

внутреннего слоя. Указанная прослойка предотвращает деформацию и продавливание внутреннего слоя проволокой. Одновременно за счет модифицирующих добавок, вводимых в резиновую смесь, достигается повышение прочности крепления резины к проволоке силового каркаса.

С учетом предложенных рекомендаций институтом отработана технология и выпущена опытная партия трех типоразмеров рукавов высокого давления.

Результаты стендовых испытаний рукавов показали, что прочностные показатели в режиме статического нагружения давлением на 25-30 % превышают показатели серийных рукавов и приближаются до уровня зарубежных аналогов (см. таблицу). Испытания опытной партии рукавов в режиме динамического нагружения давлением также подтвердили уровень надежности, соответствующий требованиям международных стандартов ИСО-1436 и ДИН 20022.

С целью обеспечения гибкости рукавов в динамических условиях эксплуатации, снижения их материалоемкости разработана конструкция рукавов с тонким, по сравнению с требованиями ГОСТ 6286-73, наружным слоем без изменения их прочностных характеристик.

Таблица – Сравнительная характеристика опытных рукавов высокого давления и аналогичных рукавов, изготавливаемых по другой нормативной документации

Внутренний диаметр рукава, мм	Тип рукава	Рабочее давление, МПа					Международный стандарт ИСО-1436	ДИН-20022	ГОСТ 6286-73 тип Z	Требования ТЗ	Опытные рукава
		Международный стандарт ИСО-1436	ДИН-20022	ГОСТ 6286-73 тип Z	Требования ТЗ	Опытные рукава					
8	1	17,5	21,5	17,5	18,0	18,0	70,0	85,0	70,0	72,0	90,0
12	1	14,0	16,0	14,0	16,0	16,0	56,0	64,0	56,0	60,0	78,0
	11	25,0	21,5	25,0	25,0	27,5	100,0	110,0	100,0	100,0	110,0
16	11	20,0	25,0	20,0	20,0	30,0	80,0	100,0	80,0	80,0	120,0

Разработаны и зарегистрированы в Госстандарте Украины технические условия ТУ У 6 00152135.065-99 на рукава высокого давления повышенной надежности и технологический регламент на их изготовление, ведется освоение серийного производства указанных рукавов на заводе по выпуску МШ, ВР и РТИ ОАО «Днепрошина».

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ВУЛКАНИЗУЮЩИХ СИСТЕМ В РЕЗИНОВЫХ СМЕСЯХ НА ОСНОВЕ ФТОРЭЛАСТОМЕРОВ

**Семенов Г.Д., Евчик В.С., Зайцева Т.П., Лотаков В.С.,  
УНИКТИ «ДИНТЭМ», г. Днепропетровск**

Благодаря высокой теплостойкости, исключительной химической стойкости и негорючести в сочетании с хорошими механическими свойствами вулканизатов фторэластомеры нашли широкое применение практически во всех областях народного хозяйства. Сильное межмолекулярное взаимодействие, высо-

кое значение энергетического барьера свободного вращения связей во фторэластомерах СКФ-26 и СКФ-32 определяют высокую жесткость и низкую эластичность резин на их основе.

Наиболее перспективными методами улучшения свойств резин являются модификация эластомеров на стадии их переработки добавками реакционно-способных соединений, применение легкодоступных структурирующих агентов и химических соединений, оказывающих физико-химическое воздействие на микроструктуру полимера, что дает возможность синтеза резин с заданными свойствами без существенного изменения технологии производства резиновых смесей. Объектами исследования явились резиновые смеси и вулканизаты на основе сополимера гексафторпропилена с винилиденфторидом (СКФ-26) и сополимера трифторхлорэтилена с винилиденфторидом (СКФ-32). Указанные каучуки значительно отличаются друг от друга по свойствам и молекулярной структуре, что позволяет лучше оценить влияние на их свойства новых структурирующих систем. В качестве вулканизирующих систем изучены: вулканатор+ТЭБАХ+гидро-оксид кальция (для СКФ-26) и медон-1+медон-2+медон-3 (для СКФ-32) в сравнении с контрольными системами:  $N_1N^1$ -(бис)-фурилиденгексаметилендиимин (бифургин), салицилальмин меди (СИМ) + оксид цинка соответственно. В отличие от СИМ система «медон-комплект» не выделяет в воздух летучих вредных веществ при вулканизации, что делает производство экологически безопасным.

Вулканизирующую активность исследованных систем изучали в стандартных, модельных и серийных смесях. Смеси изготавливали на обычном оборудовании (вальцах) по существующим режимам, только в некоторых случаях делали отступление от принятых режимов с целью изучения влияния технологических факторов на активность вулканизирующих систем. Стандартные образцы вулканизовали в прессах с паровым или электрическим обогревом при соответствующих параметрах (температура, давление, время). Оценку физико-механических свойств резин производили по следующим показателям: условной прочности при растяжении, относительному удлинению при разрыве и остаточной деформации после разрыва; относительной остаточной деформации сжатия в воздухе при 150 и 200°C в течение 24 ч; твердости по Шору А; прочности крепления резины к металлу.

