



НИИГРАФИТ  
РОСАТОМ

**№ 11 – 2022**

**РЕФЕРАТИВНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И  
ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО  
УГЛЕРОДНЫМ МАТЕРИАЛАМ**



*Москва, АО «НИИграфит»*

## Содержание №11 – 2022

<b>1. Волокна и композиты .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Углеродные волокна и ткани, углепластики.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Целлюлоза, вискоза, сорбенды. УМ в медицине.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Композиты в строительстве. Базальт.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Атомная и альтернативная энергетика .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Наноматериалы, фуллерены, графен .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Методы исследования. Сырье.....</b>	<b>15</b>
<b>5. Полимеры. Алмазы. Другие виды углеродных материалов .....</b>	<b>17</b>
<b>6. Обзор рынков и производства .....</b>	<b>21</b>
<b>7. Научно-популярные материалы, сообщения.....</b>	<b>22</b>



**Составитель и редактор,  
перевод  
Шишкова  
Ирина Васильевна  
IVShishkova@rosatom.ru**

**Раздел «Патенты»  
Шульгина  
Людмила Николаевна  
LNShulgina@rosatom.ru**

**Адрес:** 111524, Москва, ул. Электродная, д.2. НИИГрафит  
**Тел.** (495) 278-00-08, доб.21-97

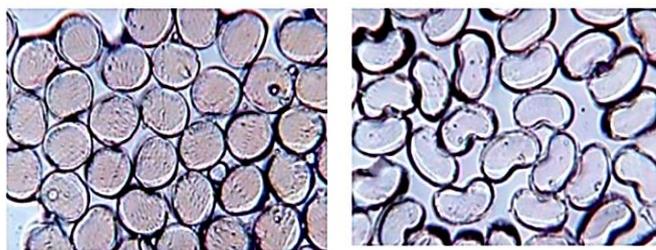
## 1. ВОЛОКНА И КОМПОЗИТЫ

### 1.1. УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА И ТКАНИ, УГЛЕПЛАСТИКИ

#### 1.1.1. МЕТОДЫ ФОРМОВАНИЯ ПАН-ПРЕКУРСОРА

Нурмухаметова А.Н., Зенитова Л.А. // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т.25, №9. – С.55-65

В работе представлены основные методы формования полиакрилонитрильного волокна. Полиакрилонитрильные волокна являются в настоящее время востребованным сырьем для производства углеродных волокон, используемых в высокотехнологических отраслях промышленности. Интерес к углеродному волокну начал расти в середине прошлого века, параллельно с развитием космической отрасли. Возникла необходимость в легком и прочном материале для ракетных двигателей, и углеродные материалы идеально соответствовали требованиям. Они отличаются высокой термической и коррозионной стойкостью, низкой теплопроводностью, высокой удельной прочностью и жесткостью. В настоящее время композиционные материалы применяются повсеместно. В частности, углепластики применяются для производства пылезащитного устройства вертолетного двигателя; углепластики, которые модифицируют углеродными наночастицами, применяются в разработке



молниезащитных систем; углерод-углеродные материалы используют для создания частей воздушно-космических самолетов, газотурбинных двигателей и других теплонагруженных деталей. Рис. *Форма поперечного сечения волокон прекурсора*

#### 1.1.2. ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ ТКАНИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ОКСИДАМИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Храменкова А.В., Изварин А.И., Финаева О.А. // Журнал прикладной химии. – 2022. – Т.95, №4. – С.509-516

Изучены особенности формирования гибридных электродных материалов на основе углеродной ткани, модифицированной оксидами молибдена, кобальта, никеля, железа и вольфрама, при поляризации переменным асимметричным током. Показано, что полученные гибридные материалы являются многофазными системами, морфология их поверхности характеризуется фрагментарной структурой. Проведено исследование электрохимического поведения полученных гибридных материалов при их циклировании в щелочном электролите. Рассчитанные значения удельной емкости составили 472, 1018, 1496, 1990 мФ·см<sup>-2</sup> при плотностях тока 30, 12, 6, 3 мА·см<sup>-2</sup> соответственно. Полученные гибридные электродные материалы сохраняют удельную емкость до 77% после 1000 циклов заряда-разряда, что позволяет говорить о возможности их использования в симметричных суперконденсаторах с щелочным электролитом.

### 1.1.3. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИТИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПЛОТНЫХ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕКОВЫХ МАТРИЦ

Кулаков В.В., Панков М.И., Сивурова В.А. // Справочник. Инженерный журнал. – 2021. - №10 (295). – С.3-9

Исследована эффективность газофазного пиролитического уплотнения на закономерности изменения структуры, пористости, твердости и прочности высокоплотного углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ) с пековой матрицей, сформированной жидкофазным методом, с разным значением начальной плотности материала. Проведен анализ влияния начальной плотности материала на выбор способа его уплотнения, определены условия насыщения материала пиролитическим углеродом в качестве дополнительной стадии уплотнения.

### 1.1.4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН С РАСПЛАВОМ *Ti-Al* В ПРОЦЕССЕ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Сычев А.Е., Вадченко С.Г., Щукин А.С. // Неорганические материалы. – 2021. – Т.57, №7. – С.715-710

Изучено структурообразование продуктов горения в системе *Ti-Al* при взаимодействии с углеродными волокнами в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Продукты горения исследованы методами сканирующей электронной микроскопии с локальным рентгеноспектральным анализом с использованием энергодисперсионного детектора и рентгенофазового анализа. Результаты исследования показывают, что на поверхности графитовых волокон формируется тонкий слой карбидной фазы *TiC* (~200–300 нм), покрытый слоем наноламинатных зерен МАХ-фазы *Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>*. Результаты работы могут быть полезны при создании композиционных материалов на основе алюминидов титана с углеродными волокнами, покрытыми карбидом титана.

### 1.1.5. ВЛИЯНИЕ ГИБРИДИЗАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН АРАМИДНЫМИ И СВМПЭ-ВОЛОКНАМИ НА УДАРНЫЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ

Корнеева Н.В., Крылов И.К., Абдуллин И.Ш. // Физика и химия обработки материалов. – 2022. - №3. – С.43-53

Методом “разрыв ударом” (РУ) исследованы свойства и механизмы разрушения гибридных композиционных материалов (ГКМ) на основе пластичных и хрупких матриц, упрочнённых гибридными волокнами из углеродных, арамидных и сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых (СВМПЭ) волокон при низкоскоростном ударе. Состав гибридного волокна и пластичность матрицы влияют на свойства и характер разрушения ГКМ. Установлено, что сочетание углеродного и арамидного волокна в гибридном волокне для армирования пластичной матрицы (ПМ) даёт возможность создавать материал с замедленным разрушением. Показано, что для разрушения ГКМ с пластичной матрицей при ударе необходима нагрузка в два раза большая, чем для образцов с жесткой матрицей. Наиболее высокую прочность имеют ГКМ, в которых на всех этапах нагружения, вплоть до разрушения происходит совместная деформация матрицы и упрочняющего волокна. Механизм деформации и разрушения анизотропных ГКМ при ударе носит ступенчатый характер.

### 1.1.6. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ «КАРБИД ТУГОПЛАВКОГО МЕТАЛЛА - УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО» И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ

Долматов В.С. // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2022. – Т.14, №2. – С.23-28

Рассмотрены условия и результаты электрохимического синтеза композиционных материалов «карбид тугоплавкого металла - углеродное волокно» ( $Me = Nb, Ta, Mo$ ). Приведены результаты исследования электрокаталитической активности этих композиционных материалов в реакции разложения пероксида водорода в сравнении с такими традиционными катализаторами, как медь и платина. Установлен наиболее активный композит.

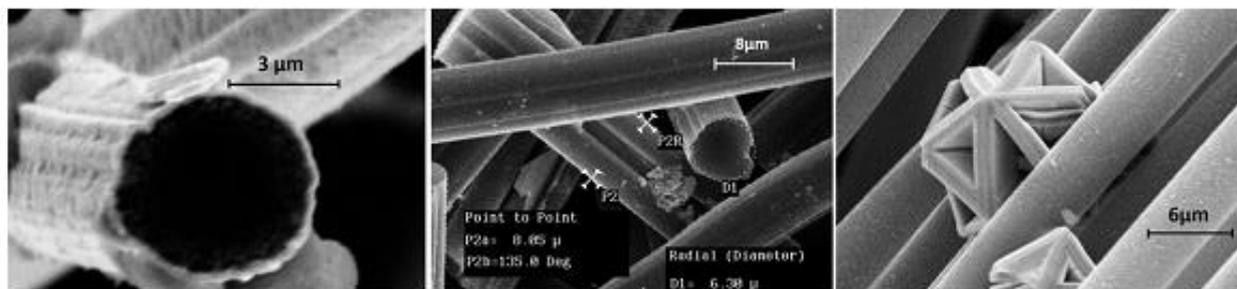


Рис. Микрофотографии углеродных волокон с покрытиями карбида тантала  $TaC$ , карбида ниобия  $NbC$  и кристаллами карбида молибдена  $Mo_2C$ , полученных методом бестокового переноса в расплавленных солях  $NaCl - KCl - K_2TaF_7 - Ta$  в течение 24 ч,  $NaCl - KCl - K_2NbF_7 - Nb$  в течение 24 ч,  $NaCl - KCl - Na_2MoO_4 - Mo$  в течение 1 ч. при температуре  $850\text{ }^\circ\text{C}$

### 1.1.7. КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО В ПРИСУТСТВИИ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И ОЦЕНКА СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ

Зубова Н.Г., Плакунова Е.В., Герасимова В.М. // Вестник Технологического Университета. – 2022. – Т.25, №7. – С.88-94

Проведена оценка кинетических данных процесса отверждения эпоксидного связующего ЭД-20 в присутствии полиакрилонитрильного технического жгутика, окисленного полиакрилонитрильного жгутика, гидратцеллюлозной технической и базальтовой нитей. Показано влияние различной природы волокнистых наполнителей на изменение времени гелеобразования и времени отверждения реактопластичной матрицы. В частности, при введении в эпоксидное связующее полиакрилонитрильного технического жгутика (волокнистого материала на основе органического карбоцепного полимера) или базальтовой нити (волокнистого материала неорганической природы) происходит увеличение времени отверждения матрицы, а при введении окисленного полиакрилонитрильного жгутика или гидратцеллюлозной технической нити (волокнистых материалов на основе органических гетероцепных полимеров), напротив - снижение продолжительности отверждения эпоксикомпозита по сравнению с ненаполненной эпоксидной матрицей. Различный характер изменения энергии активации процесса отверждения эпоксидного связующего придают гидратцеллюлозная техническая и базальтовая нити.

### **1.1.8. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА УГЛЕ- И СТЕКЛОПЛАСТИКА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ОТВЕРЖДЕННОМ СОСТОЯНИИ В СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Злобина И.В., Бекренев Н.В. // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2022. - №3. – С.10-13

Статья посвящена изложению результатов экспериментальных исследований стойкости угле- и стеклопластика, модифицированного обработкой в СВЧ электромагнитном поле, к эрозионному износу под воздействием потока абразивных частиц. Показано снижение массового износа опытных образцов углепластика в 10-12 раз, стеклопластика - в 1,5-1,76 раза по сравнению с контрольными. Установлено, что при этом параметры шероховатости обработанной поверхности снижаются в среднем на 40-70 % для углепластика и на 20-45 % для стеклопластика. Рис. Поверхность контрольного (а) и опытного (б) образцов после струйно-абразивной обработки (верхняя часть не обработана)

### **1.1.9. ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОЙ МАТРИЦЫ, НАПОЛНЕННЫХ ПРОДУКТАМИ ТЕРМОРАСПАДА КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА С ТРИЛОНОМ Б**

Троснянская Т.О., Сименюк Г.Ю., Захаров Ю.А. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2022. – Т.30, №4. – С.436-445

Получен наноструктурированный композитный материал на основе многостенных углеродных нанотрубок, наполненных продуктами термического разложения комплексов кобальта с динатриевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты (трилон Б) -  $CoH_2Y$ . Выполненная характеристика композита показала, что содержание в нем кобальта соизмеряется с заданным при синтезе, а получаемый в качестве побочного продукта хлорид натрия практически полностью удаляется при промывке. Сопоставляющиеся результаты циклической вольтамперометрии, гальваностатического заряда-разряда и электрохимической импедансной спектроскопии выявили заметное увеличение электрической емкости углеродной матрицы в области малых скоростей сканирования при введении наполнителя (до 1.8 раза при скорости 10 мВ/с), что связано с протеканием в этих условиях относительно инерционных электродных *Red-Ox* процессов типа  $CoO \leftrightarrow CoO_x(OH)_y \leftrightarrow Co_2O_3 \leftrightarrow Co_3O_4$ . При высоких скоростях сканирования введение небольших количеств наполнителя

## **1.2. ЦЕЛЛЮЛОЗА, ВИСКОЗА, СОРБЕНТЫ. УМ В МЕДИЦИНЕ**

### **1.2.1. МАЛОСЛОЙНЫЕ ГРАФЕНОВЫЕ СТРУКТУРЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРБЕНТ МИКОТОКСИНОВ**

Возняковский А.П., Карманов А.П., Кочева Л.С. // Журнал технической физики. – 2022. – Т.92, №7. – С.951-957

Экспериментально установлено, что образцы малослойного графена, синтезированные карбонизацией растительных материалов (лигнин, целлюлоза и кора ели) в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, являются эффективными сорбентами в отношении микотоксина Т-2 в условиях, моделирующих среду в желудочно-кишечном тракте млекопитающих, и способны необратимо сорбировать не менее 94.6% микотоксина при сорбционной емкости в 1 mg микотоксинов на 1 g сорбента.

### **1.2.2. ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПРИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19**

Мусаев А.А., Тарнапольская Л.Г., Лошаков О.В. // Сборник трудов конференции «Прикладные вопросы военной медицины». – 2021. – С.94-97

В качестве альтернативы существующим дезинфицирующим средствам рассматривают наночастицы различной природы, обладающие широким спектром противовирусной активности и эффективностью при гораздо более низких дозах. Учеными разработан воздухопроницаемый одноразовый фильтрующий картридж из целлюлозных нановолокон, способный фильтровать частицы размером менее 100 нанометров. Альтернативой металлическим наночастицам, которые при своей высокой противовирусной эффективности могут вызывать определенный токсический эффект, являются низкотоксичные нанокремниевые материалы, обладающие выраженными противовирусными свойствами. Среди них фуллерены, углеродные нанотрубки, материалы на основе графена. Создана многоразовую маску из микропористой графеновой пены, обладающей электропроводностью, которая позволяет захватывать и уничтожать микроорганизмы.

### **1.2.3. ПОЛУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОД НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Татаринцева Е.А., Ольшанская Л.Н. // Промышленные процессы и технологии. – 2021. – Т.1, №1. – С.6-16

Предложены технологии получения эффективных нефтесорбентов на основе отходов химической промышленности. Показана возможность использования отходов полиэтилентерефталата (ПЭТФ) в качестве связующего при получении нефтесорбентов со специфическими свойствами (гидрофобность, олеофильность, магнитные свойства), используя в качестве наполнителей терморасширенный и окисленный графит (ТРГ и ОГ) и ферритизированный железосодержащий гальваношлам (ФГШ). Наличие ионов железа в гальваношламе позволяет получить магнетит и ферриты при ферритизации, что обуславливает появление магнитных свойств у ФГШ. Установленная с помощью вибрационного магнитометра индукция насыщения составила  $\sim 0,02$  Тл. Ферритизацию гальваношлама проводили при  $\approx 1000$  °С и  $\tau = 1,5$  ч с предварительной механической активацией. Исследованы физико-механические, химические и сорбционные свойства полученных нефтесорбентов (насыпная плотность, истираемость, измельчаемость, гранулометрический состав, нефтеемкость, влагоемкость, смачиваемость, плавучесть, удельная поверхность, химический состав, адсорбционная емкости материалов в статических и динамических условиях).

### **1.2.4. КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО В ПРИСУТСТВИИ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И ОЦЕНКА СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ**

Зубова Н.Г., Плакунова Е.В., Герасимова В.М. // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т.25, №7. – С.88-94

Проведена оценка кинетических данных процесса отверждения эпоксидного связующего ЭД-20 в присутствии полиакрилонитрильного технического жгутика, окисленного полиакрилонитрильного жгутика, гидратцеллюлозной технической и базальтовой нитей. Показано влияние различной природы волокнистых наполнителей на изменение времени

гелеобразования и времени отверждения реактопластичной матрицы. В частности, при введении в эпоксидное связующее полиакрилонитрильного технического жгутика (волоконистого материала на основе органического карбоцепного полимера) или базальтовой нити (волоконистого материала неорганической природы) происходит увеличение времени отверждения матрицы, а при введении окисленного полиакрилонитрильного жгутика или гидратцеллюлозной технической нити (волоконистых материалов на основе органических гетероцепных полимеров), напротив - снижение продолжительности отверждения эпоксикомпозита по сравнению с ненаполненной эпоксидной матрицей. Различный характер изменения энергии активации процесса отверждения эпоксидного связующего придадут гидратцеллюлозная техническая и базальтовая нити.

### **1.3. КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. БАЗАЛЬТ**

#### **1.3.1. АРМИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ ВОЛОКОН. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Степанова В. Ф., Краюшкина Е.В., Химерик Т.Ю. // Композитный мир. – 2022. - №3 (100). – С.50-61

Базальтовые непрерывные волокна (БНВ) производят из расплавов магматических пород, Поэтому БНВ обладают прочностными характеристиками в сочетании с высокой химической стойкостью и долговечностью эксплуатации в природной и агрессивных средах. На основе БНВ производят и применяют армирующие материалы для строительной отрасли и дорожного строительства: рубленые волокна, анкерэлементы, дорожные геотекстильные сетки, арматуру, арматурные сетки, бандажные ленты, плоскую арматуру. Базальтовые геотекстильные и армирующие материалы предназначены для широкого применения в автомобильном, железнодорожном и гидротехническом строительстве, при рекультивации и эрозионной защите земель, при выполнении противооползневых и других работ. Через уложенную и закрепленную на поверхности земли сетку БНВ прорастают трава, кустарники и деревья. Такой метод укрепления наиболее эффективный и отвечает требованиям экологии.

#### **1.3.2. СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК УСИЛЕНИЯ ВНЕШНИМ АРМИРОВАНИЕМ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Георгиев С.В., Меретуков З.А., Соловьёва А.И. // Инженерный вестник Дона. – 2021. - №10 (82). – С.215-225

Использование композитных материалов для усиления железобетонных конструкций пользуются большой популярностью за рубежом, а в последние годы постепенно завоевывают российский рынок строительных материалов. Недостаточно полный объем научно-исследовательской деятельности не позволяет в полной мере использовать композитные материалы в области усиления железобетонных конструкций. К тому же, отсутствует единый сортамент, в котором композитные материалы разных производителей обладают одинаковыми свойствами. Композитное усиление с использованием углеродных холстов является эффективным для железобетонных изгибаемых, сжатых и каменных конструкций. В данной работе приведено сравнение материалов и методик технологии выполнения работ по усилению 2-х разных фирм. Также в работе приведены все положительные и отрицательные свойства технологий выполнения работ, произведен анализ относительно перспектив использования материалов усиления.

### 1.3.3. УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО - КАК ХОРОШИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

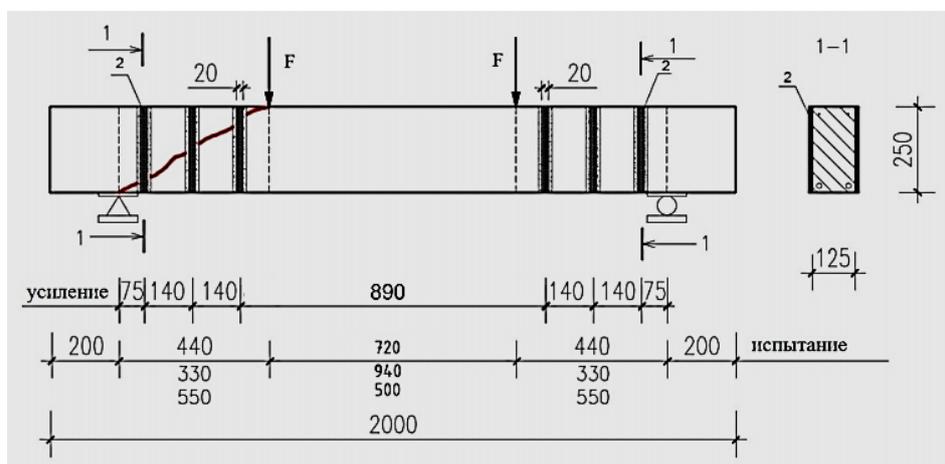
Соловьёва А.И., Георгиев С.В., Меретуков З.А. // Инженерный вестник Дона. – 2021. - №10 (82). – С.281-290

Работа посвящена обзору исследования композитного материала на основе углепластика в области усиления железобетонных конструкций. Рассмотрены основные работы по изучению эффективности углепластика при усилении изгибаемых элементов по нормальному и наклонному сечениям и сжатых гибких элементов. Установлены основные достижения и выводы, а также рассмотрены недостатки расчетных методик и технологии усиления. Цель данной работы рассмотреть уже изученные области и определить перспективные темы для дальнейшего изучения композитного материала.

### 1.3.4. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ БАЛОК, УСИЛЕННЫХ ДВУХСТОРОННИМИ КОМПОЗИТНЫМИ ХОМУТАМИ

Польской П.П., Блягоз А.М., Умаров Р.Г. // Инженерный вестник Дона. – 2021. - №10 (82). – С.346-355

Представлены результаты исследования прочности наклонных сечений железобетонных балок, усиленных двухсторонними хомутами из углеткани. Дана оценка эффективности композитного усиления при изменении величины пролета среза, который был равен  $1,5h_0$ ;  $2h_0$  и  $2,5 h_0$ . Одновременно анализировалась степень влияния начальных наклонных трещин на несущую способность наклонного сечения. Рис. *Схема расположения хомутов*



### 1.3.5. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, ОБЖАТОГО КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ, РАСПОЛОЖЕННЫМИ В ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Георгиев С.В., Меретуков З.А., Соловьёва А.И. // Инженерный вестник Дона. – 2021. - №10 (82). – С.240-250

В последние десятилетия композитные материалы широко используются в области усиления и изготовления железобетонных конструкций. Однако, объем экспериментальных и научно-исследовательских работ в России не достаточно большой, для того, чтобы можно было определить все возможности и реальную эффективность композитных материалов в данной

области. В данной работе приведены предложения по совершенствованию методики расчета прочности железобетонных гибких внецентренно сжатых стоек, усиленных композитными материалами в поперечном направлении. Разработанные предложения базируются на результатах экспериментальных исследований. Предложения разработаны в области определения добавочной прочности бетона на сжатие от действия композитных материалов, расположенных в поперечном направлении. В работе расписаны недостатки нормативной методики расчета и разработан коэффициент, корректирующий в формулу определения сопротивления усиленного композитными материалами бетона  $R_{b3}$ .

### 1.3.6. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В УСИЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ: ВИДЫ, СВОЙСТВА, МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА

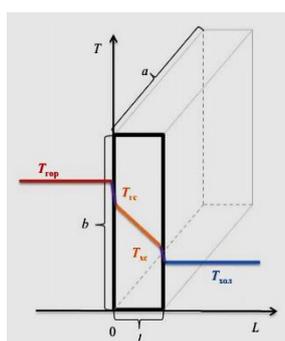
Римшин В.И., Пакулина Ю.А. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2022. - №4. – С.47-57

Статья посвящена актуальной проблеме современного строительства - проблеме усиления железобетонных конструкций. Цель исследования: изучение, анализ, обобщение и систематизация разрозненной научной информации по вопросу усиления железобетонных конструкций композиционными материалами. Материалы и методы: в статье анализируются характеристики различных композитов, используемых в усилении несущих железобетонных конструкций. В процессе работы были применены такие методы исследования как анализ, классификация и сравнение. Научная новизна исследования заключается в поиске, обобщении и систематизации разрозненной информации по тематике работы. Вывод: метод усиления железобетонных конструкций материалами на основе углекомполитов - наиболее эффективный способ восстановления несущей способности элементов здания.

