

КАФЕДРЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ КНИТУ-КАИ – 70 лет

А.Ф. Надеев, Г.И. Щербаков, Ю.Е. Седельников

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 и научной деятельности кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем со времени ее образования и до сегодняшних дней. Представлены некоторые результаты научных исследований, выполнявшихся совместно с другими структурными подразделениями КНИТУ-КАИ по заказу промышленных предприятий радиоэлектронной, космической и авиационной отраслей.

Ключевые слова: радиоэлектроника, телекоммуникации, антенны, информационные системы, обработка сигналов.

В 2022 году исполняется 90 лет КНИТУ-КАИ, 70 лет – Институту радиоэлектроники, фотоники и цифровых технологий (Радиотехнический факультет, Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций), 70 лет – кафедре радиоэлектронных и телекоммуникационных систем.

В декабре 1951 года вышло Постановление Совета Министров СССР о подготовке радиоинженеров в ряде передовых вузов страны, и уже в марте 1952 года приказом министра высшего образования СССР в КАИ был создан радиотехнический факультет и в этом же году - его первые кафедры - радиотехники (РТ-1) и авиационной радиотехники (АР-1). Последняя вскоре была переименована в кафедру радиоуправления (РУ). Почти 50 лет кафедра радиоуправления и радиотехнический факультет не меняли своего названия и лишь в 2002–2003 годах под натиском бурного потока перемен кафедра получила новое название - радиоэлектронных и телекоммуникационных систем (РТС), а радиотехнический факультет в июле 2003 года преобразован в Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций [1].

Осенью 1952 года приказом Главного управления машиностроительных вузов Министерства высшего образования СССР заведующим кафедрой АР-1 утверждается направленный в КАИ из Ленинграда только что защитившийся аспирант ЛИАП, 27-летний кандидат технических наук Поповкин Василий Иванович. Выдающийся организатор, талантливый ученый и педагог В.И. Поповкин внес неоценимый вклад в создание, строительство и развитие не только кафедры радиоуправления, заведую ею почти 20 лет, но и всего радиотехнического факультета как его первый декан в течение почти десяти самых трудных первых лет. После перевода в 1971 году В.И. Поповкина в Рязань на должность ректора радиотехнического института кафедрой заведовал профессор Ю.Ю. Радциг (1971-1977 гг.), который в 1977 г. назначается ректором Новгородского политехнического института. Заведующим кафедрой РУ избирается профессор В.А. Белавин (1977-1985 гг.). С 1985 г. по 1987 год кафедрой заведует профессор Ш.М. Чабдаров, с 1987 г. по 2016 - профессор Г.И. Щербаков (директор Института радиоэлектроники и телекоммуникаций), с 2016 - профессор А.Ф. Надеев.

Поражают удивительно сжатые сроки [1] создания и оснащения современным оборудованием лабораторий кафедры, оперативность разработки курсов лекций по различным направлениям радиоэлектроники при практически полном отсутствии учебной литературы. Быстрому становлению факультета и кафедры способствовали благоприятная социально-экономическая ситуация в стране, высокий престиж высшего образования, бурное развитие

радиоэлектроники и авиационно-космической техники, большой спрос на радиоинженеров в стране и регионе. В конечном итоге успех дела, безусловно, определяли энтузиазм и самоотверженность молодых создателей факультета и кафедры, удачный подбор незаурядных, талантливых руководителей и преподавателей. Большая помощь в комплектовании преподавательского состава, его стажировке, в создании учебно-лабораторной базы и методическом обеспечении учебного процесса была оказана родственными факультетами ведущих вузов Москвы и Ленинграда, Казанским государственным университетом, Казанским заводом «Радиоприбор» и ОКБ по системам госопознавания (ныне АО «НПО «Радиоэлектроники им. В.И. Шимко»).

К началу 1952/53 учебного года [1] на 1-й курс было зачислено сразу 300 студентов, одновременно комплектовались 2-й и 4-й курсы. В июле 1953 года состоялся первый выпуск пятидесяти радиоинженеров, подготовленных кафедрой радиоуправления. В декабре 1953 года состоялся второй выпуск радиоинженеров, и с этого времени кафедра стала выпускающей по специальности «Радиоэлектронные системы» (ныне «Радиоэлектронные системы и комплексы») и принимает активное участие в подготовке инженеров по ряду других направлений и специальностей. За это время подготовку по кафедре прошли многие тысячи студентов, сыгравших позже ключевую роль в становлении и развитии авиационной и ракетно-космической радиоэлектроники. Многие из них стали видными учеными, разработчиками радиосистем, руководителями промышленных предприятий и учебных заведений. Среди них можно назвать Генеральных конструкторов - Героя социалистического труда И.Ш. Мостюкова; Ш.М. Чабдарова, вице-президента Академии наук РТ; В.Л. Сафонова; члена-корреспондента РАН И.Б. Хайбуллина; Генерального директора КАПО И.Г. Хайруллина; Генерального директора объединения «Радиоприбор» Р.У. Апакова; в течение ряда лет ректора Новгородского политехнического института Ю.Ю. Радцига.

Начало 90-х годов было ознаменовано [1] стремительным развитием телекоммуникаций. В 1992 г. кафедрой радиоуправления (Щербаков Г.И., Урецкий Я.С.) при активной поддержке Управления связи РТ (Рахманкулов И.Ш., Осипов Н.А.) была организована подготовка инженеров по направлению «Телекоммуникации» на базе радиотехнического факультета КАИ. На первом этапе подготовка осуществлялась в качестве специализации в рамках специальности «Радиоэлектронные системы», а затем в 1994 г. была открыта специальность «Многоканальные телекоммуникационные системы» и осуществлен первый набор студентов. В 1997 году в КАИ была открыта подготовка по второй специальности телекоммуникационного направления - «Средства связи с подвижными объектами». Подготовка по направлению «Телекоммуникации» потребовала создания специализированной учебно-лабораторной базы, оснащенной современным телекоммуникационным оборудованием. Большая помощь в организации учебного процесса, его материально-техническом обеспечении была оказана Министерством связи РТ и ведущими региональными операторами связи. Между КГТУ им. А.Н. Туполева и Министерством связи Республики Татарстан был заключен договор о сотрудничестве и подготовке кадров, организован Учебно-научный инновационный комплекс, организована целевая контрактная подготовка специалистов для предприятий связи РТ. Между КГТУ им. А.Н. Туполева, Казанским электротехникумом связи и Техническим центром связи заключен договор о сотрудничестве и подготовке кадров; в соответствии с решением Коллегии Министерства связи РТ разработана Концепция интеграции учебного процесса по подготовке и переподготовке специалистов в области связи на базе учебных заведений и предприятий связи. Дальнейшее развитие такая интеграция получила в связи с созданием в 2006 году образовательных кластеров.

Значительное внимание [1] на кафедре всегда уделялось и уделяется научно-методической работе. Еще в 80-е годы сотрудниками кафедры было подготовлено значительное число учебных пособий, многие из которых получили гриф Минвуза СССР и выпущены издательствами «Радио и связь» и «Высшая школа». В их числе первое в СССР учебное пособие «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» (авторы В.И. Петровский и Ю.Е. Седельников), учебник «Конструирование и технология производства радиоэлектронной аппаратуры» (в составе коллектива авторов Ш.М. Чабдаров и М.Ю. Застела). В последующие годы сотрудниками кафедры подготовлено

и издано большое число учебных пособий с грифами УМО по профильным направлениям подготовки. В их числе книга «LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора» (авторы Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков), ряд пособий по специальностям радиотехнического и телекоммуникационного направлений (А.Ф. Надеев, Р.Р. Файзуллин, М.Ю. Застела, С.В. Козлов, Г.А. Морозов, Ю.Е. Седельников, Н.Е. Стахова, Е.А. Спирина и другие).

Традиционно большое внимание уделяется использованию вычислительной техники и современных информационных технологий обучения. Первые разработки в этом направлении были выполнены Г.И. Щербаковым и Ю.Е. Седельниковым еще в 70-е годы. Тогда на базе ЭВМ «Наири» были созданы и внедрены в учебный процесс учебные программы САПР и интерактивные системы контроля и самоконтроля знаний студентов. Сегодня активно внедряются профессиональные средства обучения, основанные на современных компьютерных технологиях: виртуальные лабораторные практикумы, средства САПР на базе пакетов Microsoft Office, LabVIEW и других, системы тестирования при контроле знаний на основе профессиональной среды BlackBoard.

Основатель кафедры В.И. Поповкин прекрасно понимал роль научных исследований и фундаментальной науки для создания мощного, продуктивно работающего педагогического коллектива кафедры. Уже в 1954 г. на кафедре открывается аспирантура под научным руководством В.И. Поповкина. Первым аспирантом стал В.Н. Дымский. В этом же году коллектив кафедры начинает участвовать в научно-исследовательских работах по хозяйственной тематике и на кафедре создается лаборатория № 9 НИС КАИ, плодотворно работающая и по сей день. В течение многих лет при кафедре РУ функционировал отдел проблемной лаборатории микроэлектроники, ориентированный на решение системотехнических и схемотехнических задач акустоэлектроники и микроэлектроники СВЧ.

В 1987 году совместным решением Минрадиопрома и Минвуза СССР создается крупнейшая в стране вузовская отраслевая лаборатория - ОНИЛ МРП с задачами участия в крупнейшей Государственной Программе СССР. Основу ее кадрового потенциала составляют ведущие сотрудники кафедры. В 1994 г. эта лаборатория преобразуется в самостоятельное структурное подразделение - научно-исследовательский центр прикладной электродинамики (НИЦ ПРЭ), возглавляемый проф. Морозовым Г.А. (ныне НИИ Прикладной электродинамики, фотоники и живых систем под руководством проф. И.И. Нуреева) [1].

В начале 90-х годов в НИЦ ПРЭ КГТУ им. А.Н. Туполева в ходе конверсионных работ сформировалось и успешно развивается под руководством профессора Г.А. Морозова новое научное направление - использование электромагнитных полей СВЧ- и КВЧ-диапазонов в промышленности и сельском хозяйстве. В рамках данного направления при активном участии сотрудников кафедры не только созданы основы теории низкоинтенсивных микроволновых технологий, но и за короткий период времени выполнен ряд крупных разработок, внедренных в хозяйственную практику.

Благодаря незаурядным организаторским способностям, научному авторитету и личным качествам основателя кафедры - заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, лауреата Государственной премии СССР, профессора, доктора технических наук В.И. Поповкина на многие годы определились творческое лицо и стиль учебной и научной работы коллектива. Важной стороной сложившегося стиля явился принцип сочетания фундаментальных теоретических исследований и прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. За 70 лет сотрудниками кафедры выполнено большое количество работ как теоретического плана, так и прикладных работ по заказам промышленных предприятий радиоэлектронной, космической и авиационной отраслей. Коллектив кафедры участвовал:

- в качестве головного исполнителя в двух крупнейших фундаментально-поисковых НИР, направленных на повышение обороноспособности страны;
- в научно-исследовательских программах освоения космического пространства, в том числе пилотируемого полета на Луну;
- в программе создания многоэтажного космического корабля «Буран»;

- в ряде специальных программ ракетно-космического направления, а также в работах по специальному радиотехническому оснащению ракетной, авиационной и судовой техники.

С 1970 года большинство научно-исследовательских работ выполнялось согласно решениям Правительства страны.

В области теории и техники антенн важнейшую роль сыграли исследования по теории синтеза антенн, начавшиеся во второй половине 50-х годов. Основы их заложены В.И. Поповкиным и продолжены в последующие годы его учениками. Основными вехами этих работ явились решения классических задач теории синтеза антенн методами теории целых функций и некорректных задач; применений методов самосопряженного оператора, использование в теории синтеза антенн прямых методов решения экстремальных задач, учет влияния погрешностей реализации применительно к задачам синтеза антенн; вопросы синтеза щелевых антенн; синтез широкополосных согласующих трансформаторов. О признании значимости и приоритета этих работ свидетельствует присуждение В.И. Поповкину в 1976 г. Государственной премии СССР.

Параллельно с решением принципиальных вопросов теории антенн с 60-х годов ведется активная работа по созданию практических вариантов антенн в интересах промышленности. Сначала - в плане практического освоения новейших зарубежных разработок, затем - на основе собственных технических решений. В результате было предложено большое число новых вариантов антенн и их элементов, защищенных более 60 авторскими свидетельствами СССР. Результаты разработок, выполненных по заданиям промышленных предприятий Москвы, Казани, Ленинграда, Жуковского, Куйбышева, Каменск-Уральского, внедрены в изделия специальной аэрокосмической техники.

Начиная с 70-х годов, большинство теоретических и прикладных исследований проводилось согласно специальным Программам профильных министерств и Правительства СССР. Существо и содержание этих работ составили исследования и разработка невыступающих слабонаправленных антенн для летательных аппаратов (руководитель профессор Ю.Ю. Радциг и доцент Н.Г. Воробьев), низкопрофильных антенных решеток различных частотных диапазонов с управляемыми диаграммами направленности по постановлениям ВПК (руководитель профессор Ю.Е. Седельников), методов и средств антенных измерений (руководитель профессор Г.А. Морозов, доцент Б.А. Акишин), адаптивных решеток для радиосвязи и активной компенсации акустических полей (руководитель доцент Ю.И. Чони), проектирование антенных решеток для систем связи с применением геоинформационных технологий и конструктивной оптимизации (В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков).

С середины 70-х годов под руководством выпускника кафедры, ныне д. т. н., профессора О.Ш. Даутова на кафедре зародилось новое научное направление прикладной электродинамики, ориентированное на синтез антенн с учетом неоднородности среды распространения радиоволн, в частности диэлектрических антенн и антенн с диэлектрическим покрытием. Оно нашло применение в разработках бортовых щелевых антенн под руководством Н.Г. Воробьева. С возвращением Даутова О. Ш. на кафедру в 2010 году данное направление получило новый импульс и продолжает развиваться применительно к проводимым на кафедре исследованиям свойств материалов космических антенн, методам моделирования линий связи инфокоммуникационных систем с учетом неоднородности среды распространения.

В конце 60-х годов под руководством Ш.М. Чабдарова - ныне доктора технических наук, профессора, академика, вице-президента Академии наук Республики Татарстан на кафедре радиоправления Казанского авиационного института начала формироваться Казанская научная школа статистической радиотехники. В ее работах заложены основы теории смесевых представлений случайных сигналов и помех в статистической радиотехнике, доказаны основополагающие теоремы, определяющие условия существования и основные свойства моделей в виде вероятностных смесей гауссовских случайных явлений. Универсализм полигауссовых представлений, помимо задач статистической радиотехники, оказался конструктивным для решения разнообразных смежных задач:

- исследования в области радиоавтоматики;
- разработка нового класса имитаторов случайных процессов;

- анализ прохождения негауссовских сигналов через нелинейные динамические системы;
- исследования влияния технологических факторов при производстве радиоаппаратуры, в теории потенциальной технологичности и др.

Результаты этих работ опубликованы в авторитетных изданиях и в виде монографий в стране и за рубежом. Ш.М. Чабдаров является одним из авторов монографии «Статистическая теория связи и ее практическое применение», переизданной на английском языке.

Эти подходы также легли в основу нового самостоятельного научного направления - разработка теории и методов имитации случайных вибраций, которое возглавил профессор Я.С. Урецкий. Под его руководством разработаны научно-технические основы и выполнен ряд практических разработок систем контроля и имитации эксплуатационных вибраций. В издательстве «Машиностроение» вышла монография «Имитация и компенсация эксплуатационной вибрации» - авторы Я.С. Урецкий, Р.В. Мнекин и др. Профессор Я.С. Урецкий является соавтором двухтомного справочника «Испытательная техника», изданного в издательстве «Машиностроение», и монографии «Системы формирования спектра случайных вибраций», изданной в 1979 г. в издательстве «Мир». За цикл работ «Радиоэлектронные системы и комплексы имитации виброакустических возмущений» коллективу авторов - Ш.М. Чабдарову, Я.С. Урецкому, Р.В. Мнекину, З.А. Баширову, А.Л. Овчинникову присуждена Государственная премия РТ в области науки и техники за 1996 г.

В настоящее время в рамках научной школы Чабдарова Ш.М. разрабатываются теоретические основы представления, обработки, преобразования негауссовских случайных процессов, а также их приложения в различных областях, таких как интеллектуальные радиоэлектронные системы, перспективные системы мобильной связи, программно-определяемые радиосистемы, инфокоммуникационные системы, медико-биологические диагностические системы и другие. В рамках научной школы ведутся исследования новых классов смешанных вероятностных моделей, в частности, вероятностных смесей гауссовских распределений с конкретизированным механизмом смешивания основанном на марковском свойстве, так называемые марково-смешанные полигауссовы (МС-ПГ) вероятностные модели, разработанные в диссертации А.Ф. Надеева, ныне д.ф.-м.н., профессора. На основе данных моделей решена задача синтеза МС-ПГ алгоритмов обнаружения, различения, разрешения сигналов. Указанный класс алгоритмов, развитый в работах А.Ф. Надеева, Р.Р. Файзулина, С.В. Козлова, А.Е. Егорова, сочетая достоинства полигауссовых и марковских алгоритмов, обладает важными свойствами параллелизма и рекуррентности, что обеспечивает возможность их эффективной реализации на базе современных вычислительных структур.

Новые модели и методы обеспечили возможность решения широкого класса задач в области развития телекоммуникационных технологий и систем. Так в работах П.А. Кокунина разработаны полигауссовы алгоритмы совместной демодуляции-декодирования сигналов, в работах ныне д.т.н. Р.Р. Файзуллина и к.т.н. В.В. Кадушкина – полигауссовы алгоритмы и устройства многопользовательского разрешения сигналов в мобильных инфокоммуникационных системах. В работах к.т.н. А.А. Барышникова исследованы и разработаны модели и методы оптимизации параметров протоколов RLC/MAC с целью улучшения показателей качества обслуживания сетей пакетной радиопередачи, в работах к.т.н. Д.Е. Чикрина разработаны линеаризованные по вычислительной сложности алгоритмы совместной декомпозиции группового сигнала CDMA систем и управления мощностью на фоне негауссовских помех.

В работах д.т.н. С.В. Козлова был разработан ещё один класс полигауссовых моделей - мультимарково-полигауссовы модели, для которых определены основные свойства, методы оценки параметров, проведён анализ эффективности применения для решения актуальных задач оптимизации радиоинтерфейсов перспективных систем связи с кодовым разделением каналов.

В работах д.т.н. Е.А. Спириной полигауссовы модели и методы обеспечили базу для решения задач комплексной оптимизация перспективных IP-сетей связи с целью снижения влияния внутри-системных помех.

Идеи Чабдарова Ш.М., базовые модели и методы формируют основу и открывают возможности для решения многих актуальных задач алгоритмического обеспечения перспективных интеллектуальных радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем.

Результаты многолетней работы доцента кафедры В.М. Боголюбова в области разработки и исследование модуляционных роторных и микроэлектромеханических датчиков первичной информации перспективных систем навигации и ориентации подвижных объектов в 2019 году были успешно защищены в виде докторской диссертации.

Наработанный опыт обработки радиотехнических сигналов нашел свое применение в деле разработки медицинской техники. При участии ведущих специалистов Казанского медицинского университета, Государственного университета усовершенствования врачей, а также Всесоюзного научно-исследовательского института медицинской техники с начала 90-х годов на кафедре РТС создается новое направление по разработке медицинской техники. Возглавила данное направление доцент Т.Ф. Щербакова. Разрабатываются и получают рекомендации комиссии Минздрава к использованию в медицинских учреждениях первые диагностические и новые малогабаритные кардиологические системы, создана система анализа поздних потенциалов желудочков и предсердий сердца. Данная система широко используется в медицинских исследованиях в ГИДУВе.

В 2001 году на базе радиотехнического факультета КГТУ им. А.Н. Туполева совместно с Управлением здравоохранения Администрации г. Казани создается научно-технический медицинский центр (НТМЦ) «РИТМ» (директор центра доц. Т.Ф. Щербакова). В рамках данного направления разработан ряд приборов: автоматический кардиоанализатор, монитор электрической активности головного мозга и центральной гемодинамики, одноканальный электрокардиограф ЭКп1-01 - «КГТУ-Т», производство которого развернуто на базе НТМЦ «РИТМ». На одноканальный электрокардиограф получены два Российских сертификата. Разработано портативное устройство съема электрокардиосигнала для систем телемедицины. Ведутся исследования и разработки по системам контроля функционального состояния водителей и операторов, телеметрическим системам контроля функционального состояния для обеспечения тренировочного процесса спорта высоких достижений.

С 2009 до 2018 кафедра РТС активно участвовала в реализации приоритетного направления развития в рамках Программы развития национального исследовательского университета КНИТУ-КАИ. В рамках данной программы лаборатории кафедры были оснащены современными контрольно-измерительным оборудованием и программным обеспечением ведущих мировых производителей (Rhode&Schwarz, NationalInstruments). Это дало мощный импульс для развития НИОКР с ведущими предприятиями - индустриальными партнерами. По заказу АО «Информационные спутниковые системы» им. ак. М. Ф. Решетнева» были выполнены НИР и составные части ОКР: «Разработка программно-методического обеспечения для измерения коэффициента отражения от плоских образцов» (рук. Ю.Е. Седельников), «Разработка программного обеспечения аппаратно-программного стенда для измерения параметров диаграмм направленности помехозащищенной антенной системы беззапросной измерительной станции» (рук. А.Ф. Надеев), «Разработка методики расчета модового преобразователя облучателя, формирующего пеленгационную характеристику антенны космического аппарата и КПА для испытаний радиопеленгатора» (рук. А.Ф.Надеев), «Разработка рупора и селектора облучающих систем антенн субмиллиметрового диапазона для космических аппаратов» (рук. Ю.Е. Седельников), «Разработка алгоритмов дофокусировки облучающей системы» (рук. Ю.И. Чони), «Определение радиотехнических характеристик сетеполотна антенны Р-диапазона» (рук. Ю.Е. Седельников), «Оптимизация алгоритма дофокусировки облучающей системы» (рук. Ю.И. Чони).

По результатам работ защищены ряд кандидатских диссертаций, изданы под редакцией Н.А. Тестоедова и Ю.Е. Седельникова 2 монографии: «Антенны, сфокусированные в зоне ближнего излученного поля» (Красноярск 2015) и «Анализ и контроль отражающих свойств материалов космических антенн» (2020).

Ряд интересных проектов был выполнен по заказу АО «НПО «Радиоэлектроника им. В.И. Шимко», АО «КЭТЗ», АО «Экран».

Активная научно-исследовательская работа сотрудников кафедры РТС является базой для подготовки кадров высшей квалификации. За время существования кафедры ее сотрудниками, аспирантами и соискателями защищено 9 докторских и более 80 кандидатских диссертаций, в том числе 9 диссертаций иностранных аспирантов.

Результаты научных исследований неоднократно публиковались в ведущих российских и зарубежных изданиях. В 2020 г. по заказу издательства Cambridge Sholars Publishing вышла монография ЧониЮ.И. «Selected Topics on Antenna Synthesis. The Unity of Mathematical Formalisms and Technical Sense».

В последние годы серьезное развитие получило международное сотрудничество. В рамках Германо-российского института новых технологий - ГРИНТ на кафедре РТС с 2015 года реализуется международная магистерская программа «Инфокоммуникации и обработка сигналов» (Communications and Signal Processing) совместно с техническим университетом TU Ilmenau.

Студенты и выпускники кафедры успешно участвуют в отечественных и международных олимпиадах, конференциях, конкурсах занимают высокие призовые места. Так, в 2020 году в Международном конкурсе Huawei Cup 2020 в номинации «5G – Технологии и стандарты мобильной связи нового поколения» студент ГРИНТ Чирков Д. и выпускник ГРИНТ Ашаев И.А. заняли 1-е и 3-е призовые места (научный руководитель Гайсин А.К.).

Сегодня перед кафедрой РТС стоят масштабные задачи по выполнению исследований и разработок в области перспективных технологий интеллектуальных радиоэлектронных систем, перспективных систем мобильных коммуникаций, перспективных спутниковых технологий в интересах предприятий – стратегических партнеров, развитию многоуровневой системы подготовки востребованных квалифицированных инженерных и научных кадров.

Список литературы

1. *Седельников, Ю.Е.* Кафедре радиоэлектронных и телекоммуникационных систем КАИ - 55 лет / Ю.Е. Седельников, Г.И. Щербаков // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. - 2007. - Т.10, №5. - С. 6-10.

2. *Щербаков, Г.И.* Кафедре радиоэлектронных и телекоммуникационных систем КАИ - 55 лет // Электронное приборостроение: научно-практический сборник. - Казань: ЗАО «Новое знание», 2007. – Выпуск 1(50). - С. 32-37.

DEPARTMENT OF RADIO-ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS KNRTU-KAI – 70th ANNIVERSARY

A.F. Nadeev, G.I. Shcherbakov, Yu.E. Sedelnikov

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

Annotation. A general description of the educational, pedagogical and scientific activities of the Department of Radioelectronic and Telecommunication Systems from the time of its formation to the present day is given. Some results of scientific research carried out jointly with other structural subdivisions of KNITU-KAI by order of industrial enterprises of the radio-electronic, space and aviation industries are presented.

Key words: radio electronics, telecommunications, antennas, information systems, signal processing.

Статья поступила в редакцию 25.03.2022