Технологические и реологические свойства смесей изучали на пластометре Муни (ГОСТ 20722-76), реометре 100 фирмы Монсанто. Исследованные вулканизирующие системы улучшают технологические свойства резиновых смесей. Так, указанная бисфинольная система снижает вязкость смесей с 140 до 120-130 (СКФ-26), а «медон-комплект» - с 140-150 до 100-110 (СКФ-32) усл. ед. по Муни. Также улучшаются и реологические характеристики резиновых смесей. Так, вязкость опытных смесей, оцениваемая по минимальному крутящему моменту при 150°C на реометре 100 фирмы Монсанто, снижается с 50-60 до 40-50 Н·м/рад. В таблицах 1 и табл. 2 представлены свойства резин. Резины с исследованными вулканизирующими системами по упругопрочностным характеристикам практически идентичны контрольным за исключением показателя условной прочности при растяжении резин из СКФ-32, который имеет более

низкие значения у опытных. Однако по теплостойкости в напряженном состоянии опытные резины значительно превосходят контрольные. Так, накопление относительной остаточной деформации сжатия опытных резин существенно ниже данного показателя контрольных резин (табл. 1, табл. 2). По стойкости в топливе ТС-1 опытные резины не уступают контрольным (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1 - Свойства резин на основе каучука СКФ-26

Показатель	СКФ-26+техуглерод		СКФ-26 + минеральные наполнители	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Условная прочность при растяжении, МПа	16,1	15,6	12,7	13,5
Относительное удлинение при разрыве, %	240	200	200	160
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	4	4	4	4
Твердость, ед. Шора А	68	73	68	73
Коэффициент морозостойкости (Кв) при минус 10 °С	0,60	0,56	-	-
Относительная остаточная деформация сжатия в воздухе (200 °С, 24 ч), %	40	22	38	20
Изменение массы в ТС-1 (150 °С, 24 ч), %	2,3	2,2	2,7	2,6

Таблица 2 - Свойства резин на основе каучука СКФ-32

Показатель	СКФ-32 + техуглерод		СКФ-32 + минеральные наполнители	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Условная прочность при растяжении, МПа	25,0	20,0	27,0	16,0
Относительное удлинение при разрыве, %	150	160	190	180
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	4	4	8	8
Твердость, ед. Шора А	70	71	76	75
Коэффициент морозостойкости (Кв) при минус 10 °С	0,33	0,35	-	-
Относительная остаточная деформация сжатия в воздухе (200 °С, 24 ч), %	46	37	40	31
Изменение массы в ТС-1 (150 °С, 24 ч), %	5,8	6,0	14	15

Экспериментально установлено, что лучшим комплексом свойств обладают резиновые смеси из СКФ-26 как с техническим углеродом Т900, так и с минеральными наполнителями, а также резиновые смеси из СКФ-32, наполненные техуглеродом марок Т900, П701, которые характеризуются высокой теплостойкостью в напряженном состоянии. Известно, что серийные резины на ос-

нове СКФ-26 имеют низкий уровень прочности связи с металлом при креплении их различными клеями в процессе вулканизации. Прочность крепления исследованных резин на основе СКФ-26 к металлу с помощью серийного клея 9М-25 находится на том же уровне, что и с помощью клеев 511, Х5130 фирмы Хенкель и опытные резины существенно превосходят по этому показателю серийные (контрольные) (табл. 3). Разработанные резиновые смеси из СКФ-32 также обладают высокой прочностью крепления к металлу (клей 9М-25) (см. табл. 3).

Таблица 3 - Прочность крепления резин к металлу

	Марка клея					
	9М-25		511		Х5130	
	$\sigma_{кр}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Характер разрушения	$\sigma_{кр}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Характер разрушения	$\sigma_{кр}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Характер разрушения
Резина из СКФ-26 с техуглеродом:						
контрольная	4,0	Р-КЛ*	3,0	Р-М	4,0	Р-М
опытная	77,0	Р-Р	74,0	Р-Р	75,0	Р-Р
Резина из СКФ-26 с минеральными наполнителями:						
контрольная	5,0	Р-КЛ	4,0	Р-М	4,0	Р-М
опытная	73,0	Р-Р	66,0	Р-Р	76,0	Р-Р
Резина из СКФ-32 с техуглеродом:						
контрольная	24,0	Р-М	-	-	-	-
опытная	64,0	Р-Р	-	-	-	-
Резина из СКФ-32 с минеральными наполнителями:						
контрольная	45,0	Р-М	-	-	-	-
опытная	84,0	Р-Р	-	-	-	-

\* Примечание. Характер разрушения: Р-КЛ - на границе резина-клей; Р-М - на границе резина-металл; Р-Р - по массиву резины.

Разработанная резиновая смесь на основе СКФ-26 была рекомендована для производственных испытаний при выпуске резинометаллических клапанов. В производственных условиях были подтверждены результаты лабораторных испытаний. Таким образом, использование вулканизирующих систем: вулкафтор Ф + ТЭБАХ+гидроксид кальция и медон-1+медон-2+медон-3 для фторэластомеров СКФ-26 и СКФ-32 соответственно имеет преимущества по сравнению с бифургином и салицилаллимином меди, так как они:

- являются экологически безопасными продуктами;
- резиновые смеси обладают улучшенными технологическими свойствами, а вулканизаты - высокой теплостойкостью в напряженном состоянии;
- по основным физико-механическим показателям аналогичны резинам с бифургином и СИМ.