

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе
д.т.н. проф. *В.К. Драгунов* Драгунов В.К.

«*27*» *мая* 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
специальной дисциплины

2.2.16 Радиолокация и радионавигация

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности «Радиолокация и радионавигация» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование знаний, отвечающих формуле специальности применительно к области исследований соответствующей отрасли науки для последующего применения полученных знаний для разработки новых принципов радиолокации и радионавигации, позволяющих повысить эффективность радиолокационных и радионавигационных систем и устройств.

Задачами дисциплины являются:

- развитие способности эффективно использовать всю совокупность полученных ранее компетенций для применения в разработках и исследованиях в своей предметной области по теме научно-исследовательской работы;
- продемонстрировать результаты образования в аспирантуре.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент». Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

Формула специальности

Радиолокация и радионавигация - область науки и техники использующая радиоволны для извлечения информации в средствах радиолокации, радионавигации, а также в промышленной технологии, включающая исследования, разработку, проектирование, испытание, сертификацию и эксплуатацию радиолокационных и радионавигационных систем и устройств. Специальность отличается тем, что содержит научные, технические и технологические исследования и разработки радиолокационных и радионавигационных систем, систем радиоэлектронной борьбы, а также других систем специального назначения и методов их использования в различных отраслях хозяйствования.

Специальность включает вопросы исследования и использования радиотехнических явлений для разработки новых принципов и алгоритмов

работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности, новых технологических процессов и испытаний этих систем.

Значение решений научных и технических проблем радиолокации и радионавигации, радиолокационных и радионавигационных систем и устройств состоит в исследовании новых принципов и методов извлечения и обработки информации для создания высокоэффективных средств в области радиолокации, радионавигации, радиоэлектронной борьбы, технологии их производства и др.

Области исследований

1. Исследование новых явлений и процессов в радиоэлектронике, позволяющих повысить эффективность систем и устройств радиолокации и радионавигации.

2. Исследование рассеяния и отражения объектами радиоволн различных диапазонов.

3. Разработка и исследование новых методов и принципов радиолокации и радионавигации, позволяющих повысить эффективность радиолокационных и радионавигационных систем.

4. Разработка и исследование методов синтеза и анализа радиолокационных и радионавигационных систем и устройств.

5. Синтез и анализ алгоритмов обработки сигналов и информации в радиолокационных и радионавигационных системах и устройствах.

6. Разработка и исследование устройств генерирования, усиления, преобразования радиосигналов и обработки радиосигналов и информации в радиолокационных и радионавигационных системах и устройствах. Создание методик их расчета и основ проектирования.

7. Разработка и исследование новых систем и устройств радиолокации с целью увеличения дальности действия, точности и разрешающей способности, повышения помехозащищенности и помехоустойчивости, увеличения быстродействия.

8. Разработка и исследование систем и устройств радионавигации, в том числе космических, с целью повышения точности местоопределения и угловой ориентации объектов в пространстве, помехоустойчивости и помехозащищенности, эффективности управления объектами и широкого использования радионавигационных устройств в отраслях хозяйствования.

9. Разработка и исследование методов и алгоритмов комплексной обработки сигналов и информации радиолокационных, радионавигационных, радиосвязных систем, систем радиоуправления и других систем.

10. Разработка и исследование методов комплексирования систем и устройств радиолокации и радионавигации с другими датчиками сигналов и информации, а также алгоритмов обработки сигналов и информации в комплексированных системах.

11. Разработка и исследование новых информационных технологий, в том числе цифровых, для обнаружения, распознавания и сопровождения объектов в радиолокационных системах и устройствах при использовании методов распознавания образов, включая искусственные нейронные сети.

12. Разработка и исследование перспективных информационных технологий, в том числе цифровых, а также с использованием нейронных сетей для обработки сигналов и информации в радионавигационных системах, в том числе космических.

13. Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов и извлечения из них информации при воздействии помех.

14. Разработка и исследование помехоустойчивых систем и устройств в системах радиолокации и радионавигации.

15. Разработка и исследование методов защиты и разрушения информации в системах радиолокации и радионавигации.

16. Разработка и исследование радиотехнических систем и устройств специального назначения, в том числе для радио мониторинга и радиоэлектронной борьбы.

17. Разработка и исследование каналов передачи информации в многопозиционных радиолокационных и радионавигационных системах.

18. Разработка и исследование радиоэлектронных устройств отображения и хранения информации.

19. Разработка и исследование методов математического и компьютерного моделирования радиолокационных и радионавигационных систем.

20. Разработка и исследование физических, математических и гибридных имитационных моделей радиолокационных и радионавигационных систем и устройств.

21. Разработка научных и технических основ проектирования, конструирования, технологии производства, испытания и сертификации радиолокационных и радионавигационных устройств и систем.

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

- технические
- физико-математические

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Статистическая теория радиотехнических систем

Статистическое описание сообщений, сигналов и помех. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.

Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

Критерии и решающие правила оптимального обнаружения: критерий Байеса, минимаксный критерий, критерий Неймана-Пирсона, критерий Вальда и др. Показатели качества обнаружения сигналов. Методы синтеза оптимальных обнаружителей. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов на фоне «белого» шума. Обнаружение пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов в «белом» шуме. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая обработка сигналов. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов, в том числе и многоканальное, на фоне гауссовых коррелированных помех. Обесцвечивающие фильтры.

Обнаружение сигналов в негауссовых помехах. Обнаружение пространственно-временных сигналов, многоканальная схема обработки. Условия разделения пространственно-временной обработки на отдельные пространственную и временную. Пространственный фильтр и коррелятор. Реализация пространственных фильтров и корреляторов с помощью ФАР.

Информативные и неинформативные параметры сигналов. Оценки параметров сигналов. Байесовские и небайесовские оценки и их свойства. Оценка максимального правдоподобия и ее свойства. Неравенство Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения параметра. Потенциальная точность совместной оценки нескольких параметров. Информационная матрица Фишера. Потенциальная точность одновременной оценки двух параметров, понятие коэффициента корреляционной связи между оцениваемыми параметрами. Многоканальный и следящий измерители. Оценивание энергетических и неэнергетических параметров сигнала на фоне «белого» шума. Функция рассогласования сигнала и ее связь с потенциальной точностью измерений.

Оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала. Оценивание параметров стохастических сигналов.

Виды оценивания: фильтрация, интерполяция и экстраполяция. Байесовы правила оценивания. Марковская аппроксимация сигналов. Стохастическое уравнение оптимальной фильтрации (уравнение Стратоновича). Линейная фильтрация. Непрерывный и дискретный фильтр Калмана. Нелинейная фильтрация. Синтез алