

# Перспективы кросс-функциональных команд вуза в формировании компетенций выпускников и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности в области нанотехнологий



**Л. В. Кожитов,**  
д. т. н., профессор,  
НИТУ «МИСиС»



**С. Г. Емельянов,**  
д. ф.-м. н., профессор,  
ректор Юго-Западного  
государственного  
университета  
rector@swsu.ru



**В. Г. Костишин,**  
д. ф.-м. н., профессор,  
зав. кафедрой технологии  
материалов электроники  
НИТУ «МИСиС»



**А. В. Попкова,**  
к. т. н., ведущий  
инженер, Тверской  
государственный  
университет  
popkova-alena@rambler.ru

*Рассмотрены и выделены общие компетенции выпускников вузов России и Европейского сообщества. Рассмотрены факторы, влияющие на успешность формирования кросс-функциональной команды вуза. Рассмотрен опыт формирования и деятельность кросс-функциональной команды по научному направлению «Разработка новых углеродных нанокристаллических материалов и металлополимерных нанокмозитов под действием ИК-нагрева» в НИТУ «МИСиС». Выделены специфические особенности деятельности кросс-функциональной команды в нанотехнологии. Рассмотрен состав команды и взаимодействия между членами кросс-функциональной команды, основные результаты деятельности команды и перспективы ее развития.*

**Ключевые слова:** нанотехнологии, кросс-функциональная команда, компетенции выпускников, коммерциализация, наноматериалы, технико-экономическое обоснование технологии, оценка рыночной стоимости нанотехнологии.

### Введение

Развитие нанотехнологий в России началось с 2000 г. с разработки и принятия программы «Военная нанотехнология Вооруженных сил Российской Федерации на период до 2010 г.». Затем последовал ряд федеральных целевых программ и выступление президента РФ с инициативой «Стратегия развития нанотехнологий». В настоящее время просматривается программно-целевой подход к развитию рынка продуктов нанотехнологий в стране. Государство стимулирует активность научной деятельности и развитие бизнеса в нанотехнологии, создавая фонды и госкорпорации, наиболее известной из которых является «Роснано».

Нанотехнология — вид деятельности по созданию продукции на основе нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники.

Для развития мировой экономики значимость нанотехнологий определяется их ролью как основы нового, шестого технологического уклада, который существенно изменит все сектора экономики и сферы деятельности. В настоящее время в мировой экономике

отмечается стремительный рост рынка нанотехнологий и нанопродуктов.

Ядро рынка нанопродуктов составляют наноматериалы и технологии их получения. Оболочкой рынка выступает специальное оборудование и приборная база [1].

Нанотехнологии — «совокупность методов и приемов, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании структур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, интеграции и взаимодействия составляющих их наномасштабных элементов (1-100 нм) для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами». Соответственно, под нанопродукцией понимают такие объекты материального производства, в которых хотя бы один из показателей измеряется в нанодиапазоне 1-100 нм (1 нанометр равен  $10^{-9}$  м) [2, 3].

Одним из наиболее перспективных направлений внедрения нанотехнологий в промышленность является производство композиционных материалов. Нанокмозиты — наноматериал, состоящий из двух

или большего числа фаз, в котором хотя бы одна из фаз состоит из частиц нанометрового диапазона. Нанокompозиты обладают исключительными свойствами: высокими каталитическими и магнитными характеристиками, селективной поглощающей способностью, триботехническими свойствами, термо- и химической стойкостью, высокими прочностью и пластичностью. Подобные характеристики приводят к формированию спроса на нанокompозиты в разнообразных областях промышленности: судостроении, авиастроении, химии, энергетике, медицине, электронике, экологии и др.

## Особенности российского рынка нанокompозитов и роль вузов при формировании этих рынков

В последние годы Правительство РФ провозгласило курс на инновационное развитие высшей школы, унификацию образования в соответствии с требованиями Болонского процесса, повышение конкурентоспособности российских университетов, укрупнение и дифференциацию учебных заведений. В процессе реализации курса были созданы федеральные и национальные исследовательские университеты [4].

«Статусные» университеты должны сочетать в себе не только образовательную, но также научно-

исследовательскую, инновационную и предпринимательскую деятельность.

Сейчас в мире в сфере образования складываются устойчивые тенденции сближения образовательных программ и циклов обучения, формирования единых подходов в оценке и поддержания качества образования.

