

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ КАФЕДРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ И КВАНТОВЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Д.П. Данилаев, М.П. Данилаев

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ
Российская Федерация, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Аннотация. Дана общая характеристика учебно-педагогической деятельности кафедры электронных и квантовых средств передачи информации с учетом тенденций развития радиоэлектроники, фотоники, квантовых и цифровых технологий. Представлены некоторые результаты трансформации образовательной деятельности и описаны задачи, решение которых предстоит научно-педагогическому коллективу кафедры, совместно со студентами, обучающимися по образовательным программам кафедры. Намечены перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: цифровая бионика, биотехнические устройства, умные устройства, цифровая и аналоговая схемотехника.

Введение

Кафедра электронных и квантовых средств передачи информации (ЭКСПИ) создана в январе 2020 года на базе кафедры радиоэлектронных и квантовых устройств (РЭКУ) КНИТУ-КАИ. При этом кафедра ЭКСПИ стала преемницей научных школ, образовательных программ и традиций кафедры РЭКУ. В целях развития направления современных квантовых технологий в состав обновленной кафедры также вошли научные сотрудники Казанского квантового центра «КАИ-Квант» под руководством директора центра, профессора С.А. Моисеева.

На этапе становления, в целях формирования и развития компетенций в области цифровых и квантовых технологий, перед кафедрой электронных и квантовых средств передачи информации встала задача трансформации образовательной деятельности с учетом последних достижений в науке и технике, и имеющегося в КНИТУ-КАИ научно-технического задела. Трансформация образовательной деятельности захватывает не только содержательную сторону образовательных программ, но также методологическую и дидактическую составляющие. Она направлена, с одной стороны, на формирование более гибких программ подготовки молодых специалистов по вариативным образовательным траекториям, с другой – на создание условий для освоения наукоемкой и перспективной области квантовых и цифровых технологий в многообразии ее междисциплинарных связей и приложений. Таким образом, выстраиваются новые и обновляются существующие образовательные траектории, открывая новые возможности для формирования кадрового потенциала научно-технологического развития экономики страны. Целью статьи является обзор динамики развития образовательных траекторий кафедры электронных и квантовых средств передачи информации КНИТУ-КАИ.

Сквозные цифровые технологии

Стратегией научно-технологического развития РФ определены приоритетные направления научно-технологического развития, в том числе:

- переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;
- связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики;
- фундаментальные исследования, обусловленные внутренней логикой развития науки, обеспечивающие готовность страны к большим вызовам, еще не проявившимся и не получившим широкого общественного признания, возможность своевременной оценки рисков, обусловленных научно-технологическим развитием.

Для определения ключевых научно-технических направлений, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие экономики, и ключевых направлений Национальной технологической инициативы было введено понятие «сквозные технологии». Перечень сквозных цифровых технологий обозначен в Федеральном проекте «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»¹. К ним относят: искусственный интеллект, квантовые технологии, новые и портативные источники энергии, управление свойствами биологических объектов, нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности, технологии хранения и анализа больших данных, робототехнику и мехатронику, технологии распределенных реестров, технологии беспроводной связи и интернета вещей, технологии машинного обучения и когнитивные технологии. Формирование научно-технологического задела по ним позволит создать высокотехнологичные продукты и сервисы, которые будут конкурентоспособны во всем мире. По сути, к сквозным относятся те технологии, которые одновременно охватывают несколько трендов или отраслей.

В условиях жесткой конкуренции преимущество получают те компании, которые не только овладели новыми технологиями, но и нашли им эффективное применение для создания продукции с принципиально новыми свойствами, возможностями и/или функционалом; компании, готовые к быстрой переориентации всех процессов, применению современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), к самообучению и к модернизации систем планирования, организации и управления. Цифровые и квантовые технологии являются наиболее перспективными технологиями для индустрии.

Сегодня цифровые и квантовые технологии играют все большую роль в стратегически важных отраслях, таких как информационные технологии, приборо- и машиностроение, медицина. Квантовые технологии востребованы для развития искусственного интеллекта в долгосрочной перспективе. Несмотря на то, что квантовые технологии относят к наукоемким сферам деятельности, они наряду с другими сквозными цифровыми технологиями являются перспективными для их быстрого развития и внедрения в индустрию.

Квантовые технологии делятся на три основных субтехнологии. **Квантовые вычисления** – в основе новый класс вычислительных устройств, использующий для решения задач принципы квантовой механики. Прогнозируется, что в целом ряде задач квантовый компьютер будет способен дать многократное ускорение по сравнению с существующими суперкомпьютерными технологиями. **Квантовые коммуникации** – технология криптографической защиты информации, использующая для передачи ключей отдельные квантовые частицы. Главное преимущество квантовых коммуникаций –

¹Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р [2].

защищенность информации, гарантированная законами физики. **Квантовые сенсоры и метрология** – совокупность высокоточных измерительных приборов, основанных на квантовых эффектах. Высокая степень контроля над состоянием отдельных микроскопических систем позволяет создавать сверхточные квантовые сенсоры с пространственной разрешающей способностью, сравнимой с размером одиночных атомов.

Наиболее близкой к коммерческим применениям является технология квантовых коммуникаций, которая уже понятна рынку. Но развитие интегральных микроволновых квантовых технологий при условии формирования соответствующей элементной базы создает предпосылки для прорыва в технике беспроводных коммуникаций, киберфизических систем, в методах и средствах диагностики и лечения заболеваний, методах и средствах измерений, контроля, управления, и т.д. [1]. В частности, микроволновые квантовые технологии на новой элементной базе обеспечивают формирование каналов связи со сверхмалой и сверхширокой полосой пропускания, генерацию высокостабильных радиочастотных сигналов с произвольным спектром, создание синтезаторов частот с низким уровнем шума, и сигнальных процессоров с высоким спектральным разрешением, шифрование передаваемых данных [1, 2].

На основе исследований в междисциплинарной области интегральных цифровых, микроволновых и оптических квантовых технологий разработаны новые полностью оптические методы диагностики сверхбыстрых фундаментальных квантовых явлений; реализованы новые схемы генерации широкополосных квантовых состояний света в оптических волокнах; разработаны физические принципы оптоволоконной квантовой сенсорики; разработаны и экспериментально реализованы уникальные методы оптоволоконной квантовой биотермометрии; разработаны новые методы квантовой микроспектроскопии и спектхронографии, а также методы оптической диагностики квантовых материалов; предприняты попытки создания волоконно-оптических источников широкополосных квантовых состояний света, и многое другое [2, 3].

Еще более широкие горизонты лежат в междисциплинарных областях. Тенденция прикладного развития радиоэлектроники, фотоники, цифровых и квантовых технологий очевидно сохранится в будущем в связи с построением «умных» устройств и систем, организацией межмашинного взаимодействия, реализацией концепции «интернет вещей», а также в связи с ростом доступности телекоммуникаций для населения, повышения роли инфокоммуникаций для социализации каждой личности. Научно-технический прогресс в области коммуникаций ожидаемо проявится в обновлении технической структуры систем и сетей, в замене устаревших технических средств новыми, разработке новых стандартов связи.

В развитии современного производства намечается тренд перехода к 3D конструированию, прототипированию, и далее к 3D производству изделий. Происходит постепенный отказ от чертежей на бумаге. В дальнейшем можно ожидать не только создания обособленных конструкторских бюро, организаций и подразделений по проектированию, но и технологических центров, разрабатывающих технологический процесс под конкретные изделия и производство. Программы для станков с ЧПУ могут дистанционно разрабатываться, передаваться по линиям связи и загружаться непосредственно в станок. В связи с этим возникает необходимость защищенной линии связи и закрытой технологической сети, для которых принципы квантовой коммуникации могут оказаться базовыми.

Другой пример перспектив применения рассматриваемых технологий, это смена системы контроля доступа на персонализацию доступа, в основе которой должны лежать методы и средства идентификации личности. Причем речь может идти о разграничении прав и функций пользователей, о регистрации действий и хранении сведений о них, о медицинском освидетельствовании личности и др. Еще больший интерес вызывает

медицинская тематика и серия таких проектов, как имплантируемые смартфоны, лечащие чипы, роботы в кровеносных сосудах, умные татуировки, электронные таблетки с обратной связью и др. [4].

Внедрение «сквозных» цифровых технологий имеет как выгоды, так и определенные риски [5]. Например: необходимость в крупных финансовых вложениях, которые могут не окупиться; недостаток квалифицированных специалистов в области цифровых технологий; отставание системы образования от потребностей цифровой экономики.

Стандартизация образовательного процесса, с одной стороны, обеспечивает унификацию образовательных программ и подготовку специалистов с предсказуемым набором знаний, умений и навыков. С другой стороны, система образования остается крайне инерционной, не успевая реагировать на постоянные и значительные изменения, вызванные цифровизацией и иными результатами научно-технического прогресса. Необходим переход к более гибкой системе подготовки кадров, адаптации образовательных программ к современным реалиям бурно трансформирующегося рынка труда. Разрыв между потребностями работодателей и возможностями отечественной системы образования отчасти ликвидируется уже во время трудовой деятельности, а также за счет дополнительного профессионального образования. Это позитивный факт, так как в экономике знаний образование должно быть частью жизни человека на протяжении всей его трудовой деятельности. Тем не менее ликвидация несоответствия полученных в вузе или колледже знаний и навыков требованиям реальной трудовой деятельности требует от работников и работодателей дополнительных расходов.

В целом риски и ограничения можно условно разделить на четыре категории:

- научно-технологические (прежде всего киберзащита);
- организационные (например, систематическая поддержка на государственном уровне);
- кадровые;
- рыночные, например, доступность технологий, приоритет разработки и внедрения технологий квантовой связи, квантовой криптографии, квантовых вычислений, прикладных квантовых технологий (в медицине, киберфизических системах, материалах).

Существуют и чисто «технические» ограничения.

Образовательные компетенции

Под компетенциями специалиста согласно толковым словарям Ожегова и Даля, следует понимать круг вопросов, в которых человек хорошо осведомлен, а применительно к сфере профессиональной деятельности – как круг задач, которые поручено решать специалисту. Тогда под образовательными компетенциями можно понимать круг вопросов, которые необходимо освоить человеку, чтобы квалифицировано приступить к решению задач в заданной предметной области. В нашем случае – в области цифровых, микроволновых и квантовых технологий.

На наш взгляд, с учетом введенных понятий нецелесообразно разделять образовательные компетенции в сферах субтехнологий: квантовых вычислений, квантовых коммуникаций, квантовых сенсоров и метрологии, поскольку фундаментальные основы этих технологий в целом близки. Однако эти субтехнологии в целом определяют области и сферы профессиональной деятельности, на которые ориентируются выпускники.

Для формирования образовательных программ существенное значение имеет выбор типа задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский, проектно-конструкторский, или производственно-технологический. И здесь для квантовых и цифровых технологий появляется расхождение. Кадровые потребности предприятий и проектных организаций в специалистах в области квантовых технологий в настоящее время

незначительны даже в масштабах страны. Однако подготовка научных исследователей в этой области имеет важное значение для технологического развития страны. В сфере цифровых технологий высокие кадровые потребности сохраняются для всех типов профессиональной деятельности: научной, производственной конструкторской, технологической и пр. При проектировании образовательных программ с междисциплинарным характером подготовки этот диссонанс следует учитывать в содержательном и в методическом аспектах.

В последнее время появился новый термин «Грейд» или «грейдинг» используемый для раскрытия происходящего в кадровых потребностях и расстановках в коллективах. Грейдинг (англ.grading) – группировка должностей по определённым основаниям (определение «веса», классификация) с целью построения системы мотивации. Суть грейдинга – в сопоставлении внутренней значимости должностей для организации (внутренняя ценность) с ценностью этой работы на рынке (внешняя ценность). Различают грейд должностей и грейд работников. По сути речь идет о распределении функций (ролей, обязанностей) сотрудников, и последующем определении квалификационных требований к ним в привязке к решаемым задачам. В организациях с большим штатом работников более распространённым является грейд по должностям, где подбор сотрудников осуществляется под конкретные должностные обязанности. В наукоемких областях и сферах деятельности превалирует индивидуальный подход, в рамках которого работники оцениваются по персональным профессиональным качествам, и, прежде всего, по степени самостоятельности и результативности.

В динамично развивающихся наукоемких областях персональные качества становятся все более значимыми, в то время как для производства не менее важными свойствами являются умение работать в команде, соблюдение регламентов и ГОСТов. Возникает задача выбора подхода к организации учебного процесса и подбора образовательных технологий таким образом, чтобы суметь в рамках учебной группы способствовать становлению и тех и других молодых специалистов. Решающее значение принимает своевременный отбор и группировка обучаемых.

В настоящее время в рамках профессиональной деятельности в сфере сквозных цифровых технологий целесообразно объединение научных исследователей, инженеров-конструкторов, разработчиков оптико-электронных и квантовых устройств, специалистов в областях производства и эксплуатации электронных и квантовых устройств и систем, а также в сфере практического применения квантовых технологий в смежных областях.

Важным элементом подготовки молодых специалистов должно стать формирование у них привычки и потребности к постоянному самообразованию, получению не только навыков, но и знаний, а также готовности к смене профессии в течение длительной трудовой жизни. Одним из наиболее ценных качеств становится адаптивность работника к быстро изменяющимся условиям труда. В стремительно развивающейся области квантовых технологий эти способность к саморазвитию может являться определяющей.

Сегодня человечество стоит на пороге второй квантовой революции, и квантовые технологии, являясь междисциплинарной областью исследований, расширяются и начинают охватывать все большие разделы науки и техники. Квантовые технологии развиваются на стыке таких дисциплин, как квантовая механика, нанотехнологии и материаловедение. Ученые, исследователи и инженеры должны как минимум ориентироваться в квантовых технологиях, даже если основной областью их исследований является что-то совершенно далекое от квантовой механики. Это значит, что в основу подготовки современных специалистов целесообразно включать фундаментальные основы соответствующих областей знаний.

В соответствии с действующими образовательными стандартами все компетенции разделяются на группы: универсальные (системное и критическое мышление, разработка и

реализация проектов, командная работа и лидерство, коммуникация, межкультурное взаимодействие, самоорганизация и развитие, безопасность жизнедеятельности), общепрофессиональные компетенции (инженерный анализ и проектирование, научное мышление, исследовательская деятельность, использование информационных технологий, компьютерная грамотность). Точные формулировки компетенции определяются в соответствии с целями каждой образовательной программы, и ее направленностью.

Перечень профессиональных компетенций формируется на основе анализа трудовых функций, задач и действий в области исследования, разработки и применения цифровых и квантовых технологий, включая все рассмотренные выше субтехнологии. Например, профессиональные компетенции в области цифровых и квантовых технологий, формирующиеся в системе образования, могут быть сформулированы как:

- освоение нового оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств (физических, инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов;
- способность осуществлять научно-техническое сопровождение серийного производства новых приборов квантовой электроники и фотоники;
- способность разрабатывать и оптимизировать оптические каналы связи для построения систем квантовой коммуникации;
- способность обеспечивать техническую реализацию распараллеливания и ускорения вычислений, в том числе на базе программируемой логики, и построения на их основе скоростных интерфейсов;
- способность осваивать и применять в технических системах квантовые сенсоры – высокоточные измерительные приборы, основанные на квантовых эффектах;
- способность ставить задачи криптоанализа, моделирования сложных систем, а также машинного обучения и искусственного интеллекта, а также осуществлять выбор методов их решения;
- способность выполнять расчет и проектирование электронных блоков и устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
- способность диагностировать и оценивать техническое состояние средств связи и телекоммуникаций, электронных устройств и блоков, осуществлять проверку качества их работы, владеть навыками инструментальных измерений, используемых в области электроники и связи, уметь анализировать результаты измерений с использованием средств вычислительной техники;
- способность использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах, ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы с целью совершенствования и созданию новых перспективных инфокоммуникационных систем;
- способность анализировать сложные биотехнические системы, проводить вычислительные эксперименты с использованием программных средств с целью получения математических моделей процессов, протекающих в биотехнических системах, обрабатывать результаты исследований с применением современных информационных средств, оценивать эффективность применения биотехнических систем; и многое другое.

При формировании образовательных программ профессиональные компетенции, могут безусловно уточняться и дополняться на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, на основе требований стандартов чемпионата по высокотехнологичным профессиям WorldSkills, на основе представлений о профессиональных компетенциях, формируемых реальными работодателями, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения

консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники.

Обобщенное представление компетенций научных исследователей, собрано в карте компетенций исследователей. Она включает в себя 12 ключевых компетенций, каждой из которой даны определение, характеристики уровней и указаны ключевые компоненты (рис. 1) [6]. Для эффективного профессионального роста по треку «Научные сотрудники» рекомендуется гармонично развивать те компетенции, которые приведены на базовых «диаграммах компетенций» для различных уровней квалификации исследователей, примерно согласованных со шкалой профессиональных позиций (должностей).



Рис. 1. Карта развития компетенций [6]

Образовательные технологии

Остановимся лишь на некоторых основных образовательных технологиях, принципиально актуальных для подготовки молодых специалистов в сфере цифровых и квантовых технологий, и реализуемых на кафедре ЭКСПИ.

1. Формирование инженерного мышления

Этот вид мышления принципиально отличается от других характерными чертами [7, 8]:

- умение выстраивать взаимосвязи в сложных системах, видеть структуру и оценивать ее применительно к решаемой задаче;
- умение найти рациональное решение в условиях ограничений;
- умение расставлять приоритеты и искать компромиссы.

Инженерное мышление связано с преобразованием окружающего мира, является творческим, т.е. выходящим за рамки имеющихся алгоритмов, образов, моделей.

Формирование инженерного мышления достаточно трудоемкий процесс. Его сложно завершить за срок, ограниченный рамками основной образовательной программы в вузе. Поэтому работа начинается уже со школьниками. Она проводится в формате дополнительного образования школьников, онлайн школы ИРЭФ-ЦТ, вебинаров, конкурса проектов «Радист» и т.д. Конечно эта работа продолжается и со студентами в рамках основных образовательных программ. Более того, студентам кафедры предлагается включиться в эту работу и выступить в роли руководителей относительно простых проектов школьников. При этом и студенты, и школьники выступают генераторами идей, и образуют единую команду обеспечивая на практике связь поколений.

2. Проектная деятельность

Формирование инженерного мышления продолжается в вузе путем системного освоения знаний и последовательного выполнения связанных проектов. Причем студентам на выбор предлагаются концепция сквозного проекта, когда сложный проект поэтапно выполняется в рамках курсового и дипломного проектирования, или система отдельных проектов. Студентами могут выполняться расчетные работы или реальные проекты с прототипированием и изготовлением готового действующего образца. Как следствие такого подхода более трети выпускников кафедры на защите выпускной квалификационной работы демонстрирует действие своего устройства.

Новый импульс проектной деятельности придало открытие Учебно-инжинирингового центра «Проектное пространство «Прометей» [9]. Центр оснащен современным оборудованием, позволяющим студентам реализовывать серьезные проекты, с возможностью их дальнейшей коммерциализации. Так на базе центра совместно со студентами и сотрудниками кафедры РФМТ выполнен проект: встраиваемая система определения температуры на борту микроспутника CubeSat. Этот проект стал наиболее выдающимся из ряда выпускных квалификационных работ студентов - бакалавров летом 2022 года. В рамках данного дипломного проекта студента группы 5401 Шамякина рассматриваются оптический измерительный участок – решетка Брэгга и плата - контроллер, на основе которой проектируется система управления и обработки информации. Определение температуры осуществляется оптическим способом путем измерения изменяющейся длины волны света в волокне с решеткой Брэгга. В сборе данные два блока представляют собой автономный измерительный комплекс, встраиваемый в микроспутник CubeSat. Проект прошел этапы от прототипирования до изготовления образца для прохождения заводских испытаний на виброустойчивость и др. (рис.2). Проект выполнялся под руководством доцента кафедры ЭКСПИ И.И. Васильева и доцента кафедры РФМТ А.А. Кузнецова.

Особенно нужно отметить возможности реальной проектной деятельности и НИРС на базе Казанского квантового центра «КАИ-КВАНТ», сотрудники которого одновременно являются преподавателями кафедры. А также на базе созданной междисциплинарной межвузовской лаборатории технологий синтеза фрактальных структур и сложных технических систем (руководитель лаборатории – профессор М.П. Данилаев). Именно вовлеченность студентов в реальную научную работу позволяет мотивировать их к самосовершенствованию и дальнейшему росту.



Рис. 2. Фото итоговой сборки встраиваемой системы определения температуры на борту микроспутника CubeSat (вид спереди)

3. Междисциплинарный характер подготовки

Тематика подготовки, в том числе проектов, не ограничивается рамками основной образовательной программы. Студентам часто предлагается возможность выбора собственной темы проекта, в том числе в рамках НИРС. За сравнительно небольшой период времени существования кафедры реально выполненные проекты охватывают области: контроля и исследования свойств композиционных материалов, экологии, биотехнических систем, медицины, автоматизации контроля и управления устройствами в системе «Умный дом», энергосбережения, устройств генерации одиночных фотонов, беспилотных летательных аппаратов, искусственных спутников и др. Большую роль здесь конечно играет самостоятельная работа студентов под руководством наставников с кафедры.

4. Раннее трудоустройство

Подготовка студентов на кафедре в зависимости от их предпочтений направлена на научную, производственную или конструкторскую деятельность. При этом концептуально принято: чем раньше студент начнет работать в выбранной им профессиональной области, тем эффективнее будет подготовка. Для желающих заниматься наукой предлагается начать работать в уже упомянутых выше лаборатории, центре, а также в подшефных школах для проектной деятельности со школьниками. Важно отметить, что оснащение «КАИ-Квант» находится на уровне успешных мировых научных лабораторий. Также оснащение некоторых образовательных школ и инженерных центров превосходит возможности отдельно взятой кафедры. Поэтому привлечение студентов к их работе открывает для них возможности активной экспериментальной деятельности, формирования навыков работы с

уникальным оборудованием. Открываются возможности участия во всероссийских и международных научных мероприятиях, и общения со сверстниками.

Для других студентов уже начиная с третьего курса предлагается трудоустройство на предприятия-партнеры. На этих предприятиях реализуется программа «инженер-стажер», позволяющая поэтапно включить молодого человека в реальную производственную деятельность. В результате на последнем курсе студенты имеют возможность выполнять выпускную квалификационную работу по реальным темам работодателей.

5. Конкурсный отбор

Студенты, имея достаточно широкие возможности для самореализации, неявным образом проходят конкурсный отбор не только по успехам в учебе, но и по ряду других результатов. Участвуя в проектах, научных исследованиях, конференциях и олимпиадах они формируют свое, так называемое, «портфолио». Очевидно, что результаты работы таких студентов позволяют достаточно полно оценить их как молодых специалистов и дать им рекомендацию для дальнейшей работы с учетом персональных интересов каждого.

Таким образом, образовательные технологии направлены на полное погружение студентов в реальную профессиональную деятельность, предоставляя им достаточно вариативные траектории для саморазвития.

Образовательные программы

Кафедра радиоэлектронных и квантовых устройств была выпускающей по специальностям 071700 «Физика и техника оптической связи», 200700 «Радиотехника», 201500 «Бытовая радиоэлектронная аппаратура». Образовательные программы кафедры отличались акцентом на схемотехнику радиоэлектронных и оптико-электронных устройств и систем. В 2005 году из кафедры РЭКУ была выделена кафедра телевидения и мультимедийных систем (сейчас - кафедра радиофотоники и микроволновых технологий, зав. кафедрой – проф. О.Г. Морозов), ставшая выпускающей по специальности 201500 «Бытовая радиоэлектронная аппаратура» [9]. Созданная на базе РЭКУ в начале 2020 года кафедра ЭКСПИ является выпускающей по направлениям подготовки бакалавров 11.03.01 «Радиотехника» (профиль Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов), 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профиль оптические системы и сети связи), и направлениям подготовки магистров 11.04.01 «Радиотехника» (направленность Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов), 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профиль телекоммуникационные системы оптического диапазона).

В целях реструктуризации образовательного процесса, его содержательного обновления и актуализации все образовательные программы были пересмотрены. С учетом имеющегося задела и опыта кафедры в образовательных программах был сделан акцент на цифровую схемотехнику, квантовую электронику, проектирование устройств на базе микроконтроллеров и ПЛИС. Были разработаны учебные курсы по микроконтроллерам AVR, STM32, ПЛИСам с лабораторными работами и практикумами. Уделено внимание языкам программирования C++, VHDL. Для этого за короткое время была практически воссоздана лаборатория цифровых устройств (программируемой электроники).

Одновременно с этим вместе с сотрудниками Казанского квантового центра «КАИ-Квант» была разработана новая образовательная программа в рамках Германо-российского института новых технологий (ГРИНТ). Это направление подготовки 12.04.03 «Фотоника и оптоинформатика» (направленность – современные квантовые технологии). Руководитель магистерской программы – директор квантового центра, профессор С.А. Моисеев. Программа полностью реализуется на базе Казанского квантового центра в партнёрстве с

техническим университетом Кайзерслаутена (Германия). Соруководителем программы с немецкой стороны является руководитель научной лаборатории нелинейной оптики и квантовых устройств профессор Артур Видера.

Ключевыми особенностями магистерской программы «современные квантовые технологии» является ориентация на общую, фундаментальную и прикладную квантовую оптику; на технологии будущего - квантовые вычисления и квантовые коммуникации. Принципиальное преимущество данной магистратуры - полное погружение в научную деятельность квантового центра, обучение в научных лабораториях мирового уровня на современном оборудовании (рис.3). В рамках магистратуры реализуются учебные курсы: квантовая оптика, квантовая электроника, квантовая механика, квантовая информатика, волоконная оптика, квантовая оптика, интегральная оптика, оптические квантовые коммуникации и др. По данным курсам разработаны лабораторные работы и практикумы. После окончания программы выпускники могут продолжить научную карьеру в аспирантуре или работать в ведущих компаниях в области инфокоммуникаций или создания перспективной оптико-электронной аппаратуры.

Летом 2020 года состоялся первый набор группы на эту программу (5 человек) на платную форму обучения. Причем для студентов с российским гражданством была предложена программа поддержки со стороны Казанского квантового центра. Студенты получали ежемесячные выплаты, в общей сумме превосходившие полную стоимость обучения в КНИТУ-КАИ. В июне 2022 года состоялся первый выпуск этой программы. Например, студентом группы 5282 Олегом Ермишевым (научный руководитель – доцент каф. ЭКСПИ Н.М. Арсланов, научный консультант – ассистент каф. ЭКСПИ М.А. Смирнов) в качестве выпускной квалификационной работы были продемонстрированы метод и способ генерации широкополосных фотонных пар на основе явления спонтанного параметрического рассеяния света в интегральных волноводных структурах. Можно констатировать, что программа прошла свою первую апробацию, при этом она продолжает содержательно совершенствоваться. В 2021 году осуществлен первый набор уже на бюджетную форму обучения по этой программе.



Рис.3. Научная лаборатория Казанского квантового центра «КАИ-Квант»

В 2021/2022 учебном году в целях радикального обновления образовательной деятельности на кафедре началась работа по открытию новой образовательной программы бакалавриата: 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», профиль «Цифровая бионика». Исходным посылом к созданию программы являлось: усиление междисциплинарного характера подготовки, охват новых предметных областей, оставшихся за пределами рассмотрения существующих образовательных программ. При формировании программы предполагалось по максимуму использовать межкафедральную коллаборацию для использования перспективного опыта наших коллег Институты радиоэлектроники, фотоники и цифровых технологий (ИРЭФ-ЦТ), и компьютерных технологий и защиты информации (ИКТЗИ). Концептуально программа нацелена на углубленную подготовку в области технологий программирования «умных» систем и устройств, разработки опто-электронных систем и устройств, киберфизических систем, цифровых электронных устройств и цифровой бионики. В прикладных аспектах программа направлена на освоение студентами основ создания технических устройств и систем с использованием принципов организации, структур и функций живых систем, то есть применения знаний о живых организмах для решения инженерных задач. Одна из многих прикладных областей для выпускников этой программы – биомедицинское оборудование и системы.

Планируется, что программа бакалавриата «Цифровая бионика» поэтапно начнет замещать программу 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (профиль оптические системы и сети связи). Летом 2022 года объявлен первый прием на новую образовательную программу, набирается полная учебная группа.

В дальнейшем предполагается реализовать следующие образовательные траектории. В бакалавриате – по направлению «радиотехника» с углубленным изучением принципов проектирования цифровых устройств и систем, а также квантовых устройств, и по направлению «Биотехнические системы и технологии», профиль «Цифровая бионика» с углубленным акцентом на программирование умных устройств, создание биотехнических устройств и систем. В магистратуре – по направлению «радиотехника» с углубленным изучением принципов построения помехоустойчивых радиотехнических устройств и систем передачи информации; и по направлению «фотоника и оптоинформатика» с углубленным изучением современных квантовых технологий. Важно отметить, что направления подготовки бакалавриата являются смежными и дополняют друг друга, позволяя студентам продолжать обучение по любой образовательной траектории.

Одновременно с этим планируется продолжить работу по подготовке документов к лицензированию новой образовательной программы бакалавриата – 12.03.03 «Фотоника и оптоинформатика». Однако в связи с пересмотром концепции построения всей отечественной системы высшего образования, в том числе пересмотром классификатора образовательных программ на государственном уровне, этот вопрос пока остается в состоянии ожидания дальнейших решений.

Заключение

Таким образом, в основу формирования новых и трансформации существующих образовательных траекторий положены принципы междисциплинарности, вариативности, гибкости, формирования инженерного мышления. Обучение постепенно становится практико-ориентированным, с реализацией конкретных проектов. Создаваемые новые образовательные программы ориентированы на формирование компетенций в области сквозных цифровых технологий, в том числе современных квантовых технологий. Реализуемая образовательная деятельность закладывает фундамент для развития существующих и появления новых научных школ.

Стоит отметить, что выстраиваемые образовательные траектории, выбранные и активно используемые образовательные технологии, позволяют кафедре в принципе оперативно включиться в работу по воссозданию специалитета по инженерным профессиям, ориентируясь на кадровые потребности реальных предприятий.

Работа выполнена в рамках программы «Приоритет 2030».

Список литературы

1. Морозов О.Г., Морозов Г.А., Нуреев И.И., Сахабутдинов А.Ж. Радиофотоника и радиоквантоника // Электроника, фотоника и киберфизические системы. - 2021. - Т.1. - №1. - С.40-46.
2. Морозов О.Г., Нуреев И.И., Сахабутдинов А.Ж., Мисбахов Р.Ш., Кузнецов А.А. Приоритет 2030: новые направления научных исследований кафедры радиофотоники и микроволновых технологий // Электроника, фотоника и киберфизические системы. - 2021. - Т.1. - №2. - С.45-58.
3. Фотоника и квантовые технологии: Тезисы докладов III Международной конференции. Казань. КНИТУ-КАИ. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://kai.ru/documents/131969/11899861/Тезисы+и+издательскими+номерами.pdf/317ffc1e-00bb-44fa-ae7e-b70fd5bcc2ab> (Дата обращения: 27.06.2022).
4. Головин С. 11 имплантируемых устройств, которые скоро будут у вас в теле [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ferra.ru/review/health/mHealth-Implants.htm> (Дата обращения: 27.06.2022).
5. Катрашова Ю.В., Митянин Г.Ю. Использование «сквозных» цифровых технологий в сфере государственного управления // Наука Красноярья. - 2020. - Т.9. - №4. - С.85-102. DOI: 10.12731/2070-7568-2020-4-85-102.
6. Раздел «Компетенции в науке», портал SCIENCE-ID [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceid.net/site/competence> (Дата обращения: 15.06.2022).
7. Инженерное мышление. Основы. [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d53b34ac7e50c00ad80b47b/injenernoe-myshlenie-osnovy-5d5fa5084735a600adf0d8a6> (Дата обращения: 01.07.2022).
8. Усольцев А.П., Шамало Т.Н. О понятии «инженерное мышление» // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: материалы междунар. науч.-практ. конф. отв. ред. Т.Н. Шамало. – Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2015. - С.3-9.
9. Морозов О.Г. От минимализма кафедры телевидения и мультимедийных систем к экосистеме кафедры радиофотоники и микроволновых технологий: 2022 смена поколений // Электроника, фотоника и киберфизические системы. - 2022. - Т.2. - №1. - С.23-43.

THE DEPARTMENT OF ELECTRONIC AND QUANTUM DEVICES FOR INFORMATION TRANSMISSION: THE EDUCATIONAL TRAJECTORIES DYNAMICS

D.P. Danilaev, M.P. Danilaev

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
10, K. Marx, Kazan, 420111, Russian Federation

Annotation. A the educational and pedagogical activities general description of the department of electronic and quantum devices for information transmission is given, taking into account the development trends of radio electronics, photonics, quantum and digital technologies. Some results of the educational activities transformation are presented and tasks are described that will be solved by the scientific and pedagogical staff of the department, together with students enrolled in the educational programs of the department. Prospects for further development are outlined.

Keywords: digital bionics, biotechnical devices, smart devices, digital and analog circuitry.

Статья поступила в редакцию 06.07.2022