

Опыт реализации проектно-ориентированного курса по направлению «Материаловедение» в инженерном вузе

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
Н.В. Шатрова, М.Е. Травянова, А.И. Воронин, А.Г. Юдин, Д.В. Кузнецов

В статье представлен опыт внедрения проектно-ориентированного курса в НИТУ «МИСиС» в 2013-2014 учебном году на основе традиционного курса «Физико-химия наночастиц и наноматериалов», который читается кафедрой Функциональных наносистем и высокотемпературных материалов с 2008 года. Подробно рассматривается необходимость введения подобных междисциплинарных образовательных проектов, организация учебного процесса, средства контроля, коммуникации и обратной связи, а также возникающие проблемы и пути их решения.

Ключевые слова: проектно-ориентированное обучение, командная работа, групповые проекты, инженерное образование, материаловедение, наноматериалы.

Key words: project-based learning, teamwork, group projects, workshop, engineering, materials science, nanomaterials.

Введение

Роль инженера в промышленности и обществе сегодня кардинально изменилась. Технологические потребности глобальной экономики знаний резко меняют характер инженерного образования, требуя, чтобы современный инженер владел гораздо более широким спектром ключевых компетенций, чем освоение узкоспециализированных научно-технических и инженерных дисциплин. Дополнительные факторы, которые влияют на изменения формата инженерного образования – необходимость повышения привлекательности инженерных профессий; повышение потребности в научных кадрах, способных транслировать инновации на реальное производство; необходимость развития компетенций, позволяющих быстро адаптироваться к динамично меняющимся условиям деятельности и приоритетам современной экономики.

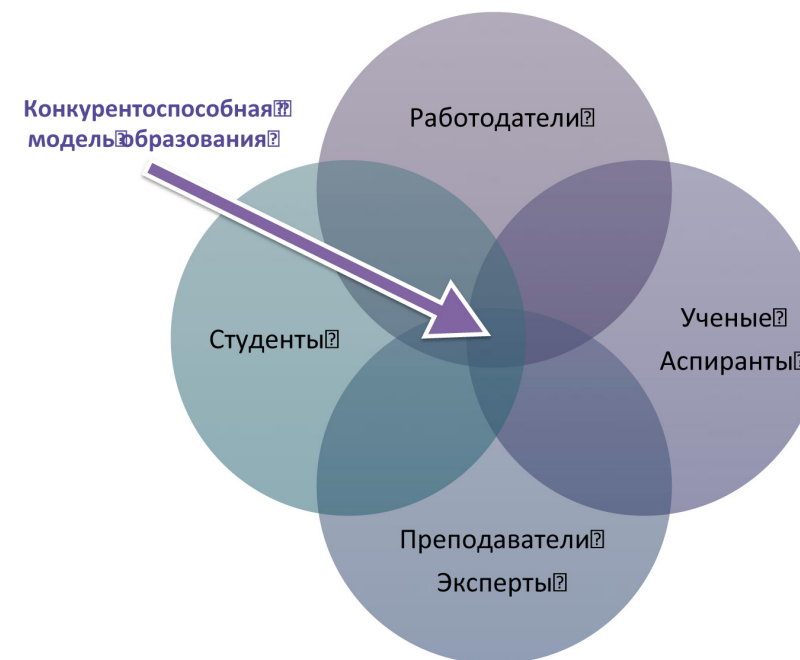
В связи с этим подготовка современного инженера (как и любого современ-

ного квалифицированного специалиста) требует создания условий, максимально приближенных к современным условиям работы, включающих быстрое обновление информации и необходимость ее критического осмысления, активное использование информационных технологий и различных гаджетов, новые условия: открытые рабочие пространства, большая доля проектной работы [1]. В качестве подтверждения можно привести исследование Лаборатории инноваций Гарвардского университета (Harvard innovation lab): с нашего рабочего за последние 35 лет исчезло большинство предметов и все необходимые инструменты для работы теперь собраны на рабочем столе (экране) персонального компьютера. В настоящее время требуется полномасштабное изменение культуры преподавания, начиная с использования других образовательных форматов и постановки комплексных задач перед обучающимися и заканчивая организацией легко трансформируемого образовательного пространства.