В работе [5] проведено сравнение общих компетенций выпускников российских и зарубежных вузов.

Список полученных общих компетенций выпускников вузов, характерных для России представлен в табл. 1.

Выявленный уровень соответствия 87% совпадения формулировок российских и европейских общих компетенций позволяет сделать вывод о возможности формирования международного профиля российского выпускника, владеющего набором общих компетенций, который удовлетворяет стандартам качества и современным мировым направлениям развития высшего образования [5].

Результаты опроса почти 80 предприятий наноиндустрии выявили среди проблем низкую кадровую обеспеченность анализируемой отрасли. Следует отметить, что многие специальности отсутствуют в программах вузов и предпринимателям приходится

Таблица 1

Список общих компетенций выпускников вузов

Номер компетенции	Общие компетенции по результатам опросов, которые совпали для российских и европейских университетов
1	Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу
2	Умение работать в команде
3	Способность к созданию новых идей (креативность)
4	Способность определять, формулировать и решать проблемы
5	Способность разрабатывать и управлять проектами
6	Способность применять знания на практике
7	Способность общаться на иностранном языке
8	Способность пользоваться информационно-коммуникационными технологиями
9	Способность к самообразованию
10	Способность к общению в устной и письменной форме на родном языке
11	Способность работать самостоятельно
12	Способность принимать обдуманные решения
13	Понимание и уважение разнообразия и мультикультурности общества
14	Способность действовать в соответствии с принципами социальной ответственности и гражданского сознания
15	Способность действовать в соответствии с этическими нормами
16	Преданность идее охраны окружающей среды
17	Способность общаться на профессиональные темы с неспециалистами в своей области
18	Способность планировать и распределять свое время
19	Способность оценивать и поддерживать качество выполняемой работы
20	Способность к критике и самокритике
21	Способность находить, обрабатывать и анализировать информацию из разных источников
22	Ответственное отношение к вопросам безопасности
23	Навыки межличностного общения
24	Способность проводить научное исследование на должном уровне
25	Значение и понимание предметной области и профессии
Общие компетенции, отмеченные только российскими респондентами	
1	Способность мыслить критически
2	Способность разрешать конфликты и вести переговоры
3	Нацеленность на достижение качества
4	Нацеленность на достижение результата
5	Способность к инновационной деятельности

заказывать специальные курсы или отправлять сотрудников на дорогостоящие стажировки. Для решения этой проблемы «Роснано» проводит тендеры для вузов по «комплектной поставке» кадров для нанопроизводств, действует 83 подобных программы. Важным моментом в этой подготовке является обратная связь, в которой предприниматели формируют требования к персоналу с учетом необходимых компетенций [1].

В процессе образовательной научной, инновационной и предпринимательской деятельности студентов вуза активно формируется и закрепляется набор компетенций у выпускника вуза, который удовлетворяет стандартам качества и требованиям к инноваторам-специалистам, способным генерировать идеи и доводить их до реализации.

Специфической особенностью нанотехнологий является междисциплинарность, что требует от выпускников вузов, занимающихся реализацией инновационных проектов в nanoиндустрии широкого кругозора в смежных отраслях; умения определять, ставить и решать возникающие проблемы комплексно, привлекая знания и умения специалистов смежных областей; владения современными аналитическими и технологическими инструментами.

Коммерциализация результатов, полученных в нанотехнологических отраслях, требует от выпускаемых специалистов подготовки по экономике, менеджменту, маркетингу и финансам. В этой связи в работе [7] предложено в порядке эксперимента создавать на базе соответствующих вузов группы из студентов экономических факультетов, которые изучили бы спецкурсы по нанотехнологиям или, наоборот, из специалистов по нанотехнологиям для обучения их методам изучения товарных рынков.

Все требуемые спецификой nanoиндустрии компетенции выпускника вуза реализуются и формируются и в деятельности кросс-функциональной команды по определенному научному направлению. Рассмотрим опыт создания и работы кросс-функциональных команд в НИТУ «МИСиС».

Кросс-функциональная команда — это группа преподавателей и научных сотрудников одного или нескольких вузов, обладающих специфическими знаниями, умениями, навыками и профессиональными компетенциями в различных областях знаний, совместно и добровольно работающая в выбранном научном направлении с абитуриентами, студентами, аспирантами и стажерами, передающая знания и опыт учащимся. Для создания эффективной команды необходимо [6]:

- наличие четко сформулированных и понятных общих целей;
- наличие специальных знаний, умений и навыков в различных областях знаний у членов команды;
- высокий уровень профессионализма у руководителя команды;
- наличие мотивации совместной деятельности;
- развитое чувство общности;
- взаимозаменяемость членов команды;
- наличие знаний и опыта в области командного менеджмента.

Одной из эффективных форм организации учебной, научной, инновационной и предпринимательской видов деятельности студентов и аспирантов является создание кросс-функциональной команды вуза по выбранному научному направлению и работа в ней. Мотивация создания кросс-функциональной команды заключается в возможности освоения смежных областей знаний всеми участниками команды; установлении рабочих контактов, способствующих более быстрой реализации поставленных перед командой целей; значительной экономии средств; подготовке публикаций в высокорейтинговых журналах; использовании современного аналитического, технологического и измерительного оборудования; сокращении времени исследований; совместном обсуждении полученных результатов; выполнении теоретических расчетов; построении и апробации математических моделей процессов; подготовке специалистов, имеющих навыки научной, инновационной, экономической предпринимательской и изобретательской деятельности, умеющих создавать объекты интеллектуальной собственности и коммерциализовывать их.

Кросс-функциональная команда для выполнения научных исследований и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности создается из студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников базовой кафедры и других кафедр вуза и научных подразделений вуза с приглашением сотрудников кафедр и научных подразделений других вузов России, институтов Российской академии наук, отраслевых институтов, предприятий и фирм с которыми имеются долговременные научные связи, постоянные контакты и сотрудничество [8, 9].

При создании кросс-функциональной команды решаются задачи образовательной, научной, инновационной, экономической и предпринимательской деятельности: выполнение научно-исследовательских работ, квалификационных выпускных работ; подготовка диссертаций на соискание ученых степеней; приобретение знаний, умений и навыков самостоятельной профессиональной деятельности; выполнение производственных задач (продвижение на рынок результатов интеллектуальной деятельности, реализация конкретных инновационных проектов); подготовка инноваторов [8-12].

Для закрепления компетенций специалиста в практической профессиональной деятельности и привития навыков инновационной и предпринимательской деятельности для студентов и аспирантов предлагаются: собственная инновационная инфраструктура в каждом вузе (бизнес инкубаторы, технопарки, центры коллективного пользования и др.); обучение теории и практике решения изобретательских задач; специальные курсы и программы по обучению предпринимательству и развитию творческих способностей; участие студентов в Днях науки; участие с докладами на форуме «Открытые инновации», на конференциях «Эврики», Сколтех, ГУ ВШЭ, технопарк «Строгино» и др.; мероприятия по развитию культуры предпринимательства в вузе (лекции и мастер-классы); участие в выставках, показах и презентациях инновационных предложений; центры форсайта (производственные

лаборатории); фаблабы (открытые мастерские для молодежи); стартап-школы, конкурсы и др.

Современной формой управленческой деятельности является работа в команде, которая выделена в командный подход (team approach). На деятельность команды оказывают влияние многие факторы, и в первую очередь уровень обученности членов команды эффективным совместным действиям, которые выработаны опытом многих управленческих и исследовательских команд. В табл. 2 представлена зависимость факторов, влияющих на успех команды, от эффективности действий членов команды [6].

Задача руководителя команды и преподавателей, входящих в ее состав, сформировать у студентов и аспирантов компетентность и умения, позволяющие не только создавать ОИС, но и успешно их коммерциализовывать.

Эффективные действия членов команды, влияющие на успех, представлены в табл. 2.

Основным гарантом успеха кросс-функциональной команды является синергетический эффект от напряженной творческой работы всех членов команды на своих рабочих местах (студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников), специализирующихся в различных областях знаний.

Кросс-функциональные команды по определенным научным направлениям практически существуют в вузах в рамках научных школ вузов. Особенностью опыта деятельности рассматриваемой кросс-функциональной команды НИТУ «МИСиС» является широкое привлечение экономистов вуза и специалистов, имеющих практический опыт коммерциализации объектов интеллектуальной собственности, на всех этапах продвижения разработок на рынок [8-12].

Рассмотрим состав и деятельность участников кросс-функциональной команды кафедры технологии материалов электроники (ТМЭ) НИТУ «МИСиС» по научному направлению «Разработка новых углеродных нанокристаллических материалов и металлополимерных нанокompозитов под действием ИК-нагрева».

В состав кросс-функциональной команды кафедры ТМЭ входят: технологи, теоретики, экономисты, математики, материаловеды, физики, химики, аналитики и менеджеры.

На кафедре технологии материалов электроники разрабатываются новые углеродные нанокристаллические и металлополимерные нанокompозиты под действием ИК-нагрева (зав. кафедрой, д. ф.-м. н., профессор В. Г. Костишин; д. т. н., профессор, Л. В. Кожитов; д. т. н., профессор В. В. Козлов; к. т. н., доцент Д. Г. Муратов; к. т. н., доцент Е. В. Якушко).

С кафедрой материаловедения Калужского филиала Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (зав. кафедрой, д. т. н., профессор В. Г. Косушкин) выполняются работы по математическому моделированию процессов микро- и наноэлектроники. На кафедре сформировано научное направление «Фазовые превращения в нанокompозитах и структурах малой размерности в условиях низкоэнергетических воздействий». Бакалавры – выпускники кафедры продолжают обучение и в магистратуре НИТУ «МИСиС». Сотрудниками двух кафедр совместно с ЮЗГУ изданы монографии и учебные пособия [13-17].

НИТУ «МИСиС» совместно с Юго-Западным государственным университетом проводит международную российско-казахстанскую конференцию «Перспективные технологии, оборудование

Таблица 2

Факторы, влияющие на успешность формирования команды

Факторы, влияющие на успех команды	Эффективные действия членов команды
Ясность целей и задач команды	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Согласовывать свои задачи и не допускать разногласий.</li> <li>2. Оценивать, насколько поставленная задача выполнима, и изменять ее в случае необходимости.</li> <li>3. Реально оценивать ситуацию и идти к намеченной цели</li> </ol>
Наличие плана деятельности и развития	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составлять план работы команды. Корректировать его в процессе работы.</li> <li>2. Составлять подробное описание этапов работы.</li> <li>3. На основе этого описания обсуждать направление дальнейшего продвижения</li> </ol>
Четкое распределение ролей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Все члены команды должны четко знать свои роли, за что отвечает каждый из них и на что они направлены.</li> <li>2. Использовать таланты каждого члена команды и вовлекать в работу каждого таким образом, чтобы никто не чувствовал себя лишним</li> </ol>
Высокая культура общения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Говорить ясно и точно.</li> <li>2. Быть кратким, избегая подробностей и примеров, взятых из частной жизни.</li> <li>3. Уметь слушать других, не перебивать выступающего. Избегать разговоров во время выступления другого члена команды.</li> <li>4. Изучать и обдумывать полученную информацию</li> </ol>
Выбор эффективного поведения команды	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проводить дискуссии.</li> <li>2. Обсуждать информацию и мнения всех членов команды.</li> <li>3. Предлагать рациональные действия и способы достижения целей.</li> <li>4. Вносить ясность и тщательно продумывать вопросы для обсуждения.</li> <li>5. Не позволять членам команды доминировать во время беседы.</li> <li>6. Не отклоняться от темы беседы.</li> <li>7. При разногласии быть творческими и созидательными. Уметь идти на компромисс.</li> <li>8. Стараться устранить напряжение в группе. Всегда необходимо принимать решение в результате обсуждения.</li> <li>9. Делиться полученными впечатлениями.</li> <li>10. Добиваться согласия</li> </ol>

и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов». Проведено 13 конференций, издаются труды конференций, а лучшие статьи публикуются в рейтинговых журналах. В тематике конференций имеется раздел «Инновации в науке и образовании», являющийся открытой площадкой для обсуждения всех видов деятельности современного университета. С 2013 г. ЮЗГУ совместно с НИТУ «МИСиС» проводит международную конференцию «Физика и технология наноструктур и материалов», в трудах которой активно публикуются магистры и аспиранты обоих вузов, работающих в кросс-функциональной команде.

