

УДК 378.14

DOI 10.52452/18115942_2024_2_186

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПЕРЕДОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЕ НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ КЛАССИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

© 2024 г.

Л.Б. Лозовская, С.А. Минеев, О.А. Морозов

Лозовская Людмила Борисовна, к.пед.н.; доц.; доцент кафедры педагогики
и управления образовательными системами

Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

L.B.Lofovskaya@mail.ru

Минеев Сергей Алексеевич, к.ф.-м.н.; доцент кафедры информационных технологий
в физических исследованиях, руководитель отделения «Космическая связь»

передовой инженерной школы Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
sergm@nifti.unn.ru

Морозов Олег Александрович, д.ф.-м.н.; проф.; профессор кафедры информационных технологий
в физических исследованиях Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
oa_morozov@nifti.unn.ru

Статья поступила в редакцию 14.02.2024

Статья принята к публикации 11.03.2024

Рассматривается организация подготовки студентов при реализации федерального проекта «Передовые инженерные школы» (ПИШ) по направлению «Информационные технологии в системах космической связи» на физическом факультете классического университета. Подчеркивается интеграция фундаментальной теоретической подготовки выпускников с научно-прикладной подготовкой при взаимодействии с высокотехнологичным индустриальным партнером. Названы отличия от традиционной инженерной подготовки. Отмечена необходимость разработки новых курсов обучения и создания образовательных лабораторных комплексов нового поколения, а также доработки содержания существующих образовательных программ, что позволяет сократить разрыв между требованиями ФГОС ВО и ожиданиями потенциальных работодателей. Приведены примеры разработки новых специализированных учебных дисциплин подготовки инженерных кадров. Сделан акцент на тесную связь образовательной деятельности с выполнением научного проекта отделения «Космическая связь» ПИШ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, с целью чего созданы два новых специальных образовательных пространства, оснащенных высокопроизводительной вычислительной техникой и современными средствами измерений. Планируемым результатом работы отделения «Космическая связь» ПИШ ННГУ является подготовка высококвалифицированных инженерных кадров, готовых к решению ключевых задач в области космических технологий связи.

Ключевые слова: передовая инженерная школа, индустриальный партнер, системы космической связи, информационные технологии, фундаментальная и прикладная подготовка студентов, квалифицированные инженерные кадры.

Введение

Стратегическими задачами экономики государства на современном этапе являются технологическая независимость, развитие высокопроизводительных отраслей промышленности, и, соответственно, резко возрастает актуальность качественного инженерного образования. Для решения проблемы подготовки научно-технических, технологических и инженерных кадров Правительство Российской Федерации приняло постановление о создании и развитии передовых инженерных школ (ПИШ) [1]. Сущность федерального проекта Министерства науки и высшего образования заключается в подготовке квалифицированных инженерных кадров нового поколения

и включает образовательную, научную и производственную составляющие.

Важным аспектом реализуемого федерального проекта является создание образовательных программ инженерной подготовки нового типа, направленных на решение актуальных задач в приоритетных областях технологического развития страны. В рамках образовательной деятельности в передовой инженерной школе осуществляется взаимодействие обучающихся не только с высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом, но и со специалистами высокотехнологичных предприятий, в том числе индустриального партнера [1, 2]. Деятельность ПИШ является многогранной и объединяет следующие виды



Рис. Организация научно-образовательной деятельности по направлению ПИШ «Космическая связь»

деятельности: образовательную, научно-исследовательскую, деятельность в области инноваций и трансфера технологий, а также инфраструктурную и кадровую политику [3]. Актуальными задачами в инженерном образовании являются формирование связей образования, индустрии и рынка труда, выработка новых подходов к формированию инженерных компетенций современных специалистов [4]. В качестве направлений деятельности ПИШ можно выделить [1]: электро- и теплоэнергетику; электронику, радиотехнику и связь; космические системы связи; программную инженерию; передовые производственные технологии и др.

Передовая инженерная школа: направление «Космическая связь»

На базе ведущих вузов страны создано 30 передовых инженерных школ. В Нижнем Новгороде наряду с Нижегородским техническим университетом им. Р.Е. Алексеева [5] участником федерального проекта по созданию и развитию передовых инженерных школ стал Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ). В университете открыты несколько профильных отделений передовой инженерной школы: «Космическая связь», «Радиолокация и радиосвязь», «Радиофотоника и оптоэлектроника», «Проектирование и автоматизация производства микроэлектронных устройств», «Материалы для электроники» [6]. Предприятиями – партнерами ПИШ ННГУ являются концерны «Роскосмос», «Росатом», «Алмаз-Антей», Российский федеральный ядерный центр (РФЯЦ-ВНИИЭФ) и другие ведущие отечественные промышленные и научные предприятия. Приоритетной задачей является повышение качества теоретического образования и практической подготовки выпускников, формирование их готовности к инноваци-

онной научно-технической и инженерной деятельности. Одним из крупнейших проектов является отделение «Космическая связь», открытое на физическом факультете ННГУ на кафедре информационных технологий в физических исследованиях (ИТФИ), где организуется подготовка студентов по направлению «Информационные технологии в системах космической связи». Проект подразумевает интеграцию научно-образовательного потенциала учебного заведения и производственно-технологического потенциала индустриального партнера АО «Информационные спутниковые системы» (ИСС) имени академика М.Ф. Решетнёва, подтвердившего софинансирование проекта (рис.).

Выпускники кафедры ИТФИ готовятся к профессиональной деятельности в таких отраслях, как связь, информационные и коммуникационные технологии (в сфере исследования, разработки, внедрения информационных технологий и систем), а также в сквозных видах профессиональной деятельности в промышленности (в сфере руководства научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими разработками). Современный научно-образовательный процесс ПИШ осуществляется по направлениям подготовки бакалавриата и магистратуры. Трансформация ряда существующих образовательных программ, разработка новых курсов обучения и создание образовательных лабораторных комплексов нового поколения, освоение нового оборудования позволяют сократить разрыв между требованиями ФГОС и ожиданиями потенциальных работодателей. Кроме обучения студентов в ПИШ осуществляется программа дополнительного образования (повышение квалификации) инженерных и научно-педагогических работников, направленная на получение и совершенствование компетенций, необходимых для профессиональной деятельности, изучение теоретических положений, подходов и методов цифровой обработки сигналов и передачи данных

с учетом специфики систем управления, космической связи и навигации, реализуемых на базе современных информационных технологий.

Сочетание фундаментальной подготовки классического университета, в первую очередь по физическим и математическим дисциплинам, с базовыми и специальными дисциплинами инженерной направленности позволяет студентам успешно адаптироваться в быстро меняющихся условиях развития экономики. Образовательная программа ПИШ по направлению «Космическая связь» предполагает подготовку инженерных кадров, имеющих теоретические и практические знания и навыки как в области фундаментальных наук, так и в области цифровой обработки сигналов, моделировании спутниковых систем связи, современных многоканальных систем сбора и обработки данных, систем автоматического регулирования и управления, применения информационных технологий в задачах, связанных с системами космической связи. Реализация образовательного процесса требует как определенной переработки содержания существующих учебных дисциплин, так и введения новых специализированных учебных курсов.

В качестве примера можно привести дисциплину «Радиотехника и электроника», где разделы, направленные на изучение элементной базы радиоэлектроники, методов расчета электрических цепей и электронных схем, принципов построения усилителей и генераторов сигналов, устройств цифровой электроники, дополнены материалами для изучения современных методов модуляции и детектирования сигналов, принципов построения схем передатчиков. Другим примером модернизации содержания является учебный курс «Основы систем автоматического регулирования», направленный на формирование у студентов систематизированных знаний в области теории автоматического регулирования, способов описания и расчета систем управления, формализации систем управления на основе математических моделей [7].

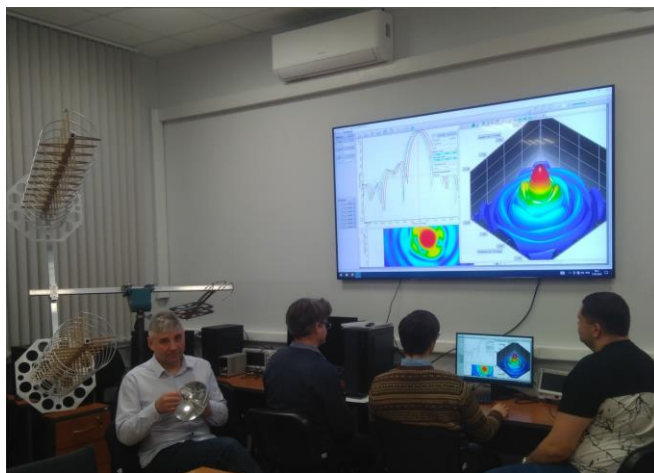
Как пример введения новых специализированных учебных дисциплин можно отметить курс «Цифровые сигнальные процессоры», где изучается архитектура современных сигнальных процессоров и планируется введение лабораторных работ, направленных на получение практических навыков работы с микропроцессорными платами и периферийными устройствами; курс «Помехоустойчивое кодирование в системах связи», в котором рассматриваются методы формирования сверточных, блочных и циклических кодов, каскадные схемы кодиро-

вания, а также методы перемежения и скремблирования цифровых данных; курс «Основы космического позиционирования и навигации», направленный на изучение методов оценивания основных навигационных параметров радиосигналов (в том числе современных сверхширокополосных систем связи [8]) и их использование в алгоритмах оценки координат источников радиоизлучения. Учебные дисциплины «Алгоритмы и методы распределенных вычислений», «Протоколы систем космической связи», проектно-технологическая практика дают студентам теоретические и практические знания и навыки по актуальным для индустриальных партнеров направлениям. Для более полного погружения студентов в инженерные задачи модифицирован ряд лабораторных комплексов, где на практических занятиях активно применяются проектные методы обучения [9–11].

Образовательная деятельность интегрирована с выполнением научного проекта отделения «Космическая связь» ПИШ ННГУ. Данный проект направлен на разработку каналаобразующей аппаратуры широкополосной сверхвысокочастотной межспутниковой связи для многоспутниковых систем, на решение задач высокоскоростного обмена данными между бортовыми комплексами космических аппаратов и синхронизации их бортовых шкал времени [6]. С этой целью созданы два новых специальных образовательных пространства (СОП) – «Распределенные вычисления» и «Системы космической связи» (рис. 1), оснащенные современными средствами измерений, вычислительной техникой и высокопроизводительным серверным кластером. Для изучения элементов аппаратуры межспутниковой связи используются новейшие лабораторные комплексы, что предполагает активное внедрение современных информационных технологий, в том числе в рамках исследовательской проектной деятельности студентов.

Научный проект: макет аппаратуры межспутниковой связи

В рамках научного проекта осуществляется создание макета каналаобразующей аппаратуры широкополосного канала межспутниковой связи сверхвысокого диапазона частот (100 ГГц – 10 ТГц) для многоспутниковых космических систем. Следует отметить, что в межспутниковой связи важно обеспечить высокую скорость передачи данных ввиду малого времени сеанса связи между спутниками и большого объема передаваемой информации. Используемые в настоящее время частотные диапазоны



В лаборатории СОП «Системы космической связи»

К (18 – 26.5 ГГц) и Ка (26.5 – 40 ГГц) насыщены многочисленными спутниками связи и имеют значительные взаимные помехи, что приводит к ухудшению качества связи на дальних расстояниях. Кроме помехозащищенности, необходимо обеспечивать защиту от перехвата информации как с космических аппаратов, так и с Земли. Такая защита обеспечивается, если передача радиосигналов между спутниками осуществляется вне окон прозрачности распространения сигнала в атмосфере. Разрабатываемая в ходе выполнения научного проекта аппаратура обладает рядом преимуществ для систем космической связи, в частности обеспечивает широкую полосу для передачи радиосигналов (более 1 ГГц); позволяет применять компактные антенны, в том числе и многолучевые; позволяет использовать особенности атмосферы Земли, которая в данном диапазоне имеет как окна прозрачности, так и участки с сильным поглощением радиосигнала.

Автономное функционирование космического аппарата в составе группировки зачастую требует высокой точности определения местоположения космического аппарата на орбите и синхронизации бортовой временной шкалы с глобальным координированным временем. Возникает необходимость синхронизации временных шкал отдельных спутников в составе группировки. Поэтому важными задачами в ходе реализации научного проекта являются: разработка перспективного прототипа системы связи в терагерцевом частотном диапазоне для космических аппаратов с возможностью синхронизации их собственных временных шкал и определения взаимного положения с повышенной точностью; создание лабораторного макета радиоканала связи в терагерцевом частотном диапазоне и создание системы синхронизации собственных временных шкал приемника и передатчика с погрешностью не более 10 нс для по-

вышения точности определения расстояния (не более 3 м) между космическими аппаратами.

По итогам двух лет выполнения научной части проекта:

- разработан проектный облик макета каналообразующей аппаратуры широкополосного канала межспутниковой связи сверхвысоких диапазонов частот для многоспутниковых систем;

- выполнено эскизное проектирование макета каналообразующей аппаратуры широкополосного канала межспутниковой связи сверхвысоких диапазонов частот, разработан комплект схем и чертежей;

- разработан проект протокола широкополосного канала межспутниковой связи для многоспутниковых систем;

- проведены патентные исследования на уровень техники разрабатываемой системы связи и синхронизации в сверхвысоком диапазоне частот.

В научном проекте отделения «Космическая связь» ПИШ ННГУ активное участие принимают бакалавры и магистранты кафедры ИТФИ – при выполнении научно-исследовательских работ, проектно-технологической и преддипломной практик, курсовых и выпускных квалификационных работ. Это позволяет студентам получить уникальный опыт проектной деятельности, закрепить теоретические знания практической работой с современным оборудованием в процессе решения сложных прикладных научных и инженерных задач под руководством специалистов высокой квалификации.

Заключение

Передовая инженерная школа классического университета отличается от традиционного технического образования и является качественно новой подготовкой инженеров на основе интеграции фундаментального образования классического университета с практической научно-

технической подготовкой при взаимодействии с индустриальным партнером. Так, курсы социально-гуманитарного образования направлены на формирование универсальных компетенций выпускника, а дисциплины естественно-научного, физико-математического образования и технического образования наряду с прохождением практик и стажировок на реальных высокотехнологичных производственных объектах – на формирование профессиональных компетенций.

Ключевым ожидаемым результатом ПИШ станет подготовка высококвалифицированных специалистов нового поколения в сфере науки, техники и инновационных технологий, владеющих современными научными знаниями и имеющих опыт реальной производственной деятельности, ориентированных на создание суверенных технологий в области космической связи и радиолокации.

Список литературы

1. О мерах государственной поддержки программ развития передовых инженерных школ. Постановление Правительства РФ № 619 от 08.04.2022. URL: https://engineers2030.ru/upload/medialibrary/085/ykqnbv54wn89kt5127ndedy69xdp1pq/pr_110422_619.pdf?ysclid=lrdbd6zlmq278344652 (дата обращения: 14.01.2024).
2. Ахмедьянова Г. Ф., Пищухин А. М. Онтологический анализ проекта передовой инженерной школы // Онтология проектирования. 2022. Т. 12. № 3 (45). С. 299–309.
3. Палей Р. В., Казаков Ю. М., Султанова Д. Ш. и др. Роль передовой инженерной школы Казанского национального исследовательского технологического университета для кадрового обеспечения нефтегазохимического комплекса // Управление устойчивым развитием. 2023. № 1 (44). С. 68–78.
4. Пинчук А. Ю. Формирование отечественной инженерной школы как формы эффективного ответа российского общества на большие вызовы // ЦИТИСЭ. 2021. № 1 (27). С. 425–435.
5. Дмитриев С. М., Ивашкин Е. Г., Ермакова Т. И., Тумасов А. В. Передовая инженерная школа как инструмент подготовки кадров, готовых к вызовам нового времени // Инновационные технологии в образовательной деятельности: Материалы XXV Международной научно-методической конференции. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2023. С. 208–211.
6. Космическая связь, радиолокация и навигация. Передовая инженерная школа ННГУ. URL: <https://aes.unn.ru> (дата обращения: 25.01.2024).
7. Кузьмина И. В., Лозовская Л. Б., Морозов О. А., Новиков В. А. Опыт применения проектного метода обучения в практических занятиях курса «Основы теории управления» // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2016. № 3 (43). С. 163–168.
8. Гринь И. В., Ершов Р. А., Морозов О. А. Определение местоположения источника излучения сверхширокополосных систем связи // Системы управления и информационные технологии. 2015. № 3 (61). С. 18–22.
9. Лозовская Л. Б., Морозов О. А., Сорохтин М. М. Студенческий учебно-исследовательский проект «Макет устройства пассивной акустической пеленгации» // Физическое образование в вузах. 2021. Т. 27. № 3. С. 35–46.
10. Лозовская Л. Б., Морозов О. А., Новиков В. А. Особенности применения измерительных информационных систем в лабораторном практикуме дисциплин инженерных специальностей // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2019. № 3 (55). С. 195–200.
11. Минеев С. А. Проектный подход в производственной практике: робототехника // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2014. № 3 (4). С. 138–141.

ORGANIZATION OF RESEARCH AND EDUCATIONAL ACTIVITIES IN ADVANCED ENGINEERING SCHOOL AT THE PHYSICS DEPARTMENT OF CLASSICAL UNIVERSITY

L.B. Lozovskaya, S.A. Mineev, O.A. Morozov

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

The article discusses the organization of student training during the implementation of the federal project “Advanced Engineering Schools” in the direction of “Information Technologies in Space Communication Systems” at the Faculty of Physics of a classical university. The integration of fundamental theoretical training of graduates with scientific and applied training in interaction with a high-tech industrial partner is emphasized. Differences from traditional engineering training are named. The need to develop new training courses and create a new generation of educational laboratory complexes, as well as refine the content of existing educational programs, was noted. It helps reduce the gap between the requirements of the Federal State Educational Standard for Higher Education and the expectations of potential employers. Examples of the development of new specialized educational disciplines for training engineering personnel are given. Emphasis is placed on link of educational activities with the implementation of the scientific project of the Space Communications department of Advanced Engineering School in Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod. Two new special educational spaces have been created, equipped with high-performance computing technology and modern measuring instruments. The planned result of the Space Communications Department of Advanced Engineering School is the training of highly qualified engineering personnel ready to solve key problems in the field of space communication technologies.

Keywords: advanced engineering school, industrial partner, space communication systems, information technology, fundamental and applied training of students, qualified engineering personnel.