### 1.3.7. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО ФРОНТА ЧЕРЕЗ ОБРАЗЕЦ МНОГОСЛОЙНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

Бутаков В.В., Луговой А.А., Варрик Н.М. //Труды ВИАМ. – 2022. - №10 (116). – С.128-139

Актуальной задачей для разработчиков теплозащитных материалов является создание методов всесторонней оценки комплекса ключевых свойств, надежно обеспечивающих их работу в условиях эксплуатации. Цель данного исследования - оценка свойств слоистого теплозащитного материала, достаточных для моделирования распространения теплового фронта через образец в условиях нестационарного теплового потока. Проведена работа по оценке теплофизических свойств материала, достаточных для построения модели распространения теплового фронта через образец при одностороннем нагреве. В качестве примера теплозащитных систем можно привести высокопористые материалы на основе аморфных наночастиц диоксида кремния и композиционные материалы с использованием



полых микросфер. Еще одним видом эффективной теплозащиты является гибкий теплоизоляционный волокнистый материал на основе минеральных волокон и волокон растительного происхождения. Часто теплоизоляционные материалы содержат несколько видов волокон (например, слои базальтовых, кремнеземных и арамидных волокон), термостойкие связующие и облицовочную стеклоткань. Рис. *Представление о распределении температуры по толщине плоской стенки образца при одностороннем нагреве ( $T_{гор}$  и  $T_{хол}$  – температура среды соответственно на горячей и холодной лицевой стороне образца)*

## **2. АТОМНАЯ И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

### **2.1. ГИБКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОГЛОТИТЕЛИ РАДИОВОЛН**

Позднякова С.А., Матвеевцев А.В., Булгакова В.Г. // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2021. – Т.64, №2. – С.132-137

Рассмотрен способ получения трёхслойного композиционного широкодиапазонного поглотителя радиоволн с электропроводящим слоем из углеродсодержащей ткани, расположенным между диэлектрическими слоями. Изложены теоретические принципы создания поглотителей, содержащих электропроводящий слой. Представлены результаты исследований радиопоглощающих свойств образца поглотителя в зависимости от электродинамических параметров его слоёв.

### **2.2. ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С АНИЗОТРОПНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АНТЕНН ДИАПАЗОНА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ**

Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Беляев Г.Р. // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2021. – Т.64, №12. – С.983-993

Разработаны и апробированы технические решения по созданию антенных устройств в различных интервалах диапазона сверхвысоких частот из углекомпозиционных материалов. Проведено компьютерное моделирование и экспериментальное исследование основных электромагнитных характеристик антенн указанного диапазона. Исследовано влияние анизотропии проводимости материала на характеристики рупорных антенн. Показана целесообразность использования материалов с анизотропной проводимостью для создания антенных устройств с заданными радиочастотными характеристиками.

### **2.3. АВТОЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СТАБИЛЬНОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ КАТОДОВ НА ОСНОВЕ НАНОВОЛОКОН**

Таикин А.Ю., Савичев И.А., Киреев В.Б. // Наукосфера. – 2022. - №4-1. – С.13-22

В данной работе проводилось экспериментальное изучение автоэмиссионных характеристик и связи режимов генерации тока эмиссии и стабильности работы углеродных катодов на основе нановолокон: полиакрилонитрильных волокон (ПАН-волокон) и волокон из углеродных нанотрубок (УНТ-нити) с целью оценки перспектив использования указанных материалов для разработки катодомодуляторных узлов для автоэмиссионных катодолюминесцентных ламп (АЭКЛЛ). Изменение структуры углеродных материалов до и после эмиссионных экспериментов контролировалось с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ). Продемонстрировано, что при генерации автоэмиссионного тока структура обоих материалов для катодов может меняться, о чём свидетельствует изменение эмиссионного тока во времени и внешний вид катодов до и после проведения экспериментов.



Показано, что для катода на основе УНТ нити при выборе определённых ускоряющих напряжений возможно не только сохранение и стабилизация, но даже улучшение его эмиссионных характеристик. Рис. *Свечение люминофора в системе с катодом из УНТ-нити (слева) и ПАН-волокон (справа).*

## **2.4. АТОМНЫЕ БАТАРЕИ КОНДЕНСАТОРНОГО ТИПА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ЖИДКИМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ**

Рисованый В.Д., Костылев А.И., Душин В.Н. // Атомная энергия. – 2022. – Т.132, №3. – С.175-178

В статье представлены результаты разработки атомных батарей конденсаторного типа с жидким электролитом. В атомных батареях нового типа в качестве одного из электродов используется высокопористая углеродная матрица, содержащая радиоактивный изотоп  $^{90}\text{Sr}$ . В качестве электролита применяются ионные жидкости, носителями зарядов в которых являются свободные ионы, образующиеся при диссоциации ионных пар ионной жидкости за счет кинетической энергии  $P$ -частиц  $^{90}\text{Sr}$ . Заряды разделяются двойным электрическим слоем на границе электрода и жидкого электролита подобно работе суперконденсаторов.

## **2.5. СПЛАВ 42ХНМ И КАРБИД КРЕМНИЯ КАК МАТЕРИАЛ ОБОЛОЧЕК ТВЭЛОВ, УСТОЙЧИВЫХ К АВАРИЯМ**

Карпюк Л.А., Новиков В.В., Кулаков Г.В. // Атомная энергия. – 2021. – Т.130, №4. – С.211-215

Представлены результаты разработки альтернативных материалов для оболочки твэлов топлива, устойчивого к аварии. Рассмотрены хромоникелевый сплав 42ХНМ и многослойный композитный материал  $\text{SiC/SiC}$ . Показаны преимущества по коррозионной стойкости альтернативных материалов перед традиционными циркониевыми сплавами. Приведены результаты отработки метода сварки труб из сплава 42ХНМ и герметизации оболочек твэлов из композитных материалов. Для оценки возможности использования рассматриваемых материалов в качестве оболочек твэлов требуется проведение комплекса дореакторных и реакторных исследований.

## **2.6. ПОЛЕВЫЕ ЭМИТТЕРЫ ЭЛЕКТРОНОВ С УГЛЕРОДНЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Бернацкий Д.П., Павлов В.Г. // Журнал технической физики. – 2022. – Т.92, №8. – С.1243-1247

Изучены свойства полевых электронных эмиттеров, на поверхности которых находятся углеродные образования и щелочные, и щелочноземельные металлы. Углерод, наносимый разложением молекул бензола, формирует графеновую пленку на плоских гранях эмиттера или графитовые наросты. После адсорбции щелочных и щелочноземельных металлов на углеродное покрытие происходит аномально большое усиление эмиссии с плоских граней и локализация эмиссии на покрытых графеном гранях. Показана стабильность эмиссионных характеристик и устойчивость полученных эмиттеров к адсорбции молекул остаточных газов и ионной бомбардировке.

## **3. НАНОМАТЕРИАЛЫ, ФУЛЛЕРЕНЫ, ГРАФЕН**

### **3.1. АВТОЭМИССИОННЫЕ НАНОЭМИТТЕРЫ НА БАЗЕ Т-КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ОДНОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И КОВАЛЕНТНО СВЯЗАННЫХ С НИМИ ГРАФЕНОВЫХ ЗИГЗАГ-НАНОЛЕНТ**

Глухова О.Е., Слепченков М.М. // Радиотехника и электроника. – 2022. – Т.67, №10. – С.1015-1022

С помощью квантово-механических подходов исследованы электронные и электрофизические свойства Т-контактных соединений на основе тонких хиральных одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) и графеновой зигзаг-наноленты с позиции их применения в качестве автоэмиссионных наноэмиттеров лезвийного типа с атомарной толщиной эмитирующего лезвия. Установлен факт резкого уменьшения контактного электрического сопротивления на 87% для исследуемого трехполюсника (Т-контакта) со стороны двух контактов, в качестве которых выступают полубесконечные ОУНТ. Сопротивление графеновой зигзаг-наноленты, подключаемой перпендикулярно контактам из ОУНТ в составе трехполюсника, сравнимо с сопротивлением самой наноленты и составляет  $\sim 3.3$  кОм. Показано, что ковалентные связи графеновых лент с нанотрубками определяют большую прочность на разрыв в сильных электрических полях, что обеспечивает целостность атомной структуры даже в электрических полях напряженностью  $\sim 1.5 \times 10^8$  В/нм. Выявлено, что механическая сила электрического поля, составляющая 23...36 нН, вызывает периодические деформации атомного каркаса с частотой  $\sim 1.25$  ТГц.

