

**Баннов А.Г., Попов М.В., Курмашов П.Б.**

(Новосибирский государственный технический университет)

**Вишневский К.В.**

(Белорусский государственный технологический университет)

## **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА БАЗЕ КАУЧУКА С ДОБАВКАМИ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ**

В последнее время углеродные наноматериалы исследуются широким кругом специалистов в области химии, физики, химической технологии и смежных отраслей. Работы в данном направлении проводятся с целью получения новых материалов, обладающих уникальными свойствами. К числу таких материалов можно отнести графитоподобные материалы: оксид графита, терморасширенный графит, графитовые нанопластинки. В отличие от графена и его родственных материалов стоимость их производства существенно ниже и возможна организация их производства в крупном масштабе. При этом каждый из материалов обладает характерными физико-химическими свойствами. Оксид графит (ОГ) имеет незначительную пористость, но на его поверхности находится большое количество кислородсодержащих функциональных групп, что очень полезно для создания композиций на базе полимерных материалов [1]. При быстром нагревании оксида графита образуется терморасширенный графит (ТРГ), который представляет собой пористый графитоподобный материал с достаточно высокой степенью графитации. Графитовые нанопластинки (ГНП) получают ультразвуковым диспергированием последнего, и этот материал образован чешуйками графита с латеральными размерами порядка нескольких микрон и толщиной 5-10 нм. Одним из перспективных применений таких материалов является их добавление в каучуки в малых количествах (до 1–5 масс.%) для изменения их физико-химических и эксплуатационных свойств. В данной работе проводили исследование электрофизических свойств резиновых смесей с добавками графитоподобных материалов.

Исследуемая эластомерная композиция представляла собой комбинацию неполярных каучуков: СКИ-3 (цис-1,4-изопреновый каучук) и СКД (цис-1,4-дивиниловый каучук). В работе были использованы следующие добавки: ОГ – оксид графита, полученный методом Хаммерса; ТРГ-1 – терморасширенный графит, получен из ОГ путем нагрева оксида графита в динамическом режиме; ТРГ-2 – терморасширенный графит, получен из ОГ по модифицированной методике Хаммерса, которая

предусматривала уменьшенное в 10 раз количество пероксида водорода; ГНП – графитовые нанопластинки, были получены из ТРГ-1 путем его диспергирования в изопропанол в течение 12 ч в ультразвуковой ванне (22 кГц); ТРГ-9 – ТРГ, полученный нагревом промышленного интеркалированного графита (бисульфат графита). В композицию вводили 0,05 масс.% вышеуказанных углеродных материалов. Для полученных образцов резиновых смесей определяли удельную проводимость и диэлектрическую проницаемость в диапазоне частот 1 Гц – 1 МГц.

На рисунке 1 показаны зависимости электрофизических свойств резиновых смесей при использовании добавок различных графитоподобных материалов.

