

Г. М. Данилова-Волковская [G. M. Danilova-Volkovskaya]
 А. А. Бегак [A. A. Begak]

УДК 678.742

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОРПУСОВ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

THE DEVELOPMENT OF THE INNOVATION NANO COMPOSITE MATERIAL FOR UNMANNED AIRCRAFT VEHICLES

Конструкция корпусов беспилотных транспортных средств позволила использовать инновационный-нанокомпозит для повышения прочности конструкции, снижения ее массы и обеспечения радиопрозрачности. Разработан метод создания полимерного нанокомпозита состоящего из реактопластичной матрицы и комплекса наполнителей: природной окиси кремния и многослойных углеродных нанотрубок.

This paper presents the investigations of innovation nanocomposite material to increase structural strength, reduce weight and provide radio transparency in unmanned aircraft vehicles. The method of the of creation of polymer nanocomposite that consists of thermosetting plastics matrix and complex fillers: of natural silica and carbon multi-layer nanotubes was designed.

Ключевые слова: исследования полимерных нанокомпозитов, корпусные конструкции, беспилотные транспортные средства, минеральный наполнитель, углеродные многослойные нанотрубки.

Key words: investigations of polymer nanocomposites, constructions, unmanned aircrafts, mineral stuff, carbon multi-layer nanotubes.

Прошло не так много времени, как материалы, применяемые в наше время, вошли в нашу жизнь. Перед человечеством стоит вопрос применять старые, давно исчерпавшие свой ресурс материалы, или найти способы по замене их на новые, наиболее дешёвые и лёгкие в производстве и использовании.

В настоящее время исследованию полимерных нанокомпозитов всех классов и особенно наполненных углеродныминанотрубками (нановолокнами) уделяется большое внимание, как в России, так и во всем мире. Получено большое число указанных нанокомпозитов с матрицами, представляющими полимеры разных классов. Однако, их теоретическое описание и, следовательно, прогнозирование структуры и свойств нанокомпозитов существенно отстает от практических приложений.

Открытие нанокомпозитных материалов и исследования в этой области свойств и параметров, предполагает интенсивное развитие данного направления. Несмотря на широкое применение современных экспериментальных методик, теоретические методы крайне разноречивы и не дают комплексного понимания соотношений структура – свойства для рассматриваемых наноматериалов.

Примененные при разработке беспилотных транспортных средств математические, архитектурные (компоновочные), дизайнерские подходы и решения к построению изделия, позволяют, с минимальными доработками, использовать модель как платформу, целого ряда аппаратов, а также, в перспективе, служить основой для создания типового решения при создании объединенных гибридных систем.

Результатом анализа облика изделий «Бегалет Изделие 007» и двухместного бегалета-трансформерабезаэродромного базирования «Бегалет«Тритон» рисунки 1 и 2 является принятие решения использования:

- 1) в создании действующего макетного образца колесного шасси;
- 2) инновационного нанокомпозитногопластикового корпуса.



Рис. 1. Конструкция «Бегалет «Изделие 007»



Рис. 2. Конструкция «Бегалет «Тритон»

Полимерными нанокомпозитами принято называть двухфазные системы, состоящие из полимеров, наполненных усиливающим наполнителем с высокой площадью поверхности [1]. Из всей совокупности полимерных материалов нанокомпозиты вызывают наибольший интерес, поскольку теоретические оценки предполагают значительное улучшение механических свойств при очень низких содержаниях нанонаполнителя. Эти ожидания основаны на прогнозах в рамках многочисленных моделей [2], и этот вопрос будет подробно рассмотрен ниже. Из всех классов полимерных нанокомпозитов наибольшее внимание в последнее время привлекают нанокомпозиты полимер/углеродные нанотрубки (рисунок 3), которым в настоящее время посвящено огромное число научных публикаций. Так, при модуле упругости углеродных нанотрубок (УНТ) порядка 1000 ГПа и их длине более 10 мкм простые композитные модели предсказывают увеличение модуля упругости нанокомпозита по сравнению с матричным полимером на порядок при содержании УНТ менее 1 масс. % [3].