Одной из важных задач, над которой работает Международный проект CDIOInitiative является установление консенсуса между теорией и практикой

в инженерном образовании [2].

Решение этих задач требует вовлечения в процесс обучения всех заинтересованных сторон.



Многие существующие университеты, понимая необходимость формирования конкурентоспособной модели образования, начинают процесс изменений с подготовки отдельных курсов в рамках существующих образовательных программ. Методы производства, исследования свойств и направления использования новых материалов традиционно считаются одним из наиболее сильных направлений подготовки студентов в одном из крупнейших инженерных вузов страны – Национальном исследовательском технологическом университете НИТУ «МИСиС». В 2013-2014 учебном году традиционный курс «Физико-химия наночастиц и наноматериалов», который читается кафедрой «Функциональные наносистемы и высокотемпературные материалы» с 2008 года, был переведен

в формат проектно-ориентированного обучения. Преподавателями курса была поставлена задача достижения требуемых компетенций посредством приобретения студентами необходимых навыков и знаний через решение практико-ориентированных задач и выполнение командных проектов.

В соответствии с рабочей программой курса его целью является изучение классификации наноматериалов и методов исследования физикохимических свойств, анализ влияния методов получения и способов модифицирования функциональных характеристик различных наноразмерных систем.

К числу формируемых в рамках курса компетенций отнесены:

- знание технических сторон получения различных материалов;



Н.В. Шатрова



М.Е. Травянова



А.И. Воронин



А.Г. Юдин



Д.В. Кузнецов

- умение организовать выполнение конкретного порученного этапа работы, организовать работу малого коллектива, рабочей группы и анализировать данные получаемые в процессе производства;
- владеть навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии, навыками самостоятельной работы, самоорганизации и организации выполнения поручений и навыками обработки технических данных физико-химических процессов.

При изменении формата обучения преподаватели курса руководствовались опытом, полученным в процессе сотрудничества с Olin College (Инженерным колледжем имени Франклина Олина), Бостон, США (Franklin W. Olin College of Engineering). Данный колледж является уникальным для системы образования США. Колледж не только активно развивает собственную парадигму инженерного образования [3-8], но и активно делится своими технологиями. В данной статье описаны основные преимущества и трудности использования проектного подхода в российском инженерном вузе.

Проектно-ориентированное обучение в Olin College

Одной из основных целей использования проектного подхода в обучении молодых инженеров и исследователей является развитие важнейших социальных навыков – самообразования, командной работы, адаптируемости к новым условиям, критического мышления. Olin College позиционирует себя, как место получения инновационного инженерного образования. Колледж готовит инженеров, которые:

- ориентируются на потребности клиентов при проектировании инженерных продуктов/систем;
- используют креативное мышление при проектировании инженерных продуктов/систем;

- знают, как планировать создание продукта, финансировать и продвигать продукт.

Колледж открыл свои двери для первых студентов в 2002 г. Близкое соседство с рядом ведущих вузов США, расположенных в Бостоне, не помешало колледжу стать конкурентоспособным в области инженерного образования. В настоящее время более 350 студентов проходят обучения по следующим программам:

- инжиниринг (проектирование),
- электронные и вычислительные системы,
- машиностроение.

Специализации студентов: биоинжиниринг, компьютерные технологии, материаловедение и инженерные системы. Бакалаврские программы Olin College занимали шестое (Engineering) и девятое (Electrical/Electronic/Communications) места в рейтинге лучших программ в США. Колледж разрабатывает и применяет наиболее передовые методы образовательного процесса и стремится быть «примером для подражания» для других учреждений высшего профессионального обучения. основополагающие принципы образовательного процесса колледжа – междисциплинарность, проектно-ориентированные методы обучения, командная работа, коммуникация, практический инжиниринг и непрерывность процесса образования в течение жизни (lifelong learning).

