

В.А. Борисова  
(ФГБОУ ВО СПб УГПС МЧС России, Санкт-Петербург)

## **СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА ПУТЕМ МОДИФИЦИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИАМИДОВ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Одними из самых пожароопасных технологических процессов в настоящее время являются процессы производства, технического обслуживания, ремонта и в целом эксплуатации транспортных средств. В самолетостроении, в строительстве корабельных судов и в космических технологиях, а также при изготовлении сверхпрочных и легких тросов и канатов, оплетки кабелей, изоляции электродвигателей применяются различные полимерные материалы, в том числе и полиарамидные волокна. Обусловлено это во многом их отличными термическими и механическими характеристиками.

Так, например, при температурах до  $\sim 160^{\circ}\text{C}$  прочность волокон полиарамидов меняется на  $\sim 3\text{--}4\%$ . При повышении температуры до  $\sim 180^{\circ}\text{C}$ , изменения прочности составляет  $\sim 25\%$ , а при воздействии температуры  $\sim 200^{\circ}\text{C}$  прочность уменьшится почти в 3 раза. При температуре  $\sim 250^{\circ}\text{C}$  волокно начнет терять свою прочность со скоростью в 5 раз быстрее, чем при  $\sim 200^{\circ}\text{C}$ .

Воздействие воды и водяного пара негативно влияет на прочность полиарамидных волокон. Согласно [1], при значении  $\text{pH} = \sim 3\text{--}6$  процент остаточной прочности при разрушении проходит через максимум, в области нейтральной воды при  $\text{pH}$  от 4 до 8 остаточная прочность  $\geq 80\%$ .

Эти факты наглядно демонстрируют, что полиарамидные материалы подвержены разрушению под влиянием ряда факторов. Поэтому для предотвращения повреждения корпусов транспортных средств применяется модификация волокон полиарамидов углеродными наноструктурами.

В качестве метода совершенствования материалов корпусов транспортных средств был предложен и проанализирован вариант модификации полиарамидного материала (кевлара) путем введения в структуру образцов углеродных наноструктур (УНС) – «TUBALL Nanotubes» [2], астралены [3], углерон [4] и их смеси.

Объектом проведенного исследования выступили полиарамидные нити, модифицированные спиртовыми суспензиями с содержанием УНС и наполненными наночастицами углерода эпоксидными композициями. Подготовка модифицирующих растворов с добавлением УНС проводилась при температуре 20°C путем ультразвукового диспергирования (УЗД) наночастиц в этаноле/в объеме низкомолекулярного отвердителя при воздействии источника ультразвука. В результате был получен ряд модифицирующих веществ.

Характеристики модифицированных волокон полиарамидов были исследованы с использованием метода дифференциально-термического анализа (ДТА) согласно методике [5].

В интервале температур 150–350°C наибольший тепловой эффект наблюдается для контрольного образца необработанного кевлара (рисунок 1).

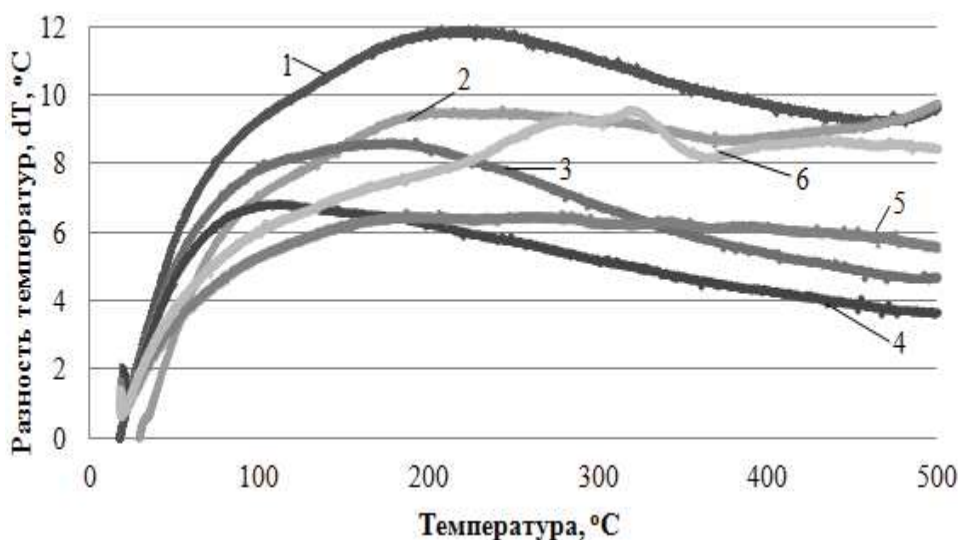


Рисунок 1 – Результаты ДТА нитей кевлара: 1 - немодифицированный кевлар, 2 – кевлар, модифицированный смесью астрален/углерон, 3 – Кевлар, модифицированный углероном, 4 – Кевлар, модифицированный астраленом, 5 – Кевлар, модифицированный нанокomпозитом «ЭпоксипАН» с добавлением УНТ, 6 - Кевлар, модифицированный нанокomпозитом «ЭпоксипАН» с добавлением астралена

Температура термической деструкции контрольного образца кевларового волокна и модифицированного спиртовой суспензией «астрален/углерон» составляет порядка 470°C. Для образцов, подвергшихся модификации спиртовой суспензией с астраленами и суспензией с углероном, резкого изменения температуры не наблюдается вплоть до 500°C, что свидетельствует о более высокой термической стойкости данного образца.