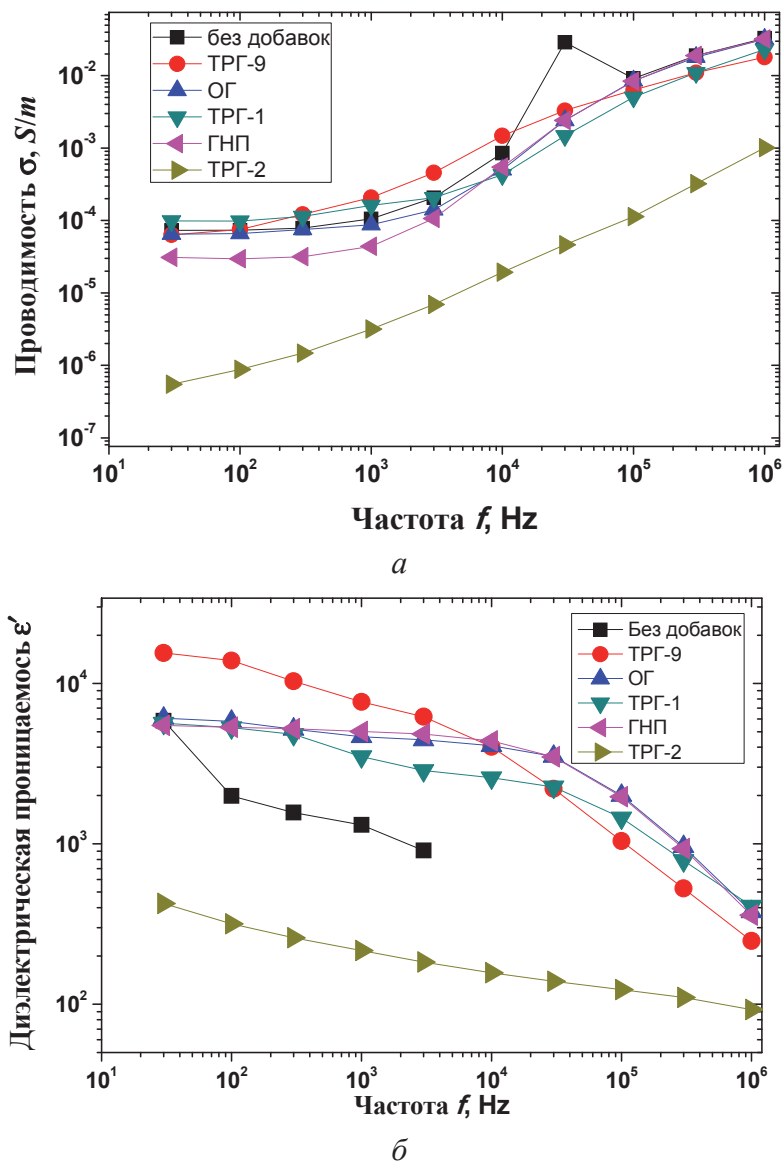


Рисунок 1 – Электрофизические свойства резиновых смесей при использовании добавок различных графитоподобных материалов

Как видно из рисунков, электрическая проводимость композиций находится в пределах  $10^{-6}$ – $10^{-2}$  См/м. Стоит отметить, что при повышении частоты до  $\sim 300$  Гц проводимость не меняется. Этот факт свидетельствует о том, что при концентрации добавки 0,05 масс.% порог перколяции уже пройден для систем на базе всех графитоподобных материалов, за исключением ТРГ-2.

Проводимость систем с добавлением ТРГ-1 и ОГ очень близка к эластомерной композиции без добавок. В то же время в диапазоне  $10^2$ – $10^4$  Гц проводимость системы с добавлением ТРГ-9 выше по сравнению со стандартной композицией, что может быть связано с несколько большей проводимостью ТРГ-9, поскольку он был получен из интеркалированного графита и после термического разложения интеркалированных соединений графита представлял собой порошкообразный графит. Этот рост проводимости также положительно отражается на диэлектрической проницаемости системы в диапазоне до  $5 \cdot 10^3$  Гц. Материал с добавлением ТРГ-2 показал снижение, как проводимости, так и диэлектрической проницаемости, что можно связать с недостаточной полнотой его окисления, вследствие чего его распределение в композиции хуже.

Результаты исследования влияния модифицирующих добавок на физико-механические показатели ненаполненных резиновых смесей при нормальных условиях представлены в таблице 1. Интересно, что для образца имеющего наихудшие диэлектрические свойства ( $\epsilon'$ ), характерна лучшая условная прочность при растяжении и наибольшее относительное удлинение при разрыве, что во многом отражает более низкий вклад поляризационных процессов, происходящих в композиции.

**Таблица 1 – Результаты исследования упруго-прочностных свойств резин до старения**

Резиновая смесь	Относительное удлинение при разрыве, %	Условная прочность при растяжении, МПа
Смесь без добавок	418,10	19,39
Смесь с ОГ	520,33	18,44
Смесь с ГНП	484,22	19,96
Смесь с ТРГ-1	523,57	17,38
Смесь с ТРГ-2	585,30	20,71
Смесь с ТРГ-9	581,36	18,20

По данным таблицы 3.5 можно сделать вывод о том, что введение данных модифицирующих добавок увеличивает относительное удлинение при разрыве. На условную прочность при растяжении данные

добавки повлияли неоднозначно: максимальное влияние оказал терморасширенный графит марки ТРГ-1, который уменьшил на 10% данный показатель, и терморасширенный графит марки ТРГ-2, который увеличил его на 7%.

Резюмируя вышесказанное, стоит отметить, что исследование новых эластомерных композиций с добавлением графитоподобных материалов позволит создать новые конструкционные материалы с высокими характеристиками.

### Литература

1. Bannov, A.G. Synthesis and studies of properties of graphite oxide and thermally expanded graphite / A.G. Bannov, A.A. Timofeeva, V.V. Shinkarev, K.D. Dyukova, A.V. Ukhina, E.A. Maksimovskii, S.I. Yusin // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2014. – Vol. 50, iss. 2. – P. 183-190. - DOI: 10.1134/S207020511402004X.

УДК 678.5.067:53(075.8)

**Береснева А.В., Антонов А.С.,**

(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

**Вишневский К.В.**

(Белорусский государственный технологический университет)

## **НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПОВЫШЕННОЙ СТОЙКОСТЬЮ К ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНЫМ И ДЕСТРУКЦИОННЫМ ПРОЦЕССАМ**

Полимерные материалы и композиции на их основе относятся к числу наиболее распространенных материалов для изготовления изделий различного функционального назначения. Номенклатура функциональных изделий из полимерных композитов и объемы их применения непрерывно увеличиваются, что обусловлено уникальными возможностями управления параметрами эксплуатационных характеристик изделий (деформационно-прочностных, триботехнических, адгезионных, защитных и др.) в широком диапазоне значений в зависимости от требований технической документации.

В современном материаловедении и технологии функциональных полимерных композитов для управления параметрами термоокислительных и деструкционных процессов, определяющих сроки эксплуатации изделий, используют функциональные компоненты –