Опыт реализации проектно-ориентированного подхода в НИТУ «МИСиС»

Обозначенные выше принципы были взяты за основу при разработке проектно-ориентированного курса в НИТУ «МИСиС». В качестве основы для реализации проекта был выбран курс «Физикохимия наночастиц и наноматериалов». Данный курс входит в траекторию

подготовки бакалавров по направлению «Наноматериалы» и читается с 2008 года преподавателями кафедры «Функциональные наносистемы и высокотемпературные материалы». Выбор данного курса обусловлен следующими причинами:

- данный курс рассчитан на студентов четвертого года обучения, а следовательно, студенты уже прослушали ряд дисциплин, позволяющих им самостоятельно заниматься исследовательской деятельностью, анализировать полученные данные и предлагать новые решения инженерных задач;
- кафедра располагает оборудованием, доступным для использования студентами и техническим персоналом (аспиранты), способным эффективно курировать студенческие проекты в рамках курса;
- выпускники кафедры традиционно ориентированы на работу в научной сфере – около 40 % из них продолжают обучение в магистратуре или аспирантуре в РФ или за рубежом и активно занимаются наукой. Около трети выпускников работают по специальности в исследовательских лабораториях крупных коммерческих и государственных компаний, что вынуждает молодых специалистов самосовершенствоваться и активно использовать навыки самостоятельной работы.

Принцип междисциплинарности реализуется посредством максимально возможного использования имеющихся разнородных профессиональных компетенций при решении комплексных проектов прикладного характера. Приобретенные навыки практического инжиниринга, командной работы и поддержания коммуникаций, а также необходимость приобретения навыков самостоятельного научного исследования, нашли отражение в самостоятельно

реализованных студенческих проектах. Важными способами осуществления коммуникаций в рамках курса являются также систематическое общение со студентами посредством социальных сетей и электронной рассылки, сбор обратной связи от студентов для своевременной корректировки процесса обучения, периодические презентации, подготовленные студентами в ходе работы над проектами. Результаты лучших проектов презентуются в рамках проводимого в конце каждого семестра семинара «Новые образовательные технологии», на который традиционно приглашаются все студенты и преподаватели МИСиС, надо отметить, что многие студенты предпочитают готовить презентации на английском языке, осознавая необходимость скорой интеграции в мировое научное сообщество.

Участниками проекта в 2013 году стали 40 студентов, 4 преподавателя, активно привлекались лекторы (как ученые, так и бизнесмены) и внешние эксперты.

К началу первого семестра проектного курса студентами были освоены следующие дисциплины: математика, химия (органическая, неорганическая и коллоидная), экология, биология, молекулярная статистика и кинетика, теория вероятностей, методы математической физики, квантовая механика, инженерная и компьютерная графика, электротехника и электроника, безопасность жизнедеятельности, основы технологии материалов, физика конденсированного состояния, физико-химия наноструктурированных материалов, методы математического моделирования, фазовые превращения и структурообразование, физика прочности, микропроцессоры. К началу второго семестра к ним добавились: квантовая и оптическая электроника, физика прочности и курсы по выбору (в зависимости от специализации): методы физико-химических исследований процессов и материалов, электрохимия нанокристаллических материалов, диф-

фузия в наноматериалах, диссипативные наноструктуры, методы теории электронной структуры твердых тел: неупорядоченные твердые растворы.

Организационный и методический аспекты работы преподавателей в рамках выбранной образовательной модели и формируемой новой культуры стали более сложными, но интересными и насыщенными. Методический процесс теперь включает регулярные собрания преподавателей курса, использование техники мозговых штурмов, постоянный анализ анонимной обратной связи со студентами, тесное взаимодействие с пулом потенциальных работодателей, рассмотрение актуальных научных проблем и последних тенденций в обучении.

Двухсеместровый учебный курс включает в себя четыре типа полноценных студенческих проектов: «Несерьезное исследование», «Инициативный исследовательский проект», «Исследовательский проект по профилирующим тематикам», «Лекция для коллег».

Целью проекта «Несерьезное исследование» было знакомство студентов с принципами работы и приобретение навыков работы на различных типах научного исследовательского оборудования. Для этого поток студентов делился случайным, что важно, образом на восемь команд по пять человек. Студентам предлагалось ознакомиться с принципом действия полученного прибора и на основании теоретических данных выбрать соответствующий материал для исследования, поставив адекватную и интересную цель исследования. Игровой элемент обучения заключался в необходимости выбора предмета исследования из числа объектов сферы нашей повседневной жизни.

Примеры целей и названий «несерьезных» проектов студенческих команд представлены в табл. 1, а на рис. 1 даны выдержки из подготовленных ими презентаций.

Для реализации следующего этапа – инициативного исследовательского проекта – студентам были предложены несколько обобщенных направлений исследований: энергоэффективность, нанобиотехнологии, нанобезопасность, функциональные наноматериалы. Предварительно самостоятельно разделившись на группы студенты предложили следующую тематику проектов:

1. Модифицированные бетоны.
2. Антигололедные покрытия.
3. Удобрения для растений на основе нанопорошков.
4. Токсичность наноматериалов.
5. Водоотталкивающий спрей.
6. Токопроводящие полимеры.
7. Дорожные покрытия.

Выбранная нами концепция подразумевала, что процесс обучения должен максимально правдоподобно воспроизводить реальные условия деятельности современного инженера. Поэтому изначально к проектам были выдвинуты требования об обязательном применении результатов новейших исследований на основе анализа зарубежной научной литературы с высоким индексом цитирования.

Результаты инициативных проектов докладывались в рамках упомянутого открытого семинара, путем голосования приглашенные эксперты определили три лучшие команды.

По итогам первого семестра в рамках онлайн-форматов анонимной обратной связи, студенты отмечали, что «приобретенные знания и навыки актуальны и полезны», удалось «самореализоваться» и «проявить инициативу», «почувствовать себя исследователями», получить навыки работы на «настоящем научном оборудовании», представить собственные проекты перед «серьезной аудиторией», и при этом «впервые на английском языке».

Темы проектов следующего семестра коррелировали с учетом тем индивидуальных курсовых исследовательских ра-

Таблица 1. Примеры «несерьезных» проектов студентов с использованием исследовательского оборудования

Аналитический прибор	Цель исследования, сформулированная группой
Морфология и общий вид частиц Hitachi TM 1000	Исследование поверхности интегральных схем, применяемых в микропроцессорной электронике с целью обнаружения дефектов
Анализ распределения частиц по размерам FRITSCH Analysette 22	Проведение гранулометрического анализа разных марок зубных паст на ANALYSETTE 22 NanoТес с целью определения их абразивных свойств
ИК – Фурье анализаторе Nicolet 380	Сравнение двух марок газированной воды с определением более безопасного для здоровья напитка (соответствие с составом)
Определение фазового состава Дифрей 401	Определение подлинности золотых изделий, а именно качественный и количественный рентгено-структурный анализ
Микротвердомер	Узнать, смогут ли челюсти обычного человека прокусить ложку и попутно определить, какой вред это нанесет здоровью зубов обычного человека
Прибор для исследования краевого угла смачивания KRUSS DSA20	Сравнение трех стекол: с гидрофобным покрытием, с парафиновым покрытием и без покрытия (водоотталкивающие свойства)
Измерение поверхностной энергии и анализ частиц Accusorb 2100	Получение и последующее сравнение данных об удельной поверхности разных видов муки. После получения данных можно судить о качестве и цели назначения определенной марки муки из числа выбранных для эксперимента
Ротационный вискозиметр Lamy Rheology RM100	Измерение вязкости майонеза разных производителей с целью выявления наиболее качественного продукта (влияние добавок на вязкость)

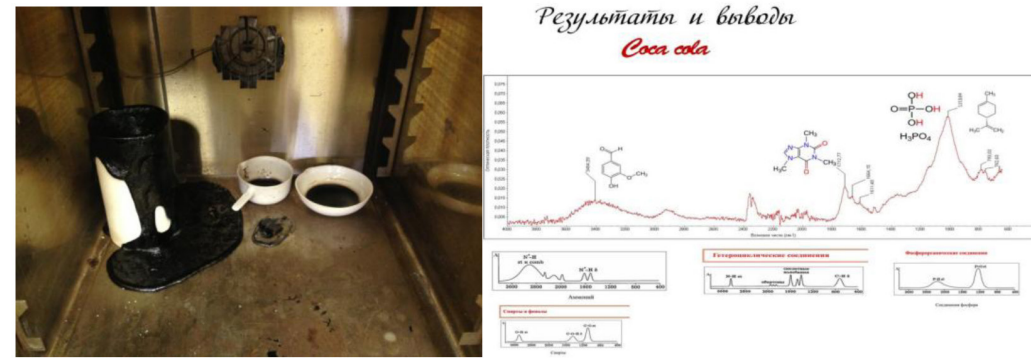
бот студентов. Студентам предлагалось объединиться в группы, выбрав темы, которые бы позволяли извлечь для каждого студента максимум полезной информации и получить опыт для своего дальнейшего курсового исследования (дипломного проекта).

Были сформулированы следующие темы, реализованные в формате группо-

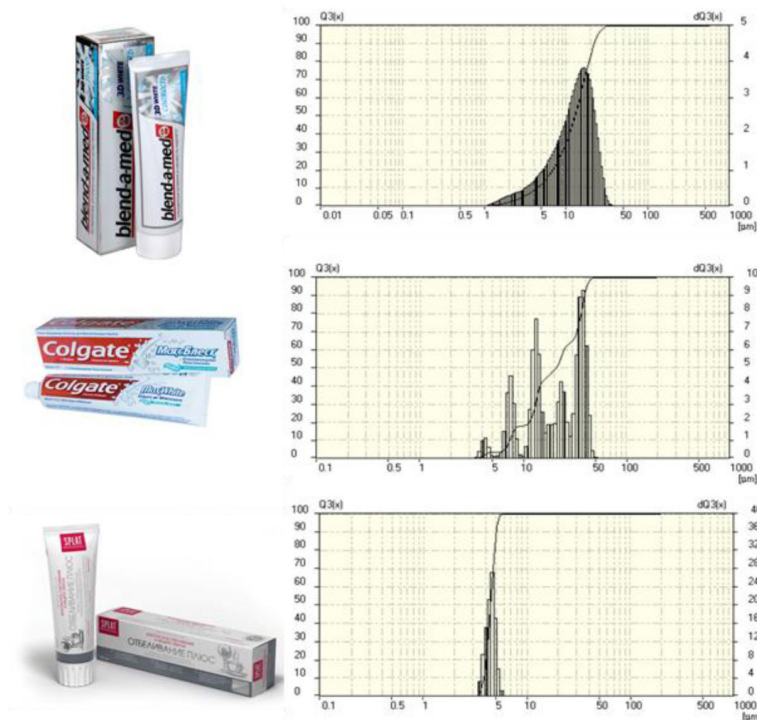
вых проектов «Исследовательский проект по профилирующим тематикам»:

1. Микроструктура и деформационные характеристики пленок и композитов из высокомолекулярного полиэтилена.
2. Биосовместимые импланты на основе титана.
3. Металлизированные обои.