Для образца кевлара, обработанного составом «ЭпоксипАН» с добавлением астраленов, отражено увеличение температуры начала термической деструкции и температуры воспламенения порядка 100°C.

Кроме того, стоит отметить, что спектр комбинационного рассеяния кевлара (рисунок 2), модифицируемого смесью нанокompозита «ЭпоксипАН» с астраленом, имеет отличительные от контрольного образца черты.

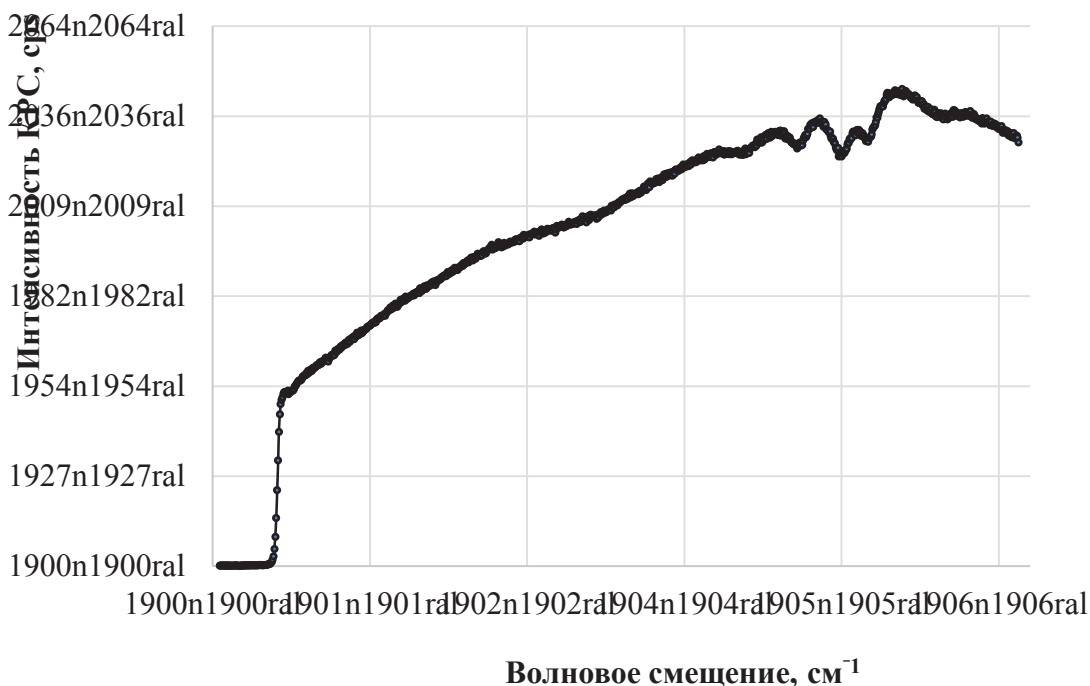


Рисунок 2 – Рамановский спектр исследуемого образца (кевлара, модифицируемого смесью нанокompозита «ЭпоксипАН» с астраленом).

На графике наблюдаются пики в местах со значениями волнового смещения  $\sim 1400 \text{ см}^{-1}$  и  $\sim 1600 \text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о присутствии в структуре D-полосы углеродных материалов, то есть наличии в структуре кевлара наночастиц. При обработке волокна нанокompозитом с депонированным в его структуру астраленом наблюдается максимальное значение интенсивности отраженного монохроматического света, равное 52360 единицам. Этот показатель превышает аналогичные значения для немодифицированного волокна в десятки раз.

В результате исследований было установлено, что модифицированные нити обладают повышенной прочностью, имеют пониженный показатель горючести. Модифицирование полиарамидов позволит улучшить показатели термостойкости, прочности и

надежности транспортных средств в условиях чрезвычайных ситуациях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иоффе Алексей, Волокно Кевлар фирмы Дюпон. Часть 2. Термические свойства и устойчивость к воздействию внешних факторов, Издательский Дом Пластмассы (Москва), жур-л Пластические массы, №4, стр.6

2. Одностенные углеродные нанотрубки – OCSiAl. URL: [www.ocsial.com/ru/material-solutions/tuball](http://www.ocsial.com/ru/material-solutions/tuball) – (дата обращения – 09.04.2019).

3. Ponomarevh A.N., Shamesa A.I. (February–March 2009). “Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles”, *Diamond and Related Materials*, 18: 505–510.

4. Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Козеев А. А. «Сульфoadдукт нанокластеров углерода и способ его получения», Заявка на изобретение РФ № RU 2010105074/20(007140), приоритет от 08.02 2010 г.

5. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа.