

RU

Трансдисциплинарная инженерная подготовка магистрантов по направлению биоинженерии в федеральном университете

Гузанов Б. Н., Баранова А. А., Бажукова И. Н.

Аннотация. Цель исследования - спроектировать программу обучения магистрантов инженерного профиля по направлению биоинженерии, основанную на принципах транспрофессионализма и социального партнерства. В статье представлены содержание, методологические основы и образовательные технологии, позволяющие сформировать профильно-специализированные компетенции в области ядерной медицины у будущих выпускников в специально организованной практико-ориентированной образовательной среде вуза путем интеграции производства в учебный процесс. Научная новизна заключается в разработке концепции и построении модели образовательного профиля в предметной области ядерной медицины в рамках магистерской программы по направлению «Биотехнические системы и технологии». В результате показано, что разработанный профиль «Технология ядерной медицины» как система детерминирован посредством освоения нескольких учебных модулей, которые взаимосвязаны между собой на основе трансдисциплинарного подхода, что способствует развитию у магистрантов навыков инновационной деятельности. Положительная апробация указанной программы в реальном учебном процессе в течении пяти лет начиная с 2017 г. обусловила создание в структуре федерального университета научно-образовательного кластера, где ключевая роль в обучении отводится студенческим междисциплинарным проектам, которые выполняются на выпускающей кафедре совместно с Циклотронным центром ядерной медицины Уральского федерального университета.

EN

Transdisciplinary Engineering Training of Master's Students in Bioengineering at a Federal University

Guzanov B. N., Baranova A. A., Bazhukova I. N.

Abstract. The purpose of the study is to design a training programme for master's students of the engineering specialisation pursuing a degree in bioengineering, based on the principles of transprofessionalism and social partnership. The paper presents the content, methodological foundations and educational technologies that make it possible to form specialisation competencies in the field of nuclear medicine in future graduates in a specially organised practice-oriented educational environment of a university by integrating production into the educational process. Scientific novelty lies in developing a concept and constructing a model for an educational programme specialisation in the subject area of nuclear medicine within the master's programme in "Biotechnical Systems and Technologies". As a result, it has been shown that the developed educational programme specialisation "Nuclear Medicine Technology" as a system is determined by means of mastering several training modules interconnected on the basis of a transdisciplinary approach, which contributes to the development of students' innovation skills. The successful trial of the programme, which has been taking place in the real educational process for five years since 2017, has led to the creation of a scientific and educational cluster in the structure of a federal university, where a key role in training is assigned to students' interdisciplinary projects that are carried out at the graduate department together with the Cyclotron Center for Nuclear Medicine of the Ural Federal University.

Введение

Современный этап экономического развития постиндустриального общества отличается реализацией принципиально новой концепции структурных преобразований в сфере промышленного производства, направленной на внедрение в практическую деятельность новых наукоемких инновационных технологий. Все это неизбежно влечет за собой потребность в целевой подготовке квалифицированных кадров, способных создавать и осваивать высокотехнологичную продукцию на основе последних достижений науки и техники.

Как следствие, возникла принципиальная необходимость значительных качественных преобразований в системе высшего инженерного образования на основе создания специально разработанных трансдисциплинарных обучающих программ, способствующих эффективной интеграции научных исследований в практику общетехнической и специальной подготовки студентов. В то же время в российских университетах отмечается существенный разрыв между научными исследованиями и внедрением их достижений в реальный сектор экономики из-за низкой эффективности взаимосвязи образования, науки и бизнеса.

Как показано в работе И. И. Шолиной и соавторов (Шолина, Банникова, Боронина и др., 2016), таксономический анализ процесса подготовки инженерных кадров выявил серьезные противоречия между традиционными формами образования и реальной инженерной деятельностью. В результате выпускники инженерных факультетов часто не понимают фундаментальных процессов, на основе которых функционирует современное наукоемкое оборудование. В связи с этим в структуре вузов РФ с целью активизации их взаимодействия с работодателями региона развивается сотрудничество университетов и организаций различной направленности в сфере новых знаний и технологий. Так, в рамках государственной программы «Развитие образования» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации № 1642 от 26 декабря 2017 г.) было принято решение о создании новых научно-исследовательских университетов и федеральных вузов как интегрированных структур, совмещающих в себе образовательную и инновационную деятельность. Подобные структурные изменения можно рассматривать как важный этап модернизации российской высшей школы при переходе на инновационную модель образования.

В качестве особенностей инновационной модели высшего образования, построенной на интеграции науки, образования и производства, разработчики выделяют необходимость включения студентов в соответствующие практики и проекты в условиях тесного сотрудничества с реальным сектором экономики путем создания специализированных инновационных предприятий. Для этого необходима разработка и реализация трансдисциплинарных образовательных программ, в основу которых следует закладывать соответствующие принципы и педагогические условия, стимулирующие интерес к производственно-технологической деятельности, повышающие мотивацию обучающихся к освоению сложных инженерных дисциплин.

Рассматривая развитие инженерной подготовки магистров с учетом всех требований в качестве способа решения социальных и экономических проблем между вузом, работодателем и государством, важно выделить такой ресурс, как социальное партнерство. Подобное взаимодействие между образовательными учреждениями и субъектами инновационной деятельности воспринимается как важнейший инструмент влияния на формирование высокого уровня образовательной, научно-исследовательской, практической и международной активности всех участников процесса.

Таким образом, актуальной является разработка практико-ориентированной инновационной образовательной программы, основанной на принципах транспрофессионализма и реализуемой в условиях социального партнерства, для подготовки магистрантов инженерного профиля по направлению биоинженерии.

Задачи исследования:

- раскрыть подходы и передовые методы обучения, применяемые в современных инженерных программах российских и зарубежных вузов;
- представить трансдисциплинарную практико-ориентированную магистерскую программу по направлению «Биотехнические системы и технологии» с профилем «Технология ядерной медицины».

Теоретической базой исследования послужили работы исследователей: S. K. Gilmartin (Gilmartin, Strand, Chen et al., 2016, с. 2048-2065), D. Riley (Riley, Slaton, Pawley, 2015, с. 335-356.), M. Thüerer, I. Tomašević (2018, с. 608-617), П. М. Вчерашний (Вчерашний, Гафурова, Румянцев и др., 2016, с. 15-21), М. А. Соловьев, О. М. Замятина (2013, с. 96-103), Л. В. Карасик (2018, с. 72-77), рассматривающие разнообразные подходы к разработке образовательных программ практико-ориентированного характера в высшей школе.

Методологической основой для разработки образовательной программы послужили проектный, трансдисциплинарный и контекстно-ориентированный подходы, а также принципы системного анализа, профессиональной и социальной направленности обучения и междисциплинарных связей. Анализ и оценку эффективности разработанной магистерской программы осуществляли с помощью специально разработанной системы критериев и оценочных шкал.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемые подходы и современные проектные методы обучения позволяют по-новому организовать учебную деятельность с ориентацией на практико-ориентированные занятия с использованием наукоемкой лабораторной базы университетов совместно с производственными возможностями и специальным современным оборудованием социальных партнеров.

Подходы и современные методы обучения, применяемые в практико-ориентированных программах российских и зарубежных вузов

Внесение изменений в структуре и практике подготовки инженерно-технических кадров является первоочередной задачей высшей школы и заключается в переформатировании или разработке новых образовательных программ, особенно на второй ступени уровневого обучения, в частности магистратуре. Только при таком подходе возможно удовлетворить потребности современных высокотехнологичных производств в адекватном кадровом составе, способном разрабатывать инновационные прикладные конструкторско-технологические решения, создавать на их основе новую технику и осуществлять ее опытно-промышленную эксплуатацию.

За последние годы во многих странах национальные образовательные стандарты были значительно пересмотрены с учетом передового опыта в области профессиональной подготовки, причем, как минимум, в новых программах образовательная среда должна обеспечивать реализацию таких ключевых идей обучения, как активное обучение, обучение во взаимодействии, саморегуляция (Шолина, Банникова, Боронина и др., 2016).

Самым рациональным способом реализации обучения во взаимодействии является проектное обучение, при внедрении в образовательный процесс которого студентам предоставляется возможность приумножить специальные профессиональные знания и навыки, формируемые в соответствии с действующей основной образовательной программой, в том числе и за счет участия в разработке конкретного проекта (Savery, 2015). Инновационное обучение, основанное на проектах, обязательно стимулирует развитие критического мышления обучающихся, позволяющего достоверно оценивать различные технические решения, работать в команде и, наконец, добиться качественного результата, который соответствует исходной определенной цели.

В статье М. Lehmann (2008, с. 283-295) подчеркивается, что в проектном обучении основное внимание нужно уделять так называемой модели Ольборга, парадигме проблемно-ориентированного, а не предметно-ориентированного подхода, чтобы создать баланс между возникновением проблемы (или ее выявлением) и ее инновационным решением. Следует отметить, что в данном подходе просто необходимо включение в обучение дизайн-мышления, которое утвердилось в качестве набора методов во многих случаях как ориентированный на человека способ решения сложных, плохо структурированных проблем, что подчеркивает важность понимания проблемы, ее контекста, а также интересов различных сторон перед генерированием идей и принятием решений (Thürer, Tomašević, 2018, с. 608-617).

Обучающая среда, поддерживающая контекстно-прикладной подход к проектному обучению, является фундаментом инновационной деятельности, а методы активного обучения имеют профессиональную направленность только тогда, когда студенты моделируют случаи из реальной инженерной практики, то есть проектируют и создают изделия, анализируют и решают конкретные практические задачи (Christie, De Graaff, 2017, с. 5-16). Метод активного обучения в инженерном образовании реализуется уже более 20 лет, и на сегодняшний день на базе ряда зарубежных университетов была сформирована неформальная сеть преподавателей ALE «Активное обучение в инженерном образовании», предназначенная для активизации обучения студентов инженерных специальностей (Lima, Andersson, Saalman, 2017, с. 1-4).

При подготовке в высшей школе технических специалистов нового типа весьма конструктивно рассматривается вопрос о целесообразности применения принципа трансдисциплинарности при проектировании содержания учебных дисциплин. Трансдисциплинарное обучение в технических вузах помогает будущим инженерам расширить круг их компетенций, приобрести необходимые профессиональные качества и навыки, а также реализоваться в профессиональном пространстве как специалистам в своей области и повысить свою конкурентоспособность. Данный инновационный подход особенно актуален для новых современных направлений подготовки, сформировавшихся в последнее время (Зеер, Сыманюк, Бердникова и др., 2019, с. 27-35).

Весьма важным, доминирующим аспектом, учет которого в настоящее время считается обязательным в сфере образования, является разностороннее развитие будущих специалистов, причем гармонизировать подготовку необходимо таким образом, чтобы в процессе своего профессионального роста они уделяли внимание не только технической составляющей образования, но и социальной, имеющей большое значение как для самого студента, так и для общества в целом. Однако отмечается, что студенты инженерных специальностей обычно сосредотачиваются на целевых технико-технологических достижениях в своих проектных заданиях, а социальные последствия таких разработок обсуждаются редко, то есть им практически не интересны социальные аспекты технических знаний (Leydens, Lucena, 2017; Celik, Kirjavainen, Björklund, 2020).

На уровне магистратуры в основные профессиональные образовательные программы включают специальные модули, предполагающие освоение обучающимися задач, решение которых осуществляется в ходе конкретной производственной деятельности (Stewart, 2011). В этом случае магистранты, участвующие в качестве исполнителей в практико-ориентированных разработках для конкретных компаний, становятся полноправными членами комплексной рабочей группы, где помимо приобретения дополнительных профессиональных навыков осуществляется формирование социально значимых личностных качеств студентов (Blind, 2012, с. 1-40).

Данный образовательный подход предполагает формирование производственного опыта, который выходит за рамки лекционно-аудиторных занятий, стимулирует дальнейшие исследования, мотивирует профессиональное развитие студентов. Подобное многогранное и нетрадиционное взаимодействие с отраслевыми партнерами обеспечивает внедрение новой и многообещающей модели инженерных программ в вузах, что положительно влияет на мотивацию студентов в приобретении навыков, полезных для дальнейшей профессиональной деятельности и весьма востребованных работодателем на рынке труда (Гузанов, Тарасюк, Башкова, 2016, с. 239-245).