В рамках кросс-функциональной команды проводятся совместные исследования структуры, морфологии, химического и фазового состава синтезированных наноконкомпозитов с материаловедами кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС» (зав. кафедрой, д. ф.-м. н. профессор Ю. Н. Пархоменко; д. т. н., профессор В. Т. Бублик) и физического материаловедения НИТУ «МИСиС» (к. ф.-м. н., профессор А. Г. Савченко), а также в Центре коллективного пользования НИТУ «МИСиС» (руководитель ЦКП, д. ф.-м. н., профессор Ю. Н. Пархоменко; к. ф.-м. н. К. Д. Щербачев) в ЦКП ЮЗГУ (руководитель ЦКП, д. ф.-м. н., профессор А. П. Кузьменко).

Теоретическое изучение композиционных наноматериалов, являющихся возможными структурными элементами нанoeлектронных устройств, проводится под руководством д. ф.-м. н., профессора, почетного работника высшего образования РФ, зав. кафедрой судебной экспертизы и физического материаловедения Волгоградского государственного университета И. В. Запороцковой на основе модели циклического кластера в рамках полужемпирической вычислительной процедуры типа MNDO (modified method of neglect of diatomic overlap). Профессором И. В. Запороцковой разработан новый метод расчета электронного строения твердых тел — модель ионно-встроенного ковалентно-циклического кластера. На основе теоретической модели, предложенной И. В. Запороцковой, проводится поиск возможной устойчивой пространственной конфигурации наносистемы, получение информации об электронном строении системы и ее свойствах (проводящих, магнитных, оптических и механических); исследование протонной проводимости в наноструктурах, а также изучение особенностей взаимодействия наноструктур с различными атомами и молекулами, которые могут вноситься извне (как на поверхность, так и встраиваясь в структуру).

В кросс-функциональной команде активно работают к. ф.-м. н., доцент Н. П. Борознина; к. ф.-м. н., доцент О. А. Давлетова; к. ф.-м. н., доцент С. В. Борознин. Сотрудниками и аспирантами кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения ВГУ в НИТУ «МИСиС» защищены докторская и 4 кандидатские диссертации.

В настоящее время в рамках кросс-функциональной команды выполняются теоретические исследования металлоуглеродных наноконкомпозитов на основе пиролизованного полиакрилонитрила (ППАН) с внедрен-

ными в плоскость ППАН парными соединениями FeNi, FeCo и NiCo с амортизирующими добавками (B, Si, Cu, редкоземельные элементы). Проводятся исследования взаимодействия кластера ППАН с углеродными нанотрубками с целью создания нового композиционного углеродсодержащего наноматериала, объединяющего свойства полимера и нанотрубок, что обеспечивает прочность и пластичность нового материала. Бакалавры кафедры судебной экспертизы и физического материаловедения ВГУ продолжают обучение и в магистратуре НИТУ «МИСиС» на кафедре технологии материалов электроники.

С Центром коллективного пользования и кафедрой нанотехнологий и инженерной физики Юго-Западного государственного университета проводятся совместные исследования металлуглеродных наноконкомпозитов (д. ф.-м. н., профессор А. П. Кузьменко; к. ф.-м. н., доцент П. А. Ряполов; к. ф.-м. н. доцент А. Е. Кузько) измерения магнитных и радиопоглощающих свойств, а также разрабатываются гипотезы, объясняющие механизмы взаимодействия наноконкомпозита с электромагнитным излучением. Бакалавры — выпускники кафедры поступают и обучаются в магистратуре Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» на кафедре технологии материалов электроники и участвуют в совместных исследованиях.

Юго-Западный государственный университет совместно с НИТУ «МИСиС» проводят международную конференцию «Физика и технология наноматериалов и структур». В 2017 г. проведена третья конференция. В трудах конференции публикуются совместные работы сотрудников, студентов и аспирантов университетов, а лучшие доклады публикуются в высокорейтинговых журналах.

Совместные исследования углеродных нанокристаллических материалов выполняются в Северо-Кавказском федеральном университете (вед. н. с., к. ф.-м. н. В. А. Тарала).

У кафедры технологии материалов электроники существуют долговременные научные связи с Институтом нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН (зав. лабораторией, д. х. н., профессор Г. П. Карпачева) и институтом общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН (академик РАН В. М. Новоторцев; д. х. н., профессор С. Ф. Маренкин). Совместные исследования проводятся в области разработки углеродных нанокристаллических материалов и металлополимерных наноконкомпозитов. В 2009 г. на базе Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» и Института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева создан научно-образовательный центр «Металлополимерные системы и нанотехнологии». Его основными целями являются подготовка специалистов в области создания металлополимерных систем и нанотехнологий, привлечение молодежи к научной работе. Со стороны Института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева в работе данного центра принимают участие лаборатории химии полисопряженных систем, исследования каталитических процессов на мембранах, физико-химических исследований. Со стороны Национального исследовательского технологического университета

«МИСиС» в работе научно-образовательного центра принимают участие кафедры технологии материалов электроники, физической химии и Центр композиционных материалов.