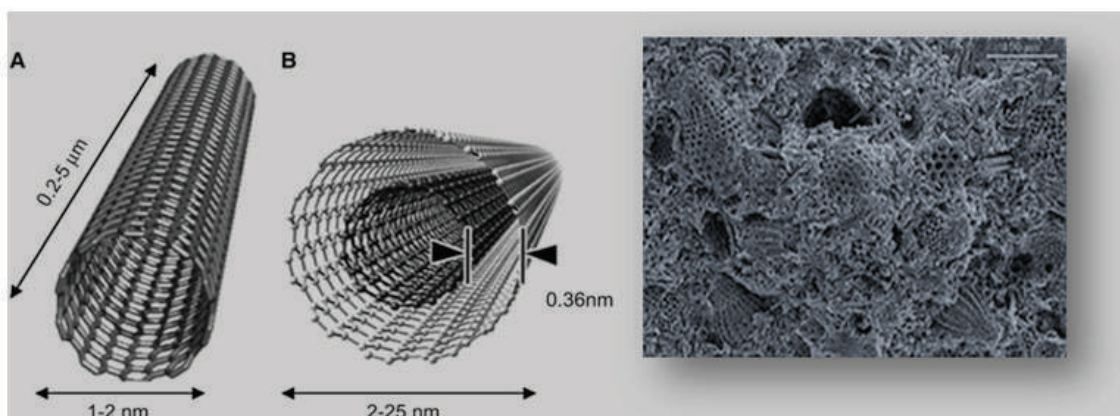


Рис. 3. Многослойные углеродные нанотрубки и минеральная окись кремния природного осадочного происхождения

В реальной практике при формировании рецептуры композиционного полимерного материала часто приходится сталкиваться со случаями, когда нет возможности количественного обоснования тех или иных показателей, и степень проявления того или иного свойства можно оценить только на качественном уровне, например, «высокий уровень», «средний уровень», «низкий уровень». В этих случаях для ранжирования показателей применяется экспертная оценка исходя из попарного сравнения рассматриваемых параметров [4]. Среди косвенных методов определения рангов наибольшее распространение получил метод парных сравнений Саати. Особенность использования этого метода заключается в необходимости нахождения собственного вектора матрицы парных сравнений, которая задается с помощью специально предложенной шкалы. Для решения задачи ранжирования определяющих параметров необходимо разработать метод, позволяющий вычислять степени принадлежности элементов тому или иному нечеткому терму на базе матрицы парных сравнений профессора Саати [5].

Математическое моделирование позволяет провести всестороннее комплексное исследование выбранного схемного решения до создания натурального образца беспилотного транспортного средства, что позволяет сэкономить время и средства, отпущенные на разработку. Задача данного этапа состоит в подтверждении реализуемости заданных свойств корпусных деталей беспилотного транспортного средства созданного из нанокомпозитного материала.

Расхождение теоретических предсказаний и экспериментальных данных по степени усиления полимерных нанокомпозитов обычно приписывается существованию ряда факторов, а именно, низкой дисперсией нанонаполнителя, плохой передачей нагрузки на межфазной границе (по существу, низким уровнем межфазной адгезии), нерегулярным выстраиванием частиц нанонаполнителя, плохой передачей напряжения внутри агрегатов нанонаполнителя, фрактальной природой указанных агрегатов и дефектами, полученными в процессе приготовления нанонаполнителя.

Безусловно, все эти факторы оказывают влияние на степень усиления нанокомпозитов, но принципиальное затруднение заключается не в этом. Как отмечалось выше, теоретические прогнозы степени усиления E_n/E_m (или модуля упругости нанокомпозитов E_n) выполняются в рамках микромеханических моделей, которые в той или иной форме включают модуль упругости нанонаполнителя $E_{нап}$ [3]. Именно, это обстоятельство совместно с очень высокой степенью анизотропии УНТ и дает неоправданно завышенные величины E_n/E_m (или E_n) для нанокомпозитов полимер/УНТ. Однако, в реальных условиях ни тот, ни другой фактор не оказывают существенного влияния на величину E_n .

Очевидно, что для решения этой проблемы необходима разработка количественной модели структуры нанокомпозитов в рамках современных физических концепций и получения на ее основе соотношений структура – свойства. Не менее очевидно, что указанная модель должна учитывать специфические особенности как наночастиц наполнителя вообще, так и нанотрубок (нановолокон) в частности. Поэтому, цель работы заключается в комплексном теоретическом исследовании структуры, свойств и перспектив применения нанокомпозитов полимер/углеродные нанотрубки (нановолокна) с использованием современных экспериментальных методик и физических концепций с учетом специфики этого класса наноматериалов.

Поставленная цель определила необходимость решения следующих задач, основными из которых являются:

- разработка структурной модели агрегации углеродных нанотрубок (нановолокон), учитывающей их высокую степень анизотропии и низкую поперечную жесткость;
- количественное описание межфазной адгезии (наноадгезии) в рассматриваемых нанокомпозитах;
- разработка перколяционной и фрактальной моделей усиления и других механических свойств нанокомпозитов полимер/углеродные нанотрубки (нановолокна);
- теоретическое описание теплофизических свойств исследуемых наноматериалов в рамках современных физических моделей.

Мотодельтапланы и аэрошюты производства ОООНаучно-производственное объединение «Авиационно-космические технологии» имеют дюралюминиевый (или титановый) каркас и дакроновый купол. Уже имеются опытные образцы, в которых металл заменен на композиционные материалы с применением углепластика. Этим достигается не только повышение прочности конструкции, снижение ее массы, но и радиопрозрачность крыла, то есть неуловимость для радиолокационных станций слежения за воздушными целями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилова-Волковская Г. М. Расчет оптимальных технологических режимов экструзии с помощью математической модели процесса и экстраполяция на оборудование высокой производительности // Химическая технология сегодня. 2005. №2.
2. Данилова-Волковская Г. М., Аминев Е. Х. Математические методы прогнозирования физических свойств полимерных композиционных материалов: монография // Научное издание. Ростов-на/Д: РИЦ РГСУ, 2009. 80 с.
3. Данилова-Волковская Г. М., Шимловская В. Ю. Разработка эффективного концентрата наполнителя на основе полиэтилена и ультрадисперсного диоксида кремния для полимерной упаковки строительных материалов // Современная наука и инновации. Ставрополь-Пятигорск. 2015. Вып. 3. стр. 104-108.
4. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. №3. С. 150-154.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 2003. 278 с.

REFERENCES

1. Danilova-Volkovskaya G. M. Raschet optimal'nykh tekhnologicheskikh rezhimov ekstruzii s pomoshch'yu matematicheskoy modeli protsessa i ekstrapol'yatsiya na oborudovanie vysokoy proizvoditel'nosti // Khimicheskaya tekhnologiya segodnya. 2005. №2.
2. Danilova-Volkovskaya G. M., Amineva E. Kh. Matematicheskie metody prognozirovaniya fizicheskikh svoystv polimernykh kompozitsionnykh materialov: monografiya // Nauchnoe izdanie, Rostov-on/D: RITs RGSU, 2009. 80 c.
3. Danilova-Volkovskaya G. M., Shimlovskaya V. Yu. Razrabotka effektivnogo kontsentrata napolnitelya na osnove polietilena i ul'tradispersnogo dioksida kremniya dlya polimernoy upakovki stroitel'nykh materialov // Sovremennaya nauka i innovatsii. Stavropol'-Pyatigorsk. 2015. Vyp. 3. str. 104-108.
4. Rotshteyn A. P., Shtovba S. D. Nechetkiy mnogokriterial'nyy analiz variantov s primeneniem parnykh sravneniy // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. 2001. №3. S. 150-154.
5. Saati T. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy. M.: Radio i svyaz', 2003. 278 s.

ОБ АВТОРАХ

Данилова-Волковская Галина Михайловна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительства Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ); 357500, 40 лет Октября, 56

Danilova-Volkovskaya Galina Mikhaylovna, doctor of Technical Sciences, docent, Professor of Department of Construction of the North Caucasus Federal University (NCFU); 357500, 40 let Octobrya, 56

Бегак Александр Аркадьевич, генеральный директор НПО «АКТ», г. Пятигорск, Российская Федерация

Begak Alexander Arkadyevitch, General Director of Research and Production Association «Aerospace technology» Pyatigorsk, Russian Federation

**РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО НАНОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ КОРПУСОВ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Г. М. Данилова-Волковская, А. А. Бегак

Открытие и исследования нанокompозитных материалов, их свойств и параметров, предполагает интенсивное развитие данного направления. Но, несмотря на широкое применение современных экспериментальных методик в данной области, теоретические методы крайне разноречивы и не дающие комплексного понимания соотношений структура – свойства рассматриваемых наноматериалов. Примененные нанокompозитов при разработке беспилотных транспортных средств на основе математических, архитектурных (компоновочных), дизайнерских подходов решения к построению изделия, позволяют, с минимальными доработками, использовать модель как платформу, целого ряда аппаратов, а также, в перспективе, служить основой для создания типового решения при создании объединенных гибридных систем.

**THE DEVELOPMENT OF INNOVATION NANOCOMPOSITE MATERIAL
FOR HEAVILY LOADED AEROSTRUCTURE PART**

G. M. Danilova-Volkovskaya, A. A. Begak

The discovery and study of nanocomposite materials, their properties and parameters, provides an intensive development of this direction. But despite the widespread use of modern experimental techniques in this field, theoretical methods are extremely contradictory and do not give complex understanding of the relationships structure – properties of the considered nanomaterials. Nanocomposites applied in the development of unmanned vehicles based on mathematical, architectural (layout), design approaches for the solution to build products that allow, with minimal modifications, to use the model as a platform, a number of devices, as well as, potentially, serve as a basis for the creation of standard solutions for the creation of combined hybrid systems.