Похожие результаты были получены в исследовании, проведенном J. Rodríguez (2015, с. 1319-1330), в котором рассмотрено применение проектного подхода в подготовке магистрантов в области космического приборостроения. В данном исследовании группа обучающихся проводила весь цикл работ по осуществлению космической программы запуска шаттла, что позволило развить у них определенные предпринимательские навыки, улучшить восприятие учебного материала и повысить удовлетворенность процессом обучения. Результатом стало приобретение студентами набора компетенций, которые в настоящее время пользуются большим спросом у компаний, а сам процесс получения образования действительно стал удовлетворять студентов в большей мере, т.к. они почувствовали реальную вовлеченность в творческую деятельность познания нового.

Весьма интересные результаты взаимодействия вузов Санкт-Петербурга с научно-производственными предприятиями города приведены в статье А. Е. Карлик и соавторов (Карлик, Широков, Платонов и др., 2016, с. 36-42),

где было показано, что для обеспечения подготовки трудовых ресурсов необходимо не только использовать информативный знаниевый подход, но и применять когнитивные технологии (упреждающее обучение), которые помогают предвидеть ситуации неопределенности в будущем для формирования стратегического плана развития науки, технологии и самого образования.

Анализ и обобщение приведенных работ позволили выявить и обозначить накопленный в педагогической практике опыт организации инженерной подготовки в современных технических университетах, а именно общие методы, подходы и принципы, предлагаемые различными авторами в качестве основы при разработке и внедрении соответствующих практико-ориентированных программ. Все это было использовано нами при проектировании концепции и построении модели инновационной образовательной программы по направлению биоинженерии для подготовки студентов инженерной магистратуры в Уральском федеральном университете имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ).

Трансдисциплинарная практико-ориентированная магистерская программа по направлению «Биотехнические системы и технологии» с профилем «Технология ядерной медицины»

Разработанная программа направлена на подготовку кадров для ядерной медицины, научные знания и технологии в которой являются результатом синергии достижений современной ядерной физики, новейших разработок в области радиохимии и радиофармацевтики, радиационной биофизики, а также общей медицинской диагностики и терапии. Данная программа представляет собой образовательный продукт, охватывающий различные аспекты предметной области ядерной медицины, начиная от технологических вопросов производства радиофармацевтических препаратов до описания биофизических механизмов их клинического применения, в том числе и рассмотрения организационно-экономических вопросов, связанных с эксплуатацией подобных высокотехнологичных комплексов.

Образовательная программа реализуется в тесном сотрудничестве с Инновационно-внедренческим «Циклотронным центром ядерной медицины» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (ИВ ЦЦЯМ). Основными особенностями программы являются ориентация на практические занятия на реальном технологическом оборудовании и применение активных методов обучения. Ключевая роль в обучении отводится студенческим проектам, которые могут быть реализованы с использованием технологической базы ИВ ЦЦЯМ.

При проектировании образовательной программы по направлению «Биотехнические системы и технологии» для формирования профессиональных компетенций в сфере ядерной медицины был разработан профиль «Технология ядерной медицины», который как система детерминирован посредством освоения нескольких модулей программы. Основная задача образовательного профиля «Технология ядерной медицины» заключается в формировании комплекса универсальных и общепрофессиональных компетенций, обеспечивающих готовность студентов инженерного профиля подготовки к деятельности в предметной области исследований, а также специальных профессиональных компетенций в области ядерной физики и технологий, радиохимии и радиофармацевтики.

Структурно-функциональная модель образовательного профиля «Технология ядерной медицины» в рамках магистерской программы по направлению «Биотехнические системы и технологии» представлена на Рисунке 1. В основу данной модели легли принципы системного анализа, трансдисциплинарности, профессиональной и социальной направленности обучения, а также проектный и проблемно-ориентированный подходы в обучении.



Рисунок 1. Структурно-функциональная модель образовательного профиля «Технология ядерной медицины» в рамках магистерской программы по направлению «Биотехнические системы и технологии»

Содержательный компонент модели включает интеграцию нескольких образовательных модулей, результаты обучения по которым используются при реализации итогового междисциплинарного проекта. Так, модуль «Актуальные вопросы биомедицинской инженерии» направлен на формирование у студентов способности представлять современную научную картину мира и выявлять естественнонаучную суть проблемы в предметной сфере биомедицинских технологий и, в частности, в области ядерной медицины. Модуль «Методология научных исследований» ориентирован на формирование у студентов способности ставить задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом исследований, разработки и проектирования в предметной сфере деятельности. Модуль «Радиационные технологии в медицине» формирует специальные профессиональные компетенции в области разработки, создания, использования и управления технологиями, связанными с ионизирующим излучением, а результатом освоения последнего модуля является подготовка междисциплинарного проекта «Производство инновационного радиофармпрепарата». Стоит отметить, что для успешного выполнения и целостного восприятия данного проекта необходимо использовать знания и навыки, полученные при изучении модулей «Актуальные вопросы биомедицинской инженерии» и «Методология научных исследований».

Выполнение междисциплинарного проекта включает следующие стадии:

- анализ текущей социально-экономической ситуации в регионе и оценка целесообразности создания инновационного продукта;
- анализ современных научных исследований и разработок в предметной сфере;
- планирование и организация создания нового продукта;
- разработка бизнес-плана проекта и оценка экономической эффективности вложенных в проект инвестиций.

Выбор темы проекта осуществляется студентами самостоятельно или совместно с руководителем проекта при обязательном условии обоснования актуальности и новизны проводимого исследования, а также реализуемости в рамках конкретных производственных условий. Таким образом, студент уже на стадии развития проекта приобщается к инновационной инженерной деятельности, включающей анализ современного состояния предметной области исследования и адаптацию выбранного решения для реальных условий производства. В дальнейшем проекты могут дорабатываться и/или модифицироваться в зависимости от социальных запросов региона или изменений условий производства. Возможными переменными параметрами для проекта становятся выбор радионуклида и/или биологической молекулы, входящих в состав радиофармпрепарата, а также выбор технологии производства препарата. Немаловажными характеристиками проекта являются его коммерческая привлекательность и инвестиционная эффективность, что представляет особый интерес для реального производства. В связи с этим процесс выполнения и реализации проектов является непрерывным и при необходимости может осуществляться несколькими командами студентов с целью доведения его до уровня внедрения.

Цели обучения и содержание модулей программы реализуются в учебном процессе с помощью педагогических образовательных технологий, в рамках которых используются современные активные методы обучения, позволяющие сформировать комплекс универсальных и профессиональных компетенций в предметной инновационной сфере деятельности. В качестве критериев оценивания проектных работ студентов рассматриваются следующие аспекты: новизна и инновационная составляющая проекта, актуальность и социальная значимость проекта, реализуемость проекта, коммерческий потенциал и инвестиционная привлекательность предлагаемой бизнес-концепции.

Схема формирования у обучающегося комплекса универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций при реализации междисциплинарного проекта «Производство инновационного радиофармпрепарата» приведена на Рисунке 2.

Апробация образовательной программы трансдисциплинарной подготовки магистрантов по направлению «Биотехнические системы и технологии», профиль «Технология ядерной медицины» и соответствующего методического подхода осуществлялись в УрФУ в течение 5 лет в период 2017-2021 гг. Результативность магистерской программы как основной критерий оценки рассматривалась по следующим объективным показателям: спрос на магистерскую программу (конкурс на место, общее число поступивших студентов, количество иностранных/контрактных студентов). В Таблице 1 приведены результаты анализа спроса на образовательную программу.

Одним из индикаторов результативности образовательной программы является количество студенческих проектов, рекомендованных к внедрению и/или опубликованию (Таблица 2). Видно, что этот показатель находится на достаточно высоком уровне, наблюдается небольшой рост, что характеризует повышение запроса студентов на практико-ориентированное обучение и, соответственно, рост вовлеченности студентов в учебный и производственный процесс и качественное выполнение поставленных задач. Среди проектов, рекомендованных к внедрению в ИВ ЦЦЯМ, можно выделить следующие: «Технологии производства радиофармпрепаратов на основе радионуклидов йода», «Технология наработки изотопа циркония для иммуно-ПЭТ», «Технология наработки изотопа меди для биоконъюгации с антителами».

Посредством выполнения производственных задач-проектов обеспечено привлечение студентов к инновационной деятельности и формирование у них готовности к самостоятельному осуществлению такого рода деятельности. Этот вывод косвенно подтверждается увеличением среднего балла студентов по итогам промежуточной аттестации. Степень трудоустройства является одним из наиболее очевидных индикаторов результативности образовательной программы. По окончании программы почти все выпускники успешно трудоустраиваются по профильному направлению (Таблица 2), что также косвенно характеризует актуальность разработанной программы.



Рисунок 2. Схема формирования у магистрантов комплекса универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций при реализации междисциплинарного проекта «Производство инновационного радиофармпрепарата»

Таблица 1. Спрос на программу трансдисциплинарной подготовки магистрантов по направлению «Биотехнические системы и технологии», профиль «Технология ядерной медицины» (престиж образовательной программы)

Результативность образовательной программы	2017	2018	2019	2020	2021	Общее число
Количество поданных заявлений	18	> 5%	> 28%	> 27%	> 50%	–
Общее количество поступивших	10	10	12	13	13	58
Конкурс на место	1,8	1,9	1,9	1,7	2,1	Ср. зн. 1,9
Количество иностранных студентов	0	0	1	1	1	3
Количество контрактных студентов	0	0	1	1	2	4

Индикатор результативности, характеризующий формирование у выпускников навыков, необходимых для выполнения различного рода задач, является важным параметром для оценки эффективности образовательной программы. Результаты анализа уровня сформированности компетенций показывают, что студенты формируют как профессиональные компетенции (hard skills), отвечающие за умения действовать в своей профессиональной области, так и надпрофессиональные компетенции (soft skills), непосредственно связанные с развитием личностных качеств в современном мире, что в полной мере отражает запросы и характеризует удовлетворенность студентов рассматриваемой программой.

В рамках настоящей работы проведена репрезентативная выборка испытуемых, которую составили 58 студентов из 5 наборов рассматриваемого периода времени. Количество студентов, принимавших участие в исследовании, соответствовало контрольным цифрам приема в университет по данной магистерской программе. Анализ и оценку эффективности разработанной магистерской программы осуществляли с помощью следующих показателей: количество студенческих проектов, рекомендованных к внедрению и/или опубликованию, значение среднего балла студентов по итогам промежуточной аттестации, степень трудоустройства выпускников программы по профильному направлению, а также уровень сформированности профессиональных и надпрофессиональных компетенций. Большинство из этих показателей измеряемы и доступны с помощью электронных систем учета университета.

Кроме того, релевантность программы должна характеризоваться наличием партнеров (как среди работодателей, так и научно-образовательных организаций), участвующих в организации учебного процесса и являющихся потенциальными будущими работодателями для обучающихся. Результаты анализа опроса работодателей демонстрируют, что с точки зрения формирования предметно-профессиональных компетенций разработанная образовательная программа соответствует запросам определенного сектора экономики, в частности того, к которому относится ядерная медицина.

В качестве экспертов выступили ведущие научно-исследовательские и медицинские учреждения Свердловской области: ФГБУ «Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук», ГБУЗ СО «Свердловский областной онкологический диспансер», ГАУЗ СО «СОКП Госпиталь для ветеранов войн», ГАУЗ СО «Городская клиническая больница № 40», МУ «Екатеринбургский консультативный диагностический центр». Соответствие актуальности программы современным мировым трендам было

установлено путем опроса экспертных групп из числа ведущих специалистов организации по разработанным анкетам с использованием десятибалльной шкалы (10 – наивысшая оценка, 1 – наименьшая оценка). С помощью анкетирования проводился анализ соответствия профессиональных трудовых функций, предусмотренных образовательной программой, и реальных требований работодателей.

Таблица 2. *Результативность и актуальность программы трансдисциплинарной подготовки магистрантов по направлению «Биотехнические системы и технологии», профиль «Технология ядерной медицины», а также степень удовлетворенности студентов*

	2017	2018	2019	2020	2021
Результативность образовательной программы					
Количество студенческих проектов, рекомендованных к внедрению на реальном производстве	2	3	3	3	4
Количество опубликованных исследовательских работ магистрантов	2	2	4	5	4
Количество выступлений магистрантов с докладами на всероссийских и международных конференциях	12	12	15	20	25
Значение среднего балла студентов по итогам промежуточной аттестации*	8,4	8,8	9,4	9,2	9,4
Степень трудоустройства, %	80,00	80,00	83,33	84,62	84,62
Оценка сформированности профессиональных компетенций (hard skills)*	8,2	8,5	9,0	8,9	9,4
Оценка сформированности надпрофессиональных компетенций (soft skills)*	7,7	7,6	8,2	8,4	9,1
Актуальность (релевантность) образовательной программы*					
Соответствие профессиональных трудовых функций магистрантов запросам работодателей	6,8	7,5	7,8	8,4	8,9
Значимость личностных качеств магистрантов для выполнения трудовых функций	6,3	6,7	7,4	7,8	8,1
Удовлетворенность образовательной программой*					
Содержание программы	7,1	7,2	8,3	8,4	8,6
Используемые образовательные технологии	5,5	6,8	8,3	9,2	9,0
Соответствие ожиданий магистрантов полученным результатам	7,5	7,4	8,1	8,3	9,3

* Анализ произведен по 10-балльной системе.

С учетом известных реализуемых подходов в отечественной и зарубежной практике по подготовке квалифицированных кадров в области ядерной медицины УрФУ для развития и поддержания на должном научно-педагогическом уровне инженерного профиля по направлению «Биотехнические системы и технологии» осуществил формирование в своей структуре ИВ ЦЦЯМ, предполагая последующее развитие проекта в виде организации университетской клиники. Поэтому главным преимуществом предлагаемой программы авторы считают наличие функционирующей практической базы в виде ИВ ЦЦЯМ, реализующего полный цикл производства радиофармацевтических препаратов. ИВ ЦЦЯМ в УрФУ создавался прежде всего для научно-образовательных целей, т.е. технологические возможности ИВ ЦЦЯМ позволяют обеспечить не только рутинный производственный процесс и овладение соответствующими навыками, но и возможность для проведения научных изысканий (проект «Инновационный дайвинг» (<https://urfu.ru/ru/innovations/diving>)).

Заключение

Проведенный анализ отечественных и зарубежных научных публикаций в части подготовки инженеров в технических университетах различного профиля позволил выявить наиболее значимые методологические аспекты создания специальных образовательных программ подготовки магистрантов при обучении в техническом вузе.

На основе этих принципов была разработана структурно функциональная модель магистерской подготовки по профилю «Технология ядерной медицины» в рамках образовательной программы по направлению «Биотехнические системы и технологии», что позволило сформировать у обучаемых комплекс профильно-специализированных профессиональных компетенций в области ядерной физики и технологии, радиохимии и радиофармацевтики.

Указанный образовательный профиль как система детерминирован посредством освоения нескольких учебных модулей, которые взаимосвязаны между собой на основе трансдисциплинарного подхода. Анкетирование, проведенное на разных этапах обучения среди выпускников данной программы, показало, что выполнение студентами междисциплинарных проектов способствует формированию профессионально-прикладных компетенций, а также способности оценивать предполагаемую социальную и практическую значимость результатов собственной работы.

Таким образом, описанная и реализованная программа представляет собой формирование определенного опыта в предметной области ядерной медицины. Особенности сотрудничества с ИВ ЦЦЯМ делают подобную программу инновационной с точки зрения непосредственной практико-ориентированной направленности и интеграции производства в учебный процесс. Результаты исследования позволяют заключить, что востребованность выпускников описанной программы будет весьма высока как для Уральского региона, так и России в целом, а также для заинтересованных сторон мирового сообщества в данной области.

Перспективные направления в данном исследовании в первую очередь связаны с разработкой на базе внедренной образовательной программы при сохранении основного содержательного ядра нескольких образовательных модулей, отражающих специфику того или иного специалиста в ядерной медицине (например, «Радиохимия в фармацевтике» для специалиста-химика, «Обслуживание ускорителей заряженных частиц» для специалиста-физика и т.п.), а также с изучением возможности масштабирования описанного опыта для реализации программ дополнительного профессионального образования на базе ИВ ЦЦЯМ, в том числе на международном уровне посредством использования современных информационных технологий.

Источники | References

1. Вчерашний П. М., Гафурова Н. В., Румянцев М. В., Осипенко О. А. Инженерное образование: смена формата // Высшее образование в России. 2016. № 8-9 (204).
2. Гузанов Б. Н., Тарасюк О. В., Башкова С. А. Развитие профильно-специализированных компетенций в процессе отраслевой подготовки студентов профессионально-педагогического вуза // European Social Science Journal. 2016. № 2.
3. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э., Бердникова Д. В., Борисов Г. И. Формирование транспрофессиональных компетенций у будущих инженеров // Актуальные проблемы психологического знания. 2019. № 2.
4. Карасик Л. В. Проблемы и перспективы развития инноваций в российской системе высшего образования // Вестник Поволжского института управления. 2018. Т. 18. № 6. DOI: 10.22394/1682-2358-2018-6-72-77
5. Карлик А. Е., Широков С. Н., Платонов В. В., Яковлева Е. А. Опыт сотрудничества вузов с промышленными предприятиями Санкт-Петербурга // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона. 2016. Т. 1.
6. Соловьев М. А., Замятина О. М. Система элитного технического образования ТПУ // Томский политехник. 2013. № 18.
7. Шолина И. И., Банникова Л. Н., Боронина Л. Н., Репринцева Н. Е. Оценка системы подготовки инженерно-технических кадров: материалы комплексного исследования потребностей крупнейших региональных работодателей. Екатеринбург: Ажур, 2016.
8. Blind K. The Impact of Regulation on Innovation // Nesta Working Papers. 2012. № 12 (2).
9. Celik S., Kirjavainen S., Björklund T. A. Educating Future Engineers: Student Perceptions of the Societal Linkages of Innovation Opportunities. URL: <https://peer.asee.org/34490>. DOI: 10.18260/1-2-34490
10. Christie M., De Graaff E. The Philosophical and Pedagogical Underpinnings of Active Learning in Engineering Education // European Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 42. Iss. 1. DOI: 10.1080/03043797.2016.1254160
11. Gilmartin S. K., Shartrand A., Chen H. L., Estrada C., Sheppard S. Investigating Entrepreneurship Program Models in Undergraduate Engineering Education // International Journal of Engineering Education. 2016. Vol. 32 (5).
12. Lehmann M. Problem-Oriented and Project-Based Learning (POPBL) as an Innovative Learning Strategy for Sustainable Development in Engineering Education // European Journal of Engineering Education. 2008. Vol. 33. Iss. 3. DOI: 10.1080/03043790802088566
13. Leydens J. A., Lucena J. C. Engineering Justice: Transforming Engineering Education and Practice. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017.
14. Lima R. M., Andersson P. H., Saalman E. Active Learning in Engineering Education: A (Re)introduction // European Journal of Engineering Education. 2017. Vol. 42. DOI: 10.1080/03043797.2016.1254161
15. Riley D., Slaton A. E., Pawley A. L. Social Justice and Inclusion - Women and Minorities in Engineering // Cambridge Handbook of Engineering Education Research / ed. by A. Johri, B. M. Olds. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.
16. Rodríguez J. Project Based Learning Experiences in the Space Engineering Education at Technical University of Madrid // Advances in Space Research. 2015. Vol. 56. Iss. 7. DOI: 10.1016/j.asr.2015.07.003
17. Savery J. R. Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions // Essential Readings in Problem-Based Learning: Exploring and Extending the Legacy of Howard S. Barrows. 2015. Vol. 9. Iss. 2. DOI: 10.7771/1541-5015.1002
18. Stewart L. A. The Impact of Regulation on Innovation in the United States: A Cross-Industry Literature Review. Washington, 2011.
19. Thürer M., Tomašević I. A Systematic Review of the Literature on Integrating Sustainability into Engineering Curricula // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 181. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.130

Информация об авторах | Author information**RU****Гузанов Борис Николаевич**¹, д. техн. н., проф.**Баранова Анна Александровна**², к. техн. н., доц.**Бажукова Ирина Николаевна**³, к. физ.-мат. н., доц.¹ Российский государственный профессионально-педагогический университет, г. Екатеринбург^{2,3} Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург**EN****Guzanov Boris Nikolaevich**¹, Dr**Baranova Anna Alexandrovna**², PhD**Bazhukova Irina Nikolaevna**³, PhD¹ Russian State Professional-Pedagogical University, Yekaterinburg^{2,3} Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg¹ boris.guzanov@rsvpu.ru, ² a.a.baranova@urfu.ru, ³ i.n.sedunova@urfu.ru**Информация о статье | About this article**

Дата поступления рукописи (received): 03.03.2022; опубликовано (published): 29.04.2022.

Ключевые слова (keywords): трансдисциплинарная инженерная подготовка; биоинженерия; принцип транс-профессионализма; профильно-специализированная компетенция; практико-ориентированная образовательная среда; transdisciplinary engineering training; bioengineering; principle of transprofessionalism; specialisation competence; practice-oriented educational environment.