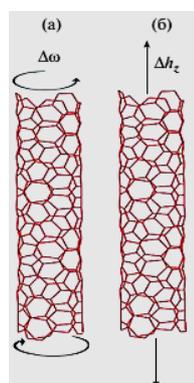
### 3.2. МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОРБЦИИ U(VI)

Бахия Т., Кузенкова А.С., Романчук А.Ю. // X Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2022». – 2022. – С.346

С использованием персульфата аммония для окисления поверхности природного угля был получен уникальный материал - 3D-оксид графена - сорбционная ёмкость которого схожа с образцом оксида графена с увеличенным количеством карбоксильных групп. Было показано, что среди различных функциональных групп на поверхности образцов карбоксильные группы являются наиболее эффективными для связывания U(VI), в связи с этим оксид графена, в котором было увеличено количество данных групп, продемонстрировал значительный рост сорбции (более чем в 15 раз в сравнении с оксидом графена без дополнительной обработки).

### 3.3. ВЛИЯНИЕ РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ НА ЗОННУЮ СТРУКТУРУ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПО ДАННЫМ МЕТОДА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВОЛН

Дьячков Е.П., Дьячков П.Н. // Журнал неорганической химии. – 2021. – Т.66, №11. – С.1568-1576



Методом линеаризованных присоединенных цилиндрических волн рассчитано влияние одноосной деформации на зонную структуру четырех хиральных ((8,7), (9,6), (10,5), (12,1)) и четырех нехиральных ((7,7), (13,0), (12,0), (13,0)) нанотрубок диаметром  $\sim 10$  Å с разной геометрией. Результаты сопоставлены с влиянием скручивания нанотрубок на электронные свойства этих соединений. Установлено, что возмущения зонной структуры под действием этих двух типов механических деформаций могут резко различаться. В трубке (7,7) типа “кресло” и трубке (8,7), которую иногда называют трубкой “почти кресло” из-за близости индексов  $n_1 = 8$  и  $n_2 = 7$ , зонная структура резко меняется при скручивании трубки, но почти не возмущается одноосным растяжением и сжатием. Напротив, в полупроводниковых нанотрубках (13,0), (11,0) типа “зигзаг” и (12,1) “почти зигзаг” влияние скручивания трубок очень слабое, а растяжение сопровождается сильными изменениями дисперсионных кривых в области уровня Ферми вплоть до изменения чередования граничных зон. Рис. *Скручивание (а) и растяжение (б) нанотрубки.*

### 3.4. ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНИСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ГРАФЕНОВЫХ ТОЧЕК

Меньшова Е.П., Селиверстова Е.В., Ибраев Н.Х. // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т.130, №5. – С.740-744

Изучены структурные и оптические свойства наноточек на основе оксида графена (**GO**), полученных при абляции лазерным излучением с различной длиной волны. Показано, что после лазерной абляции средний латеральный размер листов **GO** уменьшается с  $820 \pm 120$  nm до  $204 \pm 40$  nm и  $105 \pm 23$  nm для образцов, приготовленных при  $\lambda_{gen}=355$  и 532 nm соответственно. При этом наблюдается изменение интенсивностей **2D**- и **G**-полос, что указывает на уменьшение числа слоев в листах **GO**. Оптическая плотность дисперсий **GO** и интенсивность их флуоресценции зависят от условий аблирования. После аблирования оптическая плотность **GO** увеличилась на ~13% для образцов, полученных при  $\lambda_{gen}=355$  nm и на 20% для  $\lambda_{gen}=532$  nm. Интенсивность флуоресценции **GO**, аблированного при  $\lambda_{gen}=532$  nm, выросла на 57% относительно значения, зарегистрированного для **GO** до абляции. Для 355 nm интенсивность флуоресценции изменилась на 7%.

### 3.5. ПЕРКОЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОМОДУЛЬНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИМЕР/УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

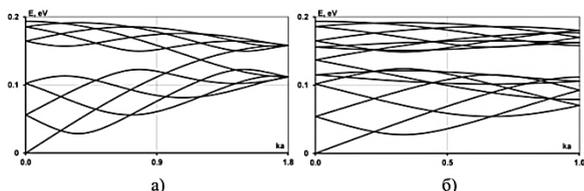
Козлов Г.В., Долбин И.В. // Физика и химия обработки материалов. – 2022. - №3. – С.36-42

Исследованы общие теоретические критерии получения высококомодульных наноконпозитов полимер/углеродные нанотрубки и полимер/графен в рамках перколяционных моделей усиления полимерных наноконпозитов. Получены функциональные взаимосвязи между такими характеристиками как уровень межфазной адгезии, относительное содержание межфазных областей, степень агрегации нанонаполнителя и др. Определены условия, необходимые для получения высококомодульных полимерных наноконпозитов: 1) реализация отрицательных значений перколяционного индекса; 2) использование объемного содержания нанонаполнителя выше его порога перколяции; 3) достижение эффекта наноадгезии. Математически первое условие реализуется в том случае, если степень агрегации меньше объемного содержания нанонаполнителя. В случае выполнения указанных условий перколяционная модель предсказывает возможность получения полимерных наноконпозитов рассматриваемых классов, которые имеют механические характеристики, сопоставимые по своей величине с аналогичными параметрами для стали, но существенно меньше по весу.

### 3.6. ФОНОННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОПЛЕНОК

Иванченко Г.С., Тен А.В., Кузьмин Н.М. // Инженерный вестник Дона. – 2021. - №10 (82). – С.69-76

В данной работе проводится расчет фононного спектра нанолент графана в рамках формализма Гамильтона. Анализ полученных фононных спектров показывает, что для любого типа и ширины нанолент графана присутствует щель между акустическими и оптическими колебательными модами в отличие от графена, что может служить индикатором для идентификации данной структуры. Также для исследуемого материала были рассчитаны величины скорости звука и температуры Дебая. Рис. – **Фононный спектр ленты графана: а) «zig-zag» типа; б) «armchair» типа**



### **3.7. РАЗРАБОТКА МНОГОЭМИТТЕРНОГО КАТОДНО-МОДУЛЯТОРНОГО УЗЛА ИЗ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Шапошников С.С.//Тенденции развития науки и образования. – 2022. - №88-3. – С.155-157

Рассмотрены разработка и исследование автоэмиссионных свойств катодов на основе углеродных материалов с большим количеством эмиссионных центров. Сегодня остается актуальным поиск оптимальных материалов для многоэмиттерных катодов. Но некоторые материалы уже показали свою эффективность и пригодность для использования в режиме автоэмиссии. В частности, это некоторые углеродные материалы. Такими материалами являются углеродные наноматериалы - нанотрубки (волокно из УНТ). Высокие эмиссионные характеристики, которые можно получить у углеродных нанотрубок, объясняются формой, то есть высоким отношением длины трубки к ее диаметру.

### **3.8. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ БОРА НА СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАРБОКСИЛЬНОЙ ГРУППОЙ**

Запороцкова И.В., Борознина Н.П., Борознин С.В. // Материаловедение. – 2022. - №7. – С.15-22

В статье проведено сравнительное исследование сорбционных и сенсорных характеристик углеродных и бороуглеродных нанотрубок с различным процентным содержанием атомов бора в структуре поверхности.

## **4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. СЫРЬЕ**

### **4.1. ВЛИЯНИЕ $SiC$ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ**

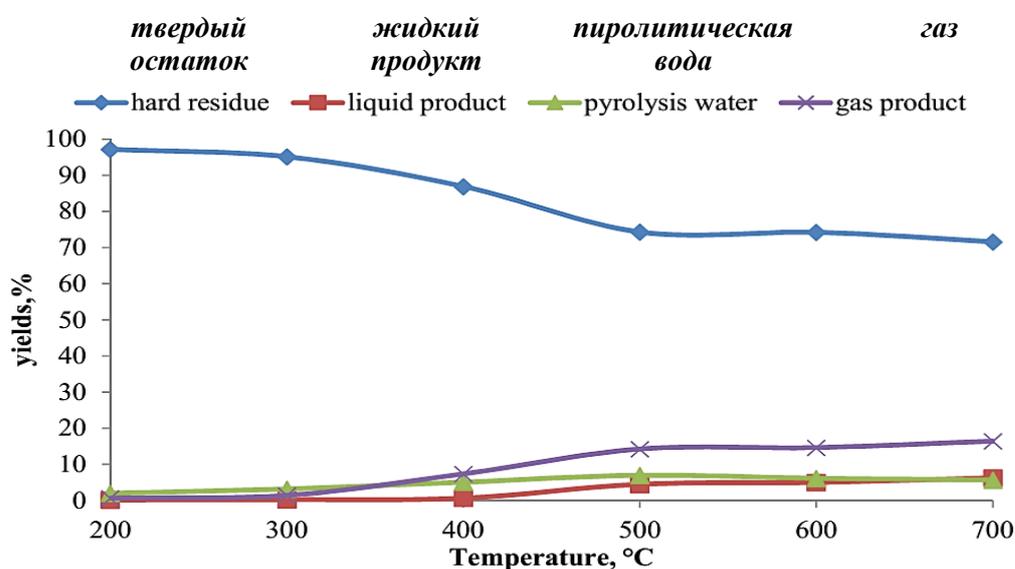
Кумар Шарма Сачин, Кумар Саксена Кулдип // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. - №6 (804). – С.24-28

Исследовано влияние армирования карбидом кремния  $SiC$  в количестве 6, 12 и 18 % (масс.) на микроструктуру и механические свойства металломатричных композитов на основе алюминия, изготовленных методом литья с перемешиванием. Определены характеристики прочности и пластичности композитов при статических испытаниях на растяжение при комнатной температуре и ударная вязкость по Изоду. Проведен микроструктурный анализ с помощью сканирующего электронного микроскопа. Измерена твердость композитов на твердомере Роквелла. Установлено однородное распределение упрочняющих частиц в матрице и хорошая межповерхностная связь между алюминием и карбидом кремния. Показано, что армирование частицами  $SiC$  повышает прочность на растяжение и твердость композитов на основе алюминия, но снижает ударную вязкость и относительное удлинение.

## 4.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МОГОИН-ГОЛ В МОНГОЛИИ

Батхишиг Д., Шагжав Э., Батбилег С. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнологии. – 2022. – Т.12, №3 (42). – С. 462-470

Основной целью настоящего исследования является изучение термической стабильности и механизма термического разложения угля Могоин-гол, возможности ожижения пиролизом и термолизом, а также возможности обогащения тяжелыми жидкостями для снижения минеральности угля и улучшения его свойств. С этой целью могоин-гольский уголь охарактеризован при помощи экспрессивного, предельного анализа и термогравиметрии, исследовано его термическое разложение (термолиз и пиролиз). Термогравиметрический анализ проводили на японском приборе HITACHI TG/DTA7300, изучение пиролиза осуществляли при различных температурах нагрева (200-700°C) с постоянной скоростью нагрева 20°C/мин в течение 80 мин. На основании результатов экспресс- и элементного анализа установлено, что могоин-гольский уголь относится к высокосортным коксующимся углям. Пиролиз могоин-гольского угля изучался в печи СНОЛ при различных температурах нагрева и получен из продуктов пиролиза, таких как твердый остаток, гудрон, пиролитическая вода и газ. При пиролизе выход пиролизной смолы (6.28%) был самым высоким при температуре 700°C. Опыт термического разложения (термолиз) проводили в автоклаве закрытого типа при температуре 350-450°C с использованием растворителя-донора водорода (тетралина) при различном массовом соотношении угля и растворителя (1:1,75; 1:1,5). В эксперименте по термолизу выход жидкого продукта максимален при соотношении уголь-растворитель 1:1,5 при температуре 450°C. Рис. *Результаты пиролиза угля*



## 4.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ МДО-ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ СМАЗКИ БАЗОВЫМИ МАСЛАМИ

Малышев В.Н., Почес Н.С. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т.18, №5. – С.232-236

Рассматриваются вопросы износостойкости покрытий, сформированных методом микродугового оксидирования (МДО-покрытий) на алюминиевых сплавах. Для формирования покрытий использовали сплавы алюминия Д16 и В95 и слабощелочной электролит в качестве базового, который модифицировали путем введения таких компонентов, как алюминат натрия,

суспензия фторопласта и ее сочетание с углеродными наночастицами. Испытания на трение и изнашивание пары трения "МДО-покрытие - сталь ШХ15" по схеме трения "кольцо-кольцо" в базовых смазочных материалах показали улучшение триботехнических характеристик МДО-покрытий, сформированных в модифицированном электролите с добавлением суспензии фторопласта.

#### **4.4. ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ ТЯЖЕЛОЙ СМОЛЫ ПИРОЛИЗАНА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕКОВ. СООБЩЕНИЕ 1. ВЫХОД ПЕКОВ, ТЕМПЕРАТУРА РАЗМЯГЧЕНИЯ, КОКСУЕМОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ АСФАЛЬТЕНОВ**

Мухамедзянова А.А., Бейлина Н.Ю., Ихсанов И.А. // Кокс и химия. – 2022. - №6. – С.14-19

Рассмотрено влияние способа подготовки и условий термообработки тяжелой смолы пиролиза на выход, температуру размягчения, коксуемость и плотность нефтяных пеков. Показано, что изменяя технологический режим переработки, можно регулировать физико-химические свойства пеков и получать пеки заданного качества. Установлена линейная зависимость коксуемости нефтяных пеков от температуры размягчения.

#### **4.5. ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЛИСТЬЕВ КАМЫША ДЛЯ КАТАЛИЗА И СОРБЦИИ**

Ластовина Т.А., Будник А.П. // Естественные и технические науки. – 2022. - №1 (165). – С.27-30

В работе представлена методика получения пористого углеродного материала, допированного атомами железа путем пиролиза биомассы из молотых листьев дикорастущего камыша. Представлены результаты характеристики структуры и морфологии продукта методами рентгенофазового анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния света, электронной микроскопии поверхности, термогравиметрического анализа. Также была исследована его электрохимическая активность в реакции восстановления кислорода. Полученные материалы могут быть использованы в качестве катодного катализатора в низкотемпературных топливных элементах или же в качестве адсорбента.

### **5. ПОЛИМЕРЫ. АЛМАЗЫ. ДРУГИЕ ВИДЫ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

#### **5.1. СИНТЕЗ НАНОПОРИСТОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ**

Меметова А.Е., Зеленин А.Д., Меметов Н.Р. // Материаловедение. – 2022. - №7. – С.43-47

В работе смесь фурфурола, гидрохинона и уротропина была использована в качестве нового исходного реагента для синтеза нанопористого углеродного материала с использованием активации КОН. Оптимальные условия синтеза, температура и время активации оказались равными 1 ч и 750°C соответственно. Данные условия позволяют получать микропористый углеродный материал с объемом пор 1,2 см<sup>3</sup>/г и площадью поверхности по BET ~ 3000 м<sup>2</sup>/г.

## 5.2. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНКИ ЛИНЕЙНО-ЦЕПОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДА, НАНЕСЕННОГО НА СТАЛЬНОЙ ОБРАЗЕЦ

Акашев Л.А., Махнев А.А., Кочаков В.Д. // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т.130, №5. – С.787-791

Эллипсометрическим методом Битти получены оптические постоянные пленки линейно-цепочечного углерода (ЛЦУ) в спектральном диапазоне от 248 до 1100 nm (1.13-5.0 eV с шагом 0.1 eV) и определена ее толщина. Пленка ЛЦУ была нанесена на предварительно зеркально полированную поверхность массивного стального образца с использованием технологии импульсной углеродной плазмы с ионным стимулированием. Установлено, что в измеряемом диапазоне спектра показатель преломления пленки изменяется в пределах от 2.35 до 2.73, а величина  $k$  изменяется от значения, близкого к нулю, до величины 1.02. Эффективная толщина пленки определена равной  $d = 92 \pm 2$  Angstrom. По типу проводимости ЛЦУ-пленка - диэлектрик ( $E_g = 4.1$  eV). Предложен упрощенный метод определения ширины запрещенной зоны наноразмерных полупроводниковых и диэлектрических пленок.

