vvedenija plastifikatora na svojstva parafinatnyh kauchukov BNKS i standartnye reziny na ih osnove [Influence of the route of administration of the plasticizer on the properties of rubber

- parafinatnyh BNKS and standard rubber based on them] //Kauchuk i rezina. 2006. №3. S. 14–17.
14. Anisimov B.Ju., Dybman A.S., Imjanitov L.S., Poljakov S.A. Gidrirovanie butadien-nitril'nyh kauchukov [Hydrogenation of butadiene-nitrile rubbers] //Kauchuk i rezina. 2007. №2. S. 32–38.
 15. Shuvaeva A.V. Rezino-tkanevye membrannye materialy na osnove gidrirovannyh butadien-nitril'nyh kauchukov [Rubber-fabric membrane materials based on hydrogenated nitrile rubbers]: Avtoref. dis. k.t.n. M. 2011. 23 s.
 16. Kotova S.V., Mihajlov S.I., Fomina A.A. Osobennosti sovremennogo rynka butadien-nitril'nyh kauchukov [Features modern market NBR] //Kauchuk i rezina. 2012. №6. S. 33–35.
 17. Kablov E.N. Himija v aviacionnom materialovedenii [Chemistry aviation materials] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 3–4.
 18. Kablov E.N. Materialy i himicheskie tehnologii dlja aviacionnoj tehniki [Materials and chemical technologies for aircraft] //Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2012. T. 82. №6. S. 520–530.
 19. Chajkun A.M., Eliseev O.A., Naumov I.S., Venediktova M.A. Osobennosti postroeniija receptur dlja morozostojkikh rezin [Features recipes for constructing frost rubbers] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №3. S. 53–55.
 20. Aviacionnye pravila. Gl. 25. Normy letnoj godnosti samoletov transportnoj kategorii [Aviation Regulations. Chap. 25. Standards of airworthiness of transport category]. 3-e izd. OAO Aviaizdat. 2009. 274 s.
 21. Efimov V.A., Shvedkova A.K., Koren'kova T.G., Kirillov V.N. Issledovanie polimernyh kon-strukcionnyh materialov pri vozdejstvii klimaticheskikh faktorov i nagruzok v laboratornyh i naturnyh uslovijah [Investigation of polymeric structural materials under the influence of climatic factors and stress in laboratory and field conditions] //Trudy VIAM. 2013. №1. St. 05 (viam-works.ru).