Рис. 1. Прогноз распространения инновационных продуктов и технологий в области энергоэффективности и энергосбережения



а. ИК – Фурье анализатор Nicolet 380



б. Лазерный дифракционный анализатор распределения частиц по размерам FRITSCH Analysette 22

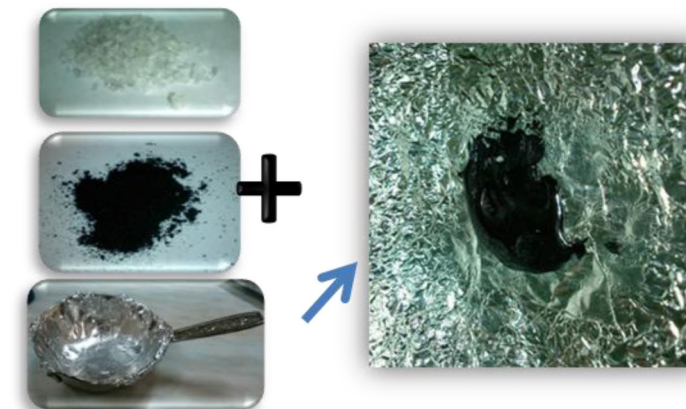
Рис. 2. Выдержки из презентаций «инициативных исследований»



а. Влияние удобрений на основе нанопорошков на растения



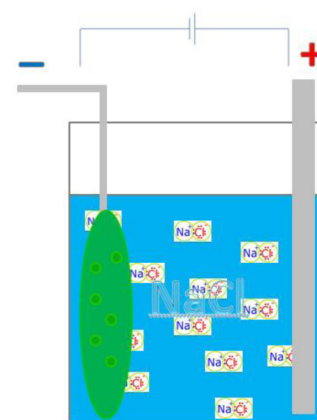
б. Анализ водоотталкивающих свойств



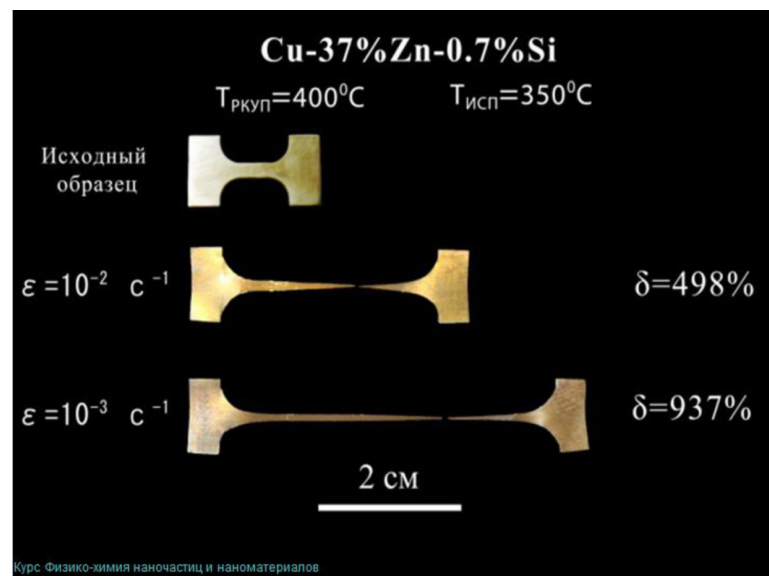
в. Разработка токопроводящего полимера

4. Управление уровнем инсоляции земной поверхности с использованием полупроводниковых наночастиц.
5. Наноструктурированные циркониевые сплавы, объемные наноматериалы.
6. Сверхпластичные латуни.
7. Получение сплава железа и бора высокой чистоты для производства мощных магнитов типа Nd-Fe-B.
8. Функциональные покрытия на основе нанопорошка кобальта.
9. Использование электрофореза для ускоренной засолки овощей.

Рис. 3. Выдержки из презентаций второго семестра в формате «Исследовательский проект по профилирующим тематикам»

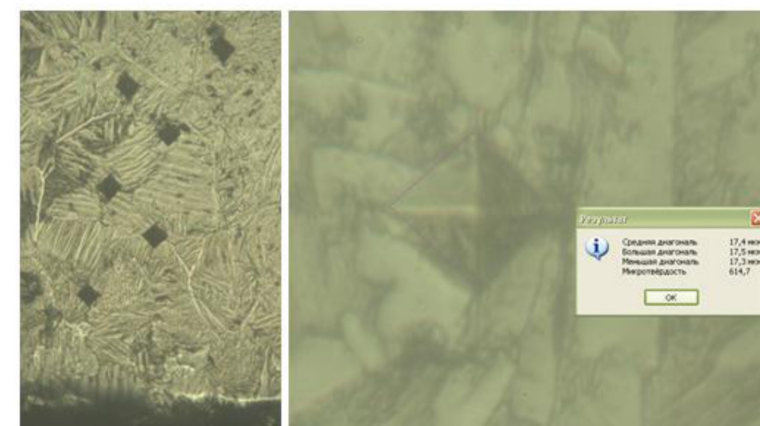


а. Использование электрофореза для ускоренной засолки овощей



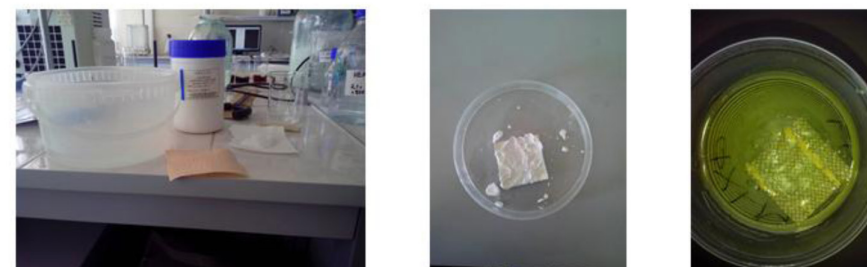
б. сверхпластичные латуни

Microhardness measurments



в. Наноструктурированные циркониевые сплавы, объемные наноматериалы

Chemical deposition



г. Металлизированные обои

С целью совершенствования навыков проведения презентаций результаты работ были представлены на открытом семинаре кафедры и профильных лабораторий. Доклады осуществлялись преимущественно на английском языке, по итогам эксперты выделили три лучшие команды.

Важным практическим результатом реализации проектно-ориентированного подхода в обучении стало активное участие части студентов курса в апреле 2014 года во «взрослом» научном мероприятии – конкурсе «УМНИК» Фонда Бортника (www.fasie.ru) (формат «Лек-

ция для коллег»). Несмотря на то, что ни один из представленных проектов не попал в число призовых как участники, так и «болельщики» получили навыки представления результатов своих научных работ на настоящем научном мероприятии и опыт взаимодействия с внешними независимыми экспертами. В следующем отборе по программе «УМНИК», который состоялся в октябре 2014 года, один из участников курса стал победителем с проектом, который был реализован в рамках проектно-ориентированного курса.

Для дополнительного анализа достигнутого уровня знаний в конце курса был проведен устный экзамен, включавший стандартные вопросы «классического» учебного курса, результаты которого показали хороший уровень освоения материала и полученных компетенций. При этом можно отметить следующие преимущества проектного подхода: в ходе двухсеместрового курса студенты получили насыщенный опыт командной работы и самостоятельной постановки задач, умение анализировать техническую проблему с использованием современных инструментов и проводить оценку ее научной актуальности и экономической целесообразности. С точки зрения инженерных навыков не менее важны опыт работы с реальным аналитическим оборудованием, осознанный выбор метода научного исследования для эффективного решения поставленной задачи, навыки подготовки образцов с использованием лабораторного оборудования. К числу важных приобретаемых профессиональных и социальных компетенций нужно отнести умение проводить самостоятельные исследования с применением полученных ранее различных знаний и умений, анализировать разнородные данные и представлять их целевой аудитории.

В контексте требуемой корректировки методик преподавания представляется необходимым усиление качественного и количественного взаимодействия со студентами, в том числе с использованием современных средств коммуникаций. Коммуникации со студентами в течении

всего проектно-ориентированного курса осуществлялись при помощи таких ресурсов как социальные сети Facebook и Vkontakte/Вконтакте, системы работы с проектами Tactise, рассылки и заполнение анкет с помощью Google groups инструментов Google и других. Расширение качества коммуникаций, конечно выражалось и в увеличении степени удельной загрузки преподавателей.

К числу отмечаемых нами трудностей при реализации проектного подхода можно отнести дефицит мотивации у части студентов, хотя большинство будущих инженеров принимает новый формат с энтузиазмом. У ряда студентов наблюдались некоторые сложности с организацией групповой работы в часы самостоятельной подготовки, несмотря на то, что для них были предусмотрены помещения для работы и необходимые технические средства. Сложной задачей также является согласование учебного графика студентов и кадрового обеспечения загрузки сложного исследовательского оборудования, что указывает на потребность в более широком использовании в учебном процессе виртуальных лабораторий – симуляторов оборудования.

Несмотря на отмеченные трудности, в условиях постоянного ускорения динамики развития постиндустриального общества, распространение проектного принципа обучения на все более широкий спектр образовательных траекторий будущих инженеров и ученых представляется эффективным и своевременным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современное инженерное образование [Электронный ресурс]: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» / А.И. Боровков [и др.]. – СПб., 2012. – Вып.2. – 79 с. – URL: http://csr-nw.ru/upload/file_content_1242.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 18.11.2014).
2. Miller Richard K. Beyond Technology [Electronic resource]: Preparing Engineering Innovators Who Don't See Boundaries / Richard K. Miller. – [Needham, 2010]. – 9 p. – (Archived speeches and writings / Olin College of Eng.; May, 2010). – URL: http://www.olin.edu/sites/default/files/beyond_technology_-_may_2010.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 19.11.2014).
3. Чучалин, А.И. Международные стандарты CDIO в образовательном стандарте ТПУ [Электронный ресурс]. – [Б. м., б. г.]. – URL: http://edu.sfu-kras.ru/sites/edu.sfu-kras.ru/files/Mezhdunarodnye_standarty_CDIO_v_obrazovatelnom_standarte_TPU.pdf, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 18.11.2014).
4. Kerns, S.E. Designing from a Blank Slate – The Development of the Initial Olin College curriculum [Electronic resource] (with grateful acknowledgement of the Olin College Faculty) / S.E. Kerns, R.K. Miller, D.V. Kerns. – [Needham, 2004]. – 9 p. – (Archived speeches and writings / Olin College of Eng.). – URL: http://www.olin.edu/sites/default/files/designing_from_blank_slate.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 19.11.2014).
5. Canfield, C. Achievement Goal Theory: A Framework for Implementing Group Work and Open-Ended Problem Solving [Electronic resource] / C. Canfield, E.V. Zastavker // 2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE-2010), 27-30 Oct. 2010, Arlington, USA : Proc. – [s. l., s. a.]. – P. S1C-1–S1C-7. – Access from IEEE Xplore Digital Library. – doi: 10.1109/FIE.2010.5673359.
6. Miller, R.K. Why So Many Nations Are Fused on Educating Engineering Innovators Today [Electronic resource] / R.K. Miller, J. Salmi. – [Needham, 2013]. – 15 p. – (Archived speeches and writings / Olin College of Eng.; Oct., 2013). – URL: http://www.olin.edu/sites/default/files/wp_why_so_many_nations_are_focused_on_educating_engineering_innovators_today.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 19.11.2014).
7. Miller, R.K. The Challenge of Spreading Innovation in Teaching and Learning [Electronic resource] : Why Is It So Hard and What Can Be Done About It? / R.K. Miller. – [Needham, 2011]. – 13 p. – (Archived speeches and writings / Olin College of Eng.; Nov., 2011). – URL: http://www.olin.edu/sites/default/files/the_challenge_of_spreading_innovation_-_nov_2011.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 19.11.2014).
8. Grasso D. What Does It Mean to Think Like an Engineer—Today? [Electronic resource] / D. Grasso, R.K. Miller. – [Needham, 2012]. – 12 p. – (Archived speeches and writings / Olin College of Eng.; Oct., 2012). – URL: http://www.olin.edu/sites/default/files/what_does_it_mean_to_think_like_an_engineer-today_oct_2012_final_with_summary_of_interviews.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 19.11.2014).