## 5.3. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЛЛОТРОПНОЙ ФОРМЫ УГЛЕРОДА НА СИНТЕЗ ФАЗЫ КАРБИДА ТИТАНА В РАСПЛАВЕ АЛЮМИНИЯ

Рыбаков А.Д., Луц А.Р., Закамов Д.В. // Инженерная физика. – 2021. - №9. – С.34-43

В работе приводятся результаты исследования параметров синтеза карбида титана по реакции  $Ti+C=TiC$  в расплаве алюминия с применением традиционных и недавно открытых наноструктурных аллотропных модификаций углерода (графит, карбин, алмаз, технический углерод, фуллерен  $C_{60}$ , фуллерен  $C_{70}$ , многослойные углеродные нанотрубки) и добавлении соли  $Na_2TiF_6$ . Расчеты проводились с применением комплекса программ «Thermo», основанного на методе минимизации термодинамического потенциала. Изучено изменение адиабатических температур, возможность синтеза целевой фазы  $TiC$ , вероятность образования побочных керамических, интерметаллидных фаз и газообразных рафинирующих продуктов. На основе полученных данных выведены рекомендации по использованию углеродных форм в качестве исходных компонентов для синтеза  $TiC$  в режиме горения (самораспространяющегося высокотемпературного синтеза) с целью получения композиционного материала алюминий/карбид титана.

## 5.4. ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ТУГОПЛАВКИЕ КОМПОНЕТЫ. АЛМАЗ-КАРБИДНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ МЕДИ

Измайлов В.В., Новоселова М.В. // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2021. - №3 (11). – С.12-19

Содержит результаты исследования основных электроконтактных характеристик композиционных порошковых материалов на медной основе с добавками карбидов хрома и вольфрама. Удельное электросопротивление, твердость и электроэрозионный износ исследованных образцов представлены в абсолютных величинах и в сравнении с аналогичными характеристиками эталонного материала - электротехнической меди, в зависимости от состава композита, режимов его изготовления и полярности образца (образца-анода и образца-катода).

### **5.5. РАЗРАБОТКА ЭПОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Павлычева Е.А. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. - №6. – С.77-80

Данная работа содержит результаты экспериментов по разработке состава смеси для получения эпоксидного покрытия теплоизоляционного значения. Для холодного отверждения эпоксидной смолы в состав вводится полиэтиленполиамин, для модификации полимерного связующего использован триглицидилфосфат, а для наполнения полимерного связующего применены полые углеродные микросферы. В работе определены количества триглицидилфосфата и углеродных микросфер для максимального снижения плотности и коэффициента теплопроводности покрытия без негативного влияния на вязкость полимерного состава и другие свойства покрытия. Кроме того, отмечено, что добавка триглицидилфосфата позволяет повысить адгезионную прочность покрытия к теплоизолируемым поверхностям, увеличить пластическую деформацию и коррозионную стойкость покрытия. Проведено сравнение со схожим полимерным составом, в котором наполнение эпоксидного связующего проведено стеклянными микросферами. Выявлено, что разработанный состав позволяет получать покрытия с более низкими показателями плотности и коэффициента теплопроводности.

### **5.6. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕВОЙ СИЛЫ И КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ПРИ СВЕРЛЕНИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Подвинцев А.В. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2022. - №4 (354). – С.194-199

В статье рассмотрен вопрос теоретического определения силовых факторов, а именно осевой силы и крутящего момента, возникающих при сверлении полимерных композиционных материалов (углепластиков). Осевая сила противодействует движению подачи. По ней рассчитывают на прочность детали механизма подачи сверлильного станка. Величина крутящего момента при сверлении имеет также важное значение, так как по этой величине подбирают мощность привода станочного оборудования, рассчитывают прочность режущего инструмента. Величины осевой силы, крутящего момента возможно получить разными подходами, например, в ходе трудоёмкого натурального эксперимента, эмпирически или аналитически. Для определения осевой силы и крутящего момента при сверлении полимерных композиционных материалов предлагается использовать аналитические выражения.

### **5.7. ОПТИМИЗАЦИЯ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО ЭДИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПАРЕТО**

Атясова Е.В., Самойленко В.В., Блазнов А.Н. // Клеи. Герметики. Технологии. – 2022. - №2. – С.28-34

Проведена оптимизация рецептуры связующего ЭДИ с помощью метода Парето по реологическим, прочностным свойствам и теплостойкости связующего. Предложена область составов с содержанием отвердителя Изо-МТГФА от 85 до 90 мас. ч., ускорителя полимеризации УП 606 / 2 от 0,9 до 1,1 мас. ч. В расчете на 100 мас. ч. смолы ЭД-20 для изготовления композитов на основе базальтовых и стеклянных волокон методом мокрой намотки и пултрузии с наилучшим набором указанных свойств.

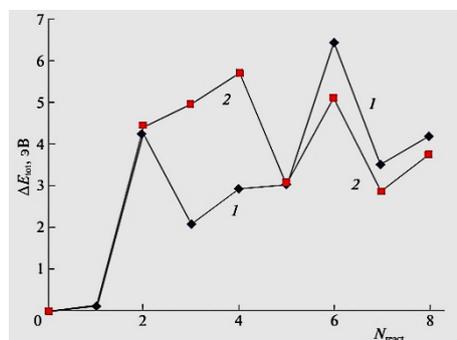
## 5.8. ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ БОР-УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Пилипцов Д.Г. // Трение и износ. – 2022.- Т.43, №3. – С.378-386

Легированные бором углеродные покрытия были получены комбинированным методом, сочетающим их осаждение из потоков импульсной углеродной плазмы и бора, формируемого в результате испарения мишени, импульсным излучением твердотельного  $YAG:Nd^{3+}$  лазера. Установлено изменение твердости и модуля упругости покрытий с различной концентрацией бора. Введение в структуру *a-C* покрытий атомов бора, приводящее к формированию бор-углеродных соединений изменяет не только твердость и модуль упругости, но и кинетику сухого трения и износ контртела. На начальном этапе трения наблюдаются высокие значения коэффициента трения, которые зависят от шероховатости поверхности и от её твердости, а также интенсивности протекания в зоне фрикционного контакта процессов графитизации и трибохимических реакций. Изучены особенности трения и изнашивания контактных сопряжений, содержащих композиционные бор-углеродные покрытия, в различных смазочных средах, проведена оценка влияния концентрации бора на адсорбционные и триботехнические параметры.

## 5.9. КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПРОЦЕССОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЗАРОЖДЕНИЕ КЛАСТЕРОВ АЛМАЗА И ГРАФИТА В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ И В ОТСУТСТВИЕ ПОДЛОЖКИ

Алексеев Н.И., Хадутин В.С., Хмельницкий И.К. // Журнал физической химии. – 2021. – Т.95, №11. – С.1705-1715



Рассмотрены элементарные процессы в ходе эволюции газовой смеси, стандартной для *CVD*-синтеза алмаза, при быстром росте температуры. Проведенный анализ создает основу для решения задачи нуклеации углеродных зародышей, которое показывает: быстрый рост температуры стимулирует преимущественную нуклеацию алмазных (а не графитовых зародышей). На уровне элементарных процессов причина состоит в схожести процессов испарения графитового и алмазного зародышей и заметном отличии процессов окисления, контрастно проявляющемся именно при быстрой динамике условий нуклеации. Проведенное рассмотрение намечает путь синтеза массивных алмазов, не связанный с необходимостью использования высоких давлений, а также с технологией *CVD* в ее традиционной форме.

## 5.10. МОДЕЛЬ И АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ СВОБОДНОГО ПРОСТРАНСТВА В АРМИРУЮЩЕМ МАТЕРИАЛЕ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Трофимов Д.А., Симонов-Емельянов И.Д., Шалгунов С.И. // Конструкции из композиционных материалов. – 2022. - №3 (167). – С.18-24

Предложен новый комплексный подход к построению обобщенной 3D-модели элементарной структурной ячейки армированных полимерных композиционных материалов (АрПКМ), разработке метода определения, описания и распределения свободного пространства в структуре армирующей системы, а также анализу и оценке качества пропитки армирующих

материалов полимерными связующими. Предлагаемый метод базируется на использовании современных методов вычислительной техники, 3D-моделировании и возможностях системы автоматизированного проектирования (CAD) программ. Анализ структуры конструктивных тканей, распределения свободного пространства в объеме, определения размеров эквивалентных диаметров каналов на различном иерархическом уровне по различным направлениям движения фронта полимерного связующего при пропитке впервые позволил на количественном уровне решать задачи по оптимизации технологических параметров по пропитке при получении изделий конструкционного назначения из АрПКМ. Предлагаемая методика описания свободного пространства и его распределения по объему структуры армирующего элемента АрПКМ применима для всех видов армирующих систем, включая ткани различного плетения и структуры, а также многослойные пакеты и т.д.

## **6. ОБЗОР РЫНКОВ И ПРОИЗВОДСТВА**

### **6.1. УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ТЕПЛОАГРУЖЕННЫХ УЗЛАХ ЛАМП БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ И КЛИСТРОНОВ (ОБЗОР)**

Шестеркин В.И., Крачковская Т.М., Шалаев П.Д. // Радиотехника и электроника. – 2022. – Т.67, №10. – С.946-954

Представлены результаты исследований, проведенных в АО «НПП «Алмаз» за последние 10 лет по применению и перспективам использования углеродных материалов в теплонагруженных узлах ламп бегущей волны и клистронов.

### **6.2. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА БНВ, АРМИРУЮЩИХ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Оснос С. П., Федотов А. А. // Композитный мир. – 2022. - №3 (100). – С.18-23 / <https://compositeworld.ru/files/3-100-2022-WEB.pdf>

Производство и применение композитных материалов — это наиболее активно развивающаяся отрасль в мире. За предыдущие 50 лет отмечен ежегодный рост объемов производства композитов. Композитная составляющая в базовых отраслях промышленности: машиностроении, автомобильной промышленности, энергетике и других отраслях неуклонно возрастает. В авиационной промышленности доля композитов достигла 45-50% в конструкции современных самолетов. Композитные материалы на 75–80% состоят из волокон, которые определяют прочностные характеристики композитных материалов и изделий. Для производства композитов применяют стеклянные, углеродные и базальтовые непрерывные волокна (БНВ). Среди непрерывных волокон базальтовые занимают особое место. БНВ - единственные волокна, которые производятся непосредственно из природного сырья. Основные энергозатраты на подготовку базальтового сырья выполнены в природных условиях. Технологии производства БНВ являются энергоэффективными и наименее затратными - природоподобными технологиями.



Кузов электромобиля полностью из базальтокомпозитов. Разработчик — инженерное бюро EDAG Германия.

### **6.3. РОЛЬ АЭС В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ВЫБРОСОВ УГЛЕРОДА**

Адамов Е.О., Толстоухов Д.А., Панов С.А. // Атомная энергия. – 2021. – Т.130, №3. – С. 123-131

В статье рассмотрено развитие ядерной энергетики России в период до 2050 г. в соответствии с рекомендациями различных документов стратегического планирования. Оценены технологические факторы повышения конкурентоспособности АЭС за счет улучшения их технико-экономических показателей. На основе модельных расчетов обоснована возможность и экономическая целесообразность увеличения доли АЭС в производственной структуре электроэнергетики в период до 2050 г. Проведена оценка последствий интенсивного развития АЭС для экономики страны.

### **6.4. ОЦЕНКА КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Галиев Л.С., Полити В.В., Канхва В.С. // отходы и ресурсы. – 2022. – Т.9, №3. – С.17 // <https://resources.today/>

В статье представлены результаты исследования отечественного рынка строительных композиционных материалов. Отмечен рост научно-исследовательских работ и развитие производства композиционных материалов. Авторами выявлено увеличение активности их применения в отдельных видах строительства. Однако так же выявлены и описаны определенности трудности в принятии решений на стадии проектных и конструкторских разработок в силу высокой стоимости композиционных материалов. Поэтому авторами данного исследования сделан акцент на значимых конкурентных преимуществах изучаемых инноваций для строительной отрасли. Также авторами предложен новый принципиальный подход к проведению экономической оценки эффективности применения инновационных строительных материалов на примере композитов. В последнее время увеличивается объем композитов в бетонных строительных конструкциях, применяемых в качестве армирующего материала (армирующий наполнитель — стекловолокно, углеродное волокно, непрерывно базальтовое волокно) в жилищно-гражданском и промышленном строительстве. Образцы многослойных «углерод-углеродных и углерод-полимерных композиционных материалов, полученные низкотемпературным методом, могут рассматриваться в качестве перспективных материалов в качестве новых видов теплозащиты в интервале температур от -60 до +150°C в условиях Арктики, Крайнего Севера и Антарктики. Есть опыт разработки средств защиты полимерных композитов (углепластиков) от прямых ударов молнии, что позволяет обосновано проектировать рациональные варианты молниезащиты.

### **6.5. ЗАМЕНА СТАЛЬНОГО КАНАТА В СТВОЛЕ ВС-10 РУДНИКА "СКАЛИСТЫЙ" НА КАНАТ ИЗ УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА**

Исаков Е.О., Федоров А.А. // Научный вестник Арктики. – 2022. - №13. – С.89-93

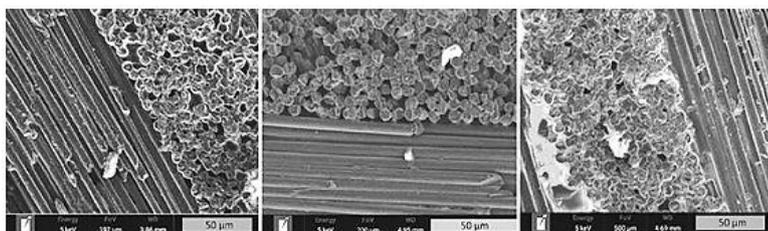
В исследовании раскрывается актуальность замены стальных канатов. Представляются сведения о сравнении разной классификации углеродного волокна (низкомодульные, средней прочности, высокопрочные), физических и финансовых расчетах, которые доказывают их продуктивность. Важнейшей из характеристик углеволокна остается его исключительная тепловая стойкость. Даже если углеволокно прогрето до 1600-2000°, оно не теряет своих физических свойств.

## 7. НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СООБЩЕНИЯ

### 7.1. МИСиС РАЗРАБОТАЛ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ АВИАСТРОЕНИЯ

Композитный мир. – 2022. - №3 (100). – С.40 / <https://compositeworld.ru/files/3-100-2022-WEB.pdf>

Учёные МИСиС создали новый композитный материал на основе суперконструкционных термопластичных полимеров и углеродного волокна, который эффективно сохраняет свои эксплуатационные свойства под воздействием агрессивной среды, такой как авиатопливо, и при этом легко поддается вторичной переработке. Композитные детали и конструкции позволяют снизить конечный вес самолёта, и в итоге уменьшить потребление топлива. Тем самым снижается стоимость эксплуатации воздушного судна и его воздействие на окружающую среду. Однако большинство существующих на сегодняшний день композитов с углеродным волокном создаются на основе эпоксидной смолы и других неплавких, нерастворимых материалов, не подлежащих утилизации. Исследователи НИТУ



«МИСиС» подобрали наилучшие условия получения композитного материала и определили, что оптимальное содержание углеродных волокон для авиакompозитов на основе полиэфирсульфона составляет 60-70 процентов от общей массы конструкции.

### 7.2. КОМПОЗИТНЫЕ ДИРИЖАБЛИ

Влазнева М. // Композитный мир. – 2022. - №3 (100). – С.44-47



Воздушные путешествия на дирижаблях занимают нишу в коммерческой авиации с момента ее появления в XIX веке. Исторически, дирижабли были заняты в грузовых и коммерческих перевозках. В настоящее время сфера применения дирижаблей распространилась на оборонную промышленность, туризм и сферу доставки грузов в рамках городской мобильности. Hybrid Air Vehicles (Великобритания) одна из компаний, которая

занялась этой нишей рынка и разработала свой гибридный летательный аппарат Airlander10. Слои камеры аэростата выполнены из сочетания высокоэффективной мультифиламентной пряжи Vectran, сотканной из жидкокристаллического полимера (ароматического полиэфира), полиэфирной пленки Mylar и поливинилфторидной пленки Tedlar, для прочности, удержания гелия и долговечности. Жесткие конструкции Airlander10, включая компоненты хвостового оперения, выполнены из тканого препрега на основе стекловолокна и отверждены вне автоклава при низких температурах. Модуль полезной нагрузки, каналы задних двигателей и передние пилоны изготовлены из препрега на основе углеродного волокна, отвержденного также вне автоклава.