

**СУХОРУКОВ А. К., ВАРНАШЕВ В. В.**

**РАЗВИТИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН  
НА ОСНОВЕ ТРАНСФЕРА РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В статье обоснована необходимость более широкой интеграции научно-исследовательской деятельности вузов и оказываемых им образовательных услуг, показана особая важность включения в содержание обучения по приоритетным направлениям подготовки достижений в области наноиндустрии. Рассматривается возможность использования в учебном процессе передовых разработок по функционализации углеродных наноматериалов. Выявляется влияние педагогических инноваций, связанных с научными разработками в нанотехнологиях, на результаты обучения.

**Ключевые слова:** творческие компетенции, профессиональная подготовка, научно-исследовательская деятельность, нанотехнологии, углеродные наноструктурированные материалы.

**SUKHORUKOV A. K., VARNASHEV V. V.**

**CONTENT DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL DISCIPLINES  
BASED ON TRANSFER OF NANOTECHNOLOGY RESEARCH RESULTS**

**Abstract.** This article proves the need for broader integration of university research activities and teaching. The authors demonstrate the importance of inclusion in the content of education on priority areas of training the current achievements in the field of nanotechnology. The study focuses on the use of advanced developments in functionalization of carbon nanomaterials in teaching university students. The effects of pedagogical innovation related to research and development in nanotechnology on learning outcomes are studied.

**Keywords:** creative competence, professional training, research, nanotechnology, nanostructured carbon materials.

Обеспечение конкурентоспособности продукции машиностроительных предприятий, отличительной особенностью которой является высокая материалоемкость, во многом зависит от выбора используемых конструкционных материалов и оптимизации самой конструкции проектируемого технологического оборудования на основе полного учета всех свойств этих материалов. Современный конкурентоспособный инженер должен не только знать свойства наиболее распространенных материалов и оптимально использовать при разработке продукции машиностроения, но и учитывать тенденции совершенствования существующий и получения новых конструкционных материалов при создании

инновационных проектов. Необходимость повышения качества обучения технических специалистов предопределяет потребность в постоянной корректировке содержания образования посредством отражения в нем наиболее актуальных разработок в области материаловедения. С учетом становления в экономике шестого технологического уклада приоритетное значение приобретает трансфер разработок в области нанотехнологий в подготовку специалиста к инновационной деятельности в своем профессиональном сегменте [1; 2].

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются одними из самых востребованных конструкционных материалов, применяемых в различных отраслях промышленности. Это обуславливает предъявление к ним не только повышенных требований по прочности и долговечности, но специфических – наличие достаточной электро- и теплопроводности. Обеспечение указанных свойств может быть достигнуто использованием достижений в области создания наноразмерных объектов на основе углерода, которая открывает пути совершенствования полимерных и композиционных материалов. Наибольшее количество экспериментальных данных по созданию новых ПКМ с улучшенными показателями прочности, износостойкости, водопоглощения, электро- и теплопроводности получены при использовании углеродных нанотрубок (УНТ), введенных в структуру материала [3-11]. Усиление корректирующего воздействия УНТ на свойства композита возможно достичь функционализацией углеродных нанотрубок, позволяющей увеличить их поверхность с целью равномерного распределения и эффективного взаимодействия с полимерной матрицей [3; 8]. Одним из наиболее эффективных способов функционализации является получение на поверхности УНТ функциональных групп, способных образовывать прочные химические связи с полимерной матрицей, что обеспечивает улучшение технологических и эксплуатационных характеристик полимерных матриц и снижает вязкость, повышает прочностные и диэлектрические свойства. Анализ проводимых исследований в данной сфере показал, что современному специалисту в области наноиндустрии для обеспечения инновационного характера профессиональной деятельности и организации выпуска конкурентоспособной продукции необходимо владение не только на уровне распознавания, но и на деятельностном и рефлексивном уровнях компетенциями, определяющими данный сегмент нанотехнологий:

- знание всего многообразия свойств функционализированных УНТ;
- умение выявлять перспективные направления их использования в промышленности;
- умения проводить исследования по определению зависимостей влияния количества УНТ на свойства всего композита;

– определение наиболее оптимальных условий внесения функционализированных УНТ в основной материал.

Осознанное владение указанными компетенциями позволит повысить степень реализации заложенного в УНТ потенциала как армирующего или функционального наполнителя для полимерных композитов. Отражение данного блока нанотехнологий в основной профессиональной образовательной программе даст больших импульс познавательной деятельности студентов, если акцент будет сделан на результатах научных исследований, которые непосредственно проводятся в данном учебном заведении. Подготовка бакалавров и магистров в области наноинженерии, осуществляемая в Тамбовском государственном техническом университете, непосредственно связана с теми научными исследованиями, которые проводятся в лабораториях вуза. Одним из интересных научных направлений, которое решает не только прикладные задачи для народного хозяйства, но и активно используется в учебном процессе, является исследования по получению полимерных композитов на основе УНТ.

Первая группа исследований, к которым могут быть привлечены студенты бакалавриата, предполагает определение зависимостей свойств композита от количества и функционализированности УНТ. В рамках экспериментальных исследований в качестве связующего использовалась эпоксидно-диановая смола ЭД-22 и отвердитель горячего отверждения «Полиам Б-10», а модифицированные УНТ вводились в эпоксидную матрицу физико-механическим способом с последующим ультразвуковым воздействием. Полученные образцы вакуумировались, формовались и подвергались ступенчатому отверждению, после чего готовые образцы (см. рис. 1) испытывались на разрыв и на изгиб.

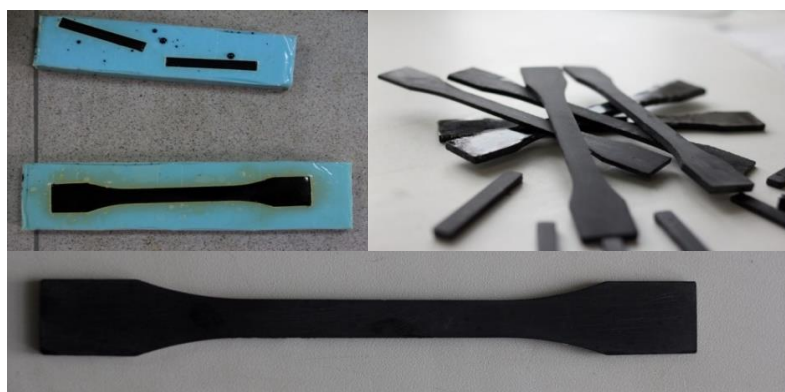


Рис. 1. Образцы для испытаний на прочность.

Для определения прочностных характеристик полученного наномодифицированного эпоксидного связующего испытания проводились на универсальной испытательной машине “TestometricM350-5AT” (см. рис. 2).



Рис. 2. Универсальная испытательная машина “Testometric M350-5AT”.

Проведенные испытания подтвердили первоначальную гипотезу о существенном влиянии УНТ на свойства композита, и позволили определить оптимальный вариант функционализации и количество вносимых наноматериалов. Знакомство обучающихся с проведенными учеными университета результатами исследования перспектив использования различных модификаций УНТ (см. рис. 3-4) позволит им приобрести передовые знания в области нанотехнологий, выявить закономерности влияния различных факторов на наноразмерный эффект, проверить теоретические положения на примере частных исследований, выйти за рамки поставленных задач и получить внутреннюю мотивацию к самостоятельным исследованиям.

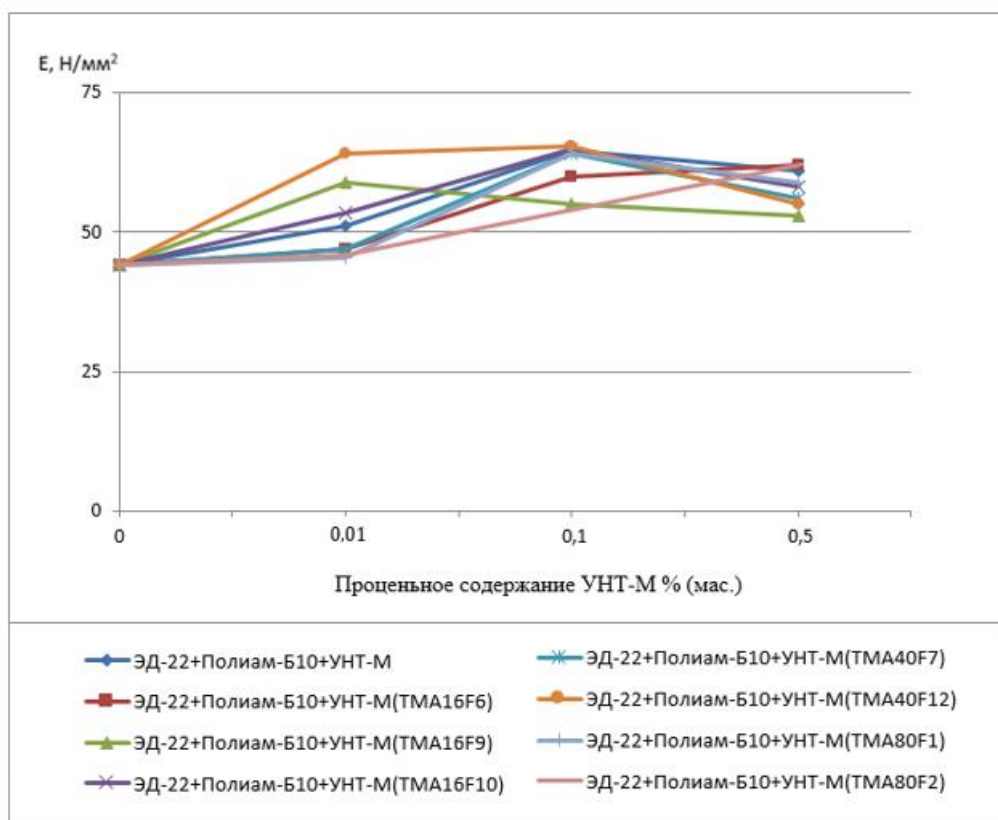


Рис. 3. Предел прочности в испытаниях на разрыв.

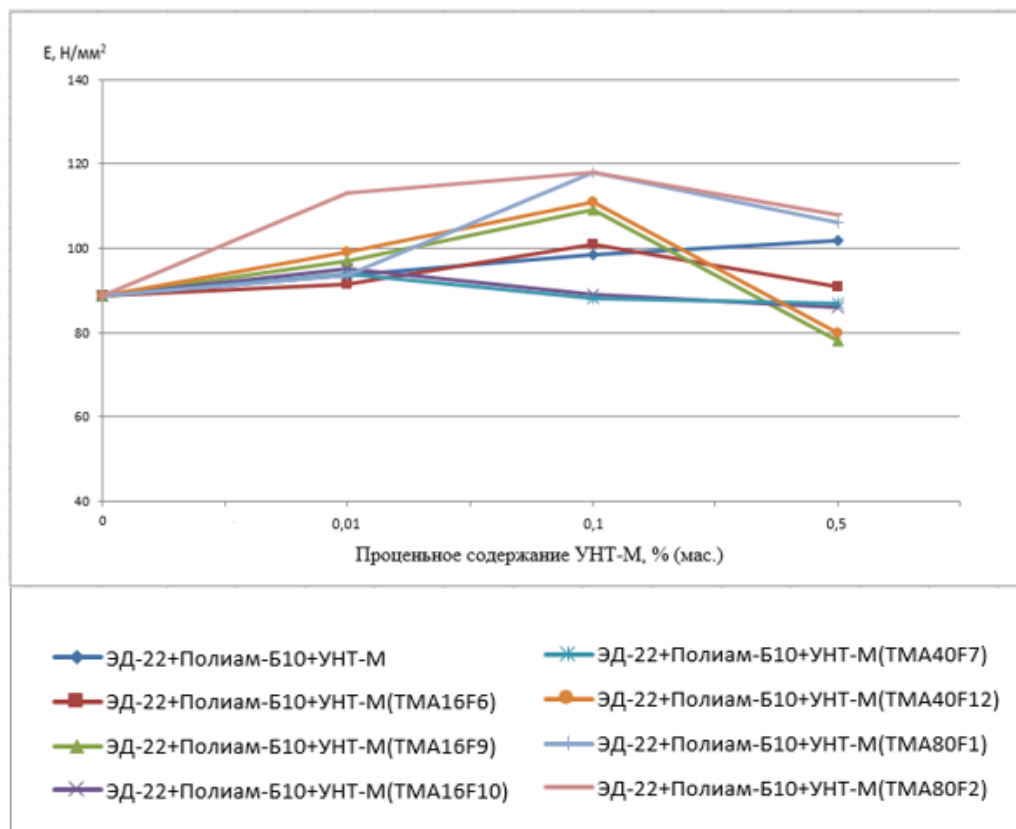


Рис. 4. Предел прочности в испытаниях на изгиб.

Выполнение такого же рода исследований (в упрощенном и адаптированном под учебный процесс варианте) обеспечит у обучающихся формирование практических навыков осуществления исследовательской работы. Кроме того, привлечение обучающихся к выполнению прочностных исследований при решении профессиональных задач усиливает понимание ими важности общеинженерной подготовки по таким дисциплинам как механика и сопротивление материалов.

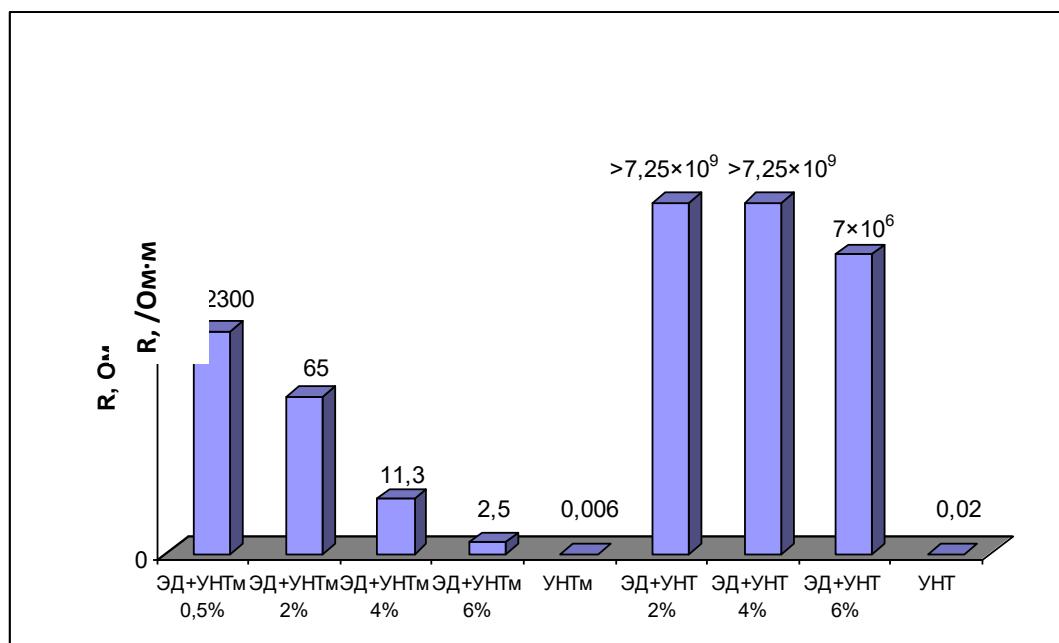


Рис. 5. Изменение удельного сопротивления в зависимости от добавки и ее процентного содержания в эпоксидной матрице.

Вторая группа исследований, представляющая интерес с позиции совершенствования образовательного процесса, направлена на разработку материалов для аддитивных технологий, электротехнических изделий, защитных электростатических покрытий. Например, наномодифицирование нанотрубками серии «Таунит-М» (9-12% мас.) позволяют получить электропроводящий материал с электропроводностью порядка 1,5 Ом/см (см. рис. 5) с сохранением прочности, что может быть использовано при производстве АБС-пластики, полиэтиленов, полиамидов, эпоксидных смол.

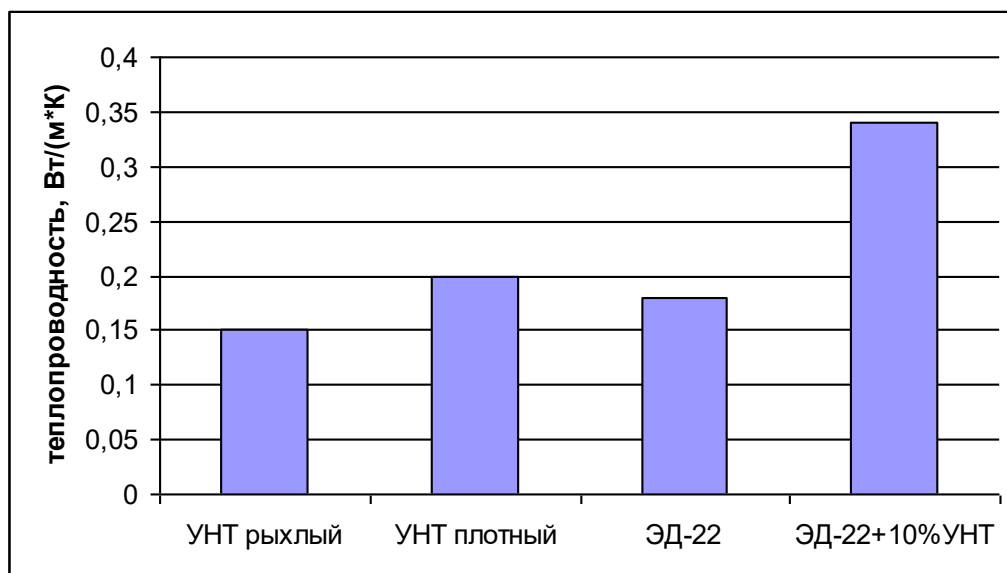


Рис. 6. Влияние УНТ на теплопроводность композитов.

Третьим направлением перспективных исследований, которые целесообразно отразить в учебном процессе, является поиск способов повышения теплопроводности полимерных композиционных материалов, что позволит развивать авиационную и аэрокосмическую области. Проведенные исследования образцов, содержащих углеродные нанотрубки в эпоксидной смоле, показали существенное влияние наноматериалов на теплопроводность (см. рис. 6).

Привлечение обучающихся бакалавриата ко второму и третьему направлениям исследований кроме получения наиболее актуальных знаний в узкопрофессиональной области позволит им также актуализировать такие фундаментальные области науки, как физика, электротехника, термодинамика. Таким образом, все рассмотренные направления способствуют как формированию способности к деятельности вообще, так и инновационной деятельности в наиболее быстро развивающемся сегменте промышленности [12]. Повысить эффективность использования результатов научных исследований возможно усилив интерактивный характер обучения, и прежде всего в электронной образовательной среде [13]. Например, результаты теоретического анализа и экспериментальных исследований могут быть положены как в разработку кейсов, выполняемых в процессе коллективного взаимодействия при общении в социальных сетях, так и для оценки компетенций на уровне владения, а также для развития такой формы обучения, как веб-квест [14].

Для получения всех вышеперечисленных новых конструкционных материалов были разработаны технологические подходы и регламенты, позволяющие осуществить наномодификацию углеродными нанотрубками и провести всестороннее исследование полученных продуктов, как в лаборатории, так и на реальном предприятии. С учетом

сложной экономической ситуации одним из наиболее перспективных направлений поддержания конкурентоспособности является переход на производство новой продукции как предприятий машиностроительного кластера по выпуску нового технологического оборудования, так и химических предприятий, осваивающих получение нанопродуктов [15]. С учетом востребованности на рынке труда специалистов, готовых к реализации инновационных проектов наноиндустрии, трансфер научных исследований в данной отрасли в образовательный процесс, обеспечивающий как получение наиболее актуальных профессиональных знаний, так и формирование готовности к научно-исследовательской деятельности, позволит повысить качество образовательного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачев А. Г., Шубин И. Н., Попов А. И. Промышленные технологии и инновации. Оборудование для наноиндустрии и технология его изготовления: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 132 с.
2. Романенко А. В., Попов А. И. Особенности построения затратной модели управления качеством в наноиндустрии // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4. – С.136–139.
3. Blohin A. N., Kharitonov A. P., Simbirtseva G. V., Tkachev A. G., Dyachkova T. P., Maksimkin A. A., Chukov D. I. Reinforcement of epoxy resin composites with fluorinated carbon nanotubes // Composites Science and Technology. – 2015. – Vol.107. – pp.162–168.
4. Блохин А. Н., Таров В. П., Толстых М. С. Влияние нанодисперсных частиц на прочностные свойства полимерных матриц // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18. – № 3. – С. 737–741.
5. Блохин А. Н. Влияние углеродных нанотрубок на электропроводность эпоксидной матрицы // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 3(34). – С. 384–387.
6. Блохин А. Н., Бураков А. Е., Иванова И. В., Колесникова Н. Ю., Ткачев А. Г. Многофункциональный углеродный наномодификатор «Таунит» // Строительные и дорожные машины. – 2010. – № 2. – С. 14–17.
7. Блохин А. Н., Кобзев Д. Е., Комбарова П. В., Баронин Г. С., Хабаров С. Н., Воронин Н. В. Разработка структурно-технологической схемы процесса получения изделий из полимерных материалов обработкой давлением в твердой фазе // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 227–232.



8. Блохин А. Н., Ткачев А. Г., Харитонов А.П., Симбирцева Г.В., Харитонова Л.Н., Блохин А.Н., Дьячкова Т.П., Дружинина В.Н., Максимкин А.В., Чуков Д.И., Чердынцев В.В. Упрочнение эпоксидных материалов фторированными углеродными нанотрубками // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.science-education.ru/116-12620](http://www.science-education.ru/116-12620).
9. Baronin G. S., Razinin A. K., Kombarova P. V., Kobzev D. E. Structural-mechanical and diffusion properties of PEHD nanocomposites exposed to the pressure treatment in a solid-state phase // *Inorganic Materials: Applied Research*. – 2011. – Vol. 2. – № 4. – pp. 344–348.
10. Baronin G. S., Buznik V. M., Zavrazhin D. O., Kobzev D. E. Polytetrafluoroethylene-based nanocomposites with increased operational rates // *Machines, technologies, materials*. – Year VII. – Issue 11/2013. – pp. 3–4.
11. Burakov A. E., Romantsova I.V., Kucherova A. E., Tkachev A. G. Modification of an Activated Carbon Pore Surface by Nanocarbon and Study of Its Adsorption Characteristics // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. – 2015. – Vol. 51. – No. 4. – pp. 505–509.
12. Наумкин Н. И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности: монография / под ред. П. В. Сенина, Л. В. Масленниковой, Д. Я. Тмарчака. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 172 с.
13. Ракитина Е. А., Попов А. И. Проблемы и перспективы использования интерактивных форм обучения в технических вузах // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского*. – 2014. – № 1 (50). – С. 65–69.
14. Попов А. И., Однолько В. Г., Букин А. А. Использование веб-квестов в процессе организации профессиональной творческой подготовки студентов по приоритетным направлениям // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского*. – 2013. – № 4 (48). – С. 64–70.
15. Романенко А. В., Пархоменко В. Л., Попов А. И. Постановка задачи оптимизации деятельности предприятия машиностроительного кластера // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2014. – № 3. – С. 168–171.