

## **Влияние модифицирующих композиций на базе многостенных углеродных нанотрубок на свойства термоагрессивостойкой резины**

© Спиридонов Иван Сергеевич, Ушмарин Николай Филиппович,  
Семёнова Надежда Андреевна, Сандалов Сергей Иванович,  
Кольцов\*<sup>+</sup> Николай Иванович

*Кафедра физической химии и высокомолекулярных соединений. Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова. Московский пр., 15. г. Чебоксары, 428015.  
Чувашская республика. Россия. Тел.: +7 (8352) 45-24-68. E-mail: koltsovni@mail.ru*

\*Ведущий направление; <sup>+</sup>Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** модифицирующие композиции, многостенные углеродные нанотрубки, термоагрессивостойкая резина, реометрические, физико-механические и эксплуатационные свойства.

### **Аннотация**

В статье исследовано влияние модифицирующих композиций на базе многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) и бутадиен-нитрильного каучука марки СКН 2645 на свойства резины, имеющей нестабильные упруго-прочностные характеристики, что требует улучшения физико-механических свойств, в частности условной прочности при растяжении и сопротивления раздиру, а также термостойкости. Исследование проведено с целью разработки резины для уплотнительных элементов пакерно-якорного оборудования для нефтегазодобывающей промышленности, выдерживающих воздействие таких агрессивных сред как: нефть, газоконденсат, многофазовый флюид «нефть-газ-вода» и природный газ при температурах до 100 °С. Исследуемая резиновая смесь содержала: каучук СКН 2645; вулканизирующий агент – перкадокс ВС-FF; соагенты вулканизации – олигоэфиракрилаты МГФ-9 и ТГМ-3; активатор вулканизации – цинковые белила; антискорчинг – 2-меркаптобензотриазол; противостарители – IPPD и ацетонанил Н; технологические добавки – цинкогент ВВ-222, РС-1 и стеариновую кислоту; наполнитель – технический углерод П 803. Модифицирующие композиции на базе многостенных углеродных нанотрубок были представлены ООО «Карбон-тех» (г. Новосибирск). Варианты резиновой смеси изготавливали на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Последовательность ввода ингредиентов в матрицу каучука для всех вариантов была одинаковой. При совмещении модифицирующих композиций с бутадиен-нитрильным каучуком СКН 2645 технологические трудности не наблюдались. Модифицирующие композиции хорошо распределялись в матрице каучука. Варианты резиновой смеси в виде стандартных пластин вулканизовали на вулканизационном прессе модели Р-V-100-3RT-2-PCD при температуре 170 °С в течение 15 мин. Установлено, что введение модифицирующих композиций в каучуковую матрицу не приводит к технологическим осложнениям при изготовлении резиновой смеси. Модифицирующие композиции практически не влияют на кинетику вулканизации резиновой смеси. Минимальный и максимальный крутящиеся моменты, времена начала и оптимума вулканизации практически одинаковы для вариантов резиновой смеси, содержащих различные модифицирующие композиции. Введение в резиновую смесь всех модифицирующих композиций способствует возрастанию физико-механических свойств вулканизатов при комнатной температуре и 120 °С, а также к возрастанию стойкости вулканизатов к тепловому старению в агрессивных средах. Наиболее эффективным является модифицирующая композиция, содержащая 2% многостенных углеродных нанотрубок (N-МУНТ), 2% технического углерода П 803 и 96% каучука СКН 2645, который может быть рекомендован для изготовления уплотнительных элементов пакерно-якорного оборудования.

### **Выходные данные для цитирования русскоязычной версии статьи:**

Спиридонов И.С., Ушмарин Н.Ф., Семёнова Н.А., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Влияние модифицирующих композиций на базе многостенных углеродных нанотрубок на свойства термоагрессивостойкой резины. *Бутлеровские сообщения*. 2022. Т.69. №1. С.108-113. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-1-108.

или

*ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА БАЗЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ...* \_\_\_\_\_ 108-113  
Ivan S. Spiridonov, Nikolay F. Ushmarin, Nadezhda A. Semyonova, Sergei I. Sandalov, Nikolay I. Kol'tsov.  
Influence of modifying compositions based on multi-walled carbon nanotubes on the properties of heat-aggressive-resistant rubber. *Butlerov Communications*. **2022**. Vol.69. No.1. P.108-113. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-1-108. (Russian)