Кафедра технология материалов электроники оснащена современным оборудованием: установка для роста нанотрубок; японские и отечественные печи ИК-нагрева; установки термогравиметрического анализа; дифференциальной сканирующей калориметрии; мессбауэровской спектроскопии; ИК и УФ- спектроскопии; измерения магнитных и радиопоглощающих свойств и др.

Разработка нового термического оборудования с инфракрасным нагревом, конструирование и изготовление газораспределительных систем установок и текущий ремонт установок выполняется специалистами Научно-исследовательского института точного машиностроения (д. т. н., профессор В. В. Одинокоев). С сотрудником института В. В. Одинокоевым издан для студентов учебник по оборудованию полупроводникового производства [13].

В кросс-функциональной команде активно работают преподаватели и студенты кафедры прикладной экономики НИТУ «МИСиС» (зав. кафедрой, к. э. н., доцент Ю. Ю. Костюхин и к. э. н., доцент Б. Г. Киселев) по составлению технико-экономического обоснования, определению стоимости технологий производства металлоуглеродных нанокomпозитов и исследованию рынка наноматериалов. Студенты кафедры прикладной экономики университета знакомятся с новыми разрабатываемыми технологиями синтеза наноматериалов на кафедре технологии материалов электроники, анализируют отечественные и зарубежные публикации для последующей подготовки технико-экономического обоснования проекта и определения рыночной стоимости технологий (полученных патентов). Студенты-экономисты выполняют курсовые, научно-исследовательские работы и преддипломную практику на кафедре ТМЭ, где знакомятся с технологией и оборудованием для получения металлоуглеродных нанокomпозитов, выполняют анализ рынка нового материала и существующих технологий его изготовления. Далее студенты приступают к выполнению выпускной квалификационной работы.

В качестве примера приведем одну из тем квалификационных работ: «Технико-экономическое обоснование и определение рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродного нанокomпозита  $Cu/C$ ».

В период с 2009 по 2016 гг. подготовлены и успешно защищены более 10 выпускных квалификационных работ магистров-экономистов по экономике производства наноматериалов.

Такой подход позволил качественно выполнить технико-экономическое обоснование технологии синтеза металлоуглеродного нанокomпозита и оценку рыночной стоимости технологии, заинтересовать потенциальных инвесторов, соединив результаты научно-исследовательских работ с показателями, на которые ориентируются инвесторы в процессе поиска объектов инвестирования, научить студентов взаимодействовать с коллегами других специальностей.

При выборе способа коммерциализации новой разработанной технологии синтеза металлоуглеродного нанокomпозита привлекаются магистры по специальности «Производственный и финансовый менеджмент» с целью не только технико-экономического обоснования проекта, но и разработки программы его коммерциализации, создания стартапа.

В результате совместной работы экономистов и технологов НИТУ «МИСиС» опубликовано 10 статей в журнале «Цветные металлы» и более 10 статей в трудах конференций [18-26].

Результатами деятельности кросс-функциональной команды кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС» по разработке металлоуглеродных нанокomпозитов являются:

- выпускные дипломные работы экономистов, по итогам, выполнения которых опубликовано в научно-техническом журнале «Цветные металлы» 10 статей, а также выпускные дипломные работы физиков и технологов перечисленных вузов, участников кросс-функциональной команды, с публикациями в высокорейтинговых журналах;
- опубликовано в иностранных и российских журналах более 100 статей;
- на 14-м международном форуме и выставке «Высокие технологии XXI века» (Москва, Экспоцентр, 2013 г.) проект «Способ получения нанокomпозита  $FeNi_3$ -пиролизированный полиакрилонитрил» награжден золотой медалью;
- защищены 2 докторские и 8 кандидатских диссертаций;
- получено 6 патентов РФ;
- НИТУ «МИСиС» и ЮЗГУ проведено 13 международных российско-казахстанских конференций «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов» и 3 международных конференции «Физика и технология наноматериалов и структур»;
- издано 2 учебника, 3 учебных пособия, 6 монографий;
- в рамках хоздоговора с Приокским заводом цветных металлов освоено производство металлоуглеродного нанокomпозита  $FeNi_3/C$  в промышленных условиях и получен совместный патент НИТУ «МИСиС» и ПЗЦМ № 2593145 от 07.07.2016 «Способ получения нанокomпозита  $FeNi_3/C$  в промышленных масштабах»;
- успешно выполнен грант Министерства обороны совместно кафедрами физической химии и технологии материалов электроники НИТУ МИСиС (2009-2010 гг.).

Опыт создания и деятельности кросс-функциональных команд в вузах свидетельствует об эффективности реализации компетенций специалистов в практической профессиональной деятельности и подготовке специалистов на мировом уровне, обладающих знаниями, умениями и опытом для генерации и разработки идей, их коммерциализации и организации производства.

Вузы, участники кросс-функциональной команды, корректируют образовательные программы бакалав-

риата, магистратуры и аспирантуры в сфере нанотехнологий, издаются совместно учебники, учебные пособия и монографии.

Кросс-функциональные команды вузов по научным направлениям являются эффективным механизмом включения студентов в научное сообщество и средством формирования научной элиты.

Результаты научных разработок, выполненные студентами и аспирантами под руководством ведущих отечественных ученых, внедряются в учебные курсы, повышается научная продуктивность деятельности молодых ученых и расширяется география научных исследований.

\* \* \*

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки НИТУ «МИСиС» № 1.8411.2017/8.9 и стипендии Президента РФ СП-3513.2016.1.

#### *Список использованных источников*

1. О. А. Автономова. Перспективы продвижения российских нанопродуктов на внешнем рынке//Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2012, № 4. С. 109-116.
2. Нанотехнологии. Азбука для всех/Под. ред. Ю. Д. Третьякова. 2-е изд. М.: Физматлит, 2009. 368 с.
3. Ю. Д. Третьяков. Микро- и наноструктурированные материалы. Репортаж из «пятого измерения». М.: ООО «Премимум», 2008. 182 с.
4. Н. А. Ащеулов, С. А. Душина. Академическая карьера молодого ученого в России//Инновации. № 7. 2012. С. 60-68.
5. А. П. Лунев, И. Ю. Петрова, В. М. Зарипова. Научить инновационному мышлению — задача университета//Инновации. 2012, № 11. С. 62-69.
6. Д. М. Шакирова, Н. Ф. Плотников. Интеграция умений критически мыслить и работать в команде при обучении студентов вуза//Инновации в образовании. 2006, № 3. С. 120-132.
7. Л. С. Ревенко. Мировой рынок продукции нанотехнологий: специфика формирования и особенности изучения//Российский вестник, № 8, 2009. С. 59-65.
8. А. А. Черникова, Л. В. Кожитов, В. Г. Косушкин. Роль кросс-функциональных команд вуза в формировании компетенций выпускников//Труды конференции «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов». Т. 1. Курск, 2014. С. 403-408.
9. М. Р. Филонов, Л. В. Кожитов, М. Г. Балыхин, В. С. Верхович. Формирование и опыт работы кросс-функциональной команды в вузе//Высшее образование сегодня. 2014, № 2. С. 32-40.
10. А. А. Черникова, Л. В. Кожитов, В. Г. Косушкин, В. С. Верхович. Подготовка инноваторов в вузах//Инновации. 2013, № 7. С. 74-85.
11. А. А. Черникова, Л. В. Кожитов, М. Г. Балыхин, А. П. Лунев. Выход вуза на рынок деловых профессиональных услуг для реализации его интеллектуального потенциала//Высшее образование сегодня. 2014, № 3. С. 2-6.
12. А. А. Черникова, Л. В. Кожитов, В. Г. Бебенин, В. С. Верхович. Аудит результатов научно-технической деятельности вуза — фундамент успеха коммерциализации технологий//Труды конференции «Перспективные системы для материаловедения и наноматериалов». Т. 2. Курск, 2014. С. 438-443.
13. Л. В. Кожитов, Н. А. Чиченев, В. Г. Костишин, С. Г. Емельянов, В. В. Одинокоев. Технологическое вакуумное оборудование: учебник. 4-е изд. Курск: ЮЗГУ, 2014. 552 с.
14. В. Г. Косушкин, С. А. Адарцин, Л. В. Кожитов, С. Г. Емельянов, В. Г. Костишин, Л. М. Червяков. Расчеты параметров технологических процессов получения новых материалов: учебное пособие. Курск: ЮЗГУ, 2016. 312 с.
15. В. Г. Косушкин, Ю. П. Головатый, Л. В. Кожитов, В. Г. Костишин, С. Г. Емельянов, Л. М. Червяков. Модели и алгоритмы технологических процессов получения новых материалов: учебное пособие. Курск: ЮЗГУ, 2014. 282 с.
16. Л. В. Кожитов, С. Г. Емельянов, В. Г. Косушкин, Ю. Н. Пархоменко, В. В. Козлов. Технология материалов микро- и нанотехнологии. 2-е изд. Курск: ЮЗГУ, 2012. 862 с.
17. Б. С. Карамурзов, Л. В. Кожитов, В. Г. Косушкин, С. С. Стрельченко. Модели, технологии и оборудования роста кристаллов и эпитаксиальных слоев. Нальчик: Каб.-Балк. университет. 2011. 334 с.
18. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, Т. Т. Кондратенко и др. Техно-экономическое обоснование производства силовых выпрямительных диодов на непланарном кремнии и определении ее рыночной стоимости//Цветные металлы, 2010, № 7. С. 6-10.
19. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов. Проблемы коммерциализации объектов интеллектуальной собственности//Цветные металлы, 2004, № 11. С. 15-19.
20. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, В. В. Козлов, М. В. Пономарев. Техно-экономическое обоснование определения рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродных нанокмозитов//Цветные металлы, 2010, № 3. С. 15-20.
21. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, В. В. Козлов, И. В. Ельцина. Техно-экономическое обоснование производства композиита с наночастицами серебра и определение ее рыночной стоимости//Цветные металлы, 2011, № 7. С. 6-10.
22. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, В. В. Козлов, И. В. Ельцина, А. В. Костикова. Рынок нанопродукции: перспективы и ограничения//Цветные металлы, 2011, № 11. С. 6-10.
23. Б. Г. Киселев, А. В. Костикова, А. В. Попкова, В. В. Козлов, Садыкова А.Р. Техно-экономическое обоснование и определение рыночной стоимости технологии производства металлоуглеродного нанокмозита FeNi<sub>3</sub>/C//Цветные металлы, 2013, № 3. С. 6-10.
24. Б. Г. Киселев, Л. В. Кожитов, Д. Г. Муратов, А. В. Савкина, А. В. Попкова. Техно-экономическое обоснование производства нанокмозита FeCo/C и оценка рыночной стоимости технологии//Цветные металлы, 2014, №3. С. 6-9.
25. Б. Г. Киселев, В. В. Козлов, Д. Г. Муратов, О. В. Малахова. Технология производства нанокмозита Cu/C: техно-экономическое обоснование и определение рыночной стоимости//Цветные металлы. 2014, № 3. С. 6-10.
26. Л. В. Кожитов, Д. Г. Муратов, Б. Г. Киселев, Е. В. Якушко. Исследование влияния каталитического слоя металла на морфологию углеродных нанотрубок, получение методом PE-CVD//Цветные металлы, 2014, № 11. С. 78-82.

#### **The role of university cross-functional teams in the formation of competencies of graduates and commercialization intellectual property in the field of nanoindustry**

**L. V. Kozhitov**, doctor of technical sciences, professor, NUST «MISIS».

**S. G. Emelyanov**, doctor of physics and mathematics, professor, rector of «Southwest state university».

**V. G. Kostishin**, doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of department «Technology of electronics materials» NUST «MISIS».

**A. V. Popkova**, PhD, leading engineer, Tver state university.

The general competences of graduates of universities of Russia and the European Community are considered and singled out. Factors affecting the success of the formation of the cross-functional team of the university are considered. The experience of the formation and activity of the cross-functional team in the scientific direction «Development of new carbon nanocrystalline materials and metal-polymeric nanocomposites under the action of IR heating» in NITU «MISIS» is considered. Specific features of the cross-functional team in the nanoindustry are highlighted. The composition of the team and the interaction between the members of the cross-functional team, the main results of the team's activities and the prospects for its development are considered.

**Keywords:** nanoindustry, cross-functional team, graduates' competencies, commercialization, nanomaterials, feasibility study of technology, estimation of market value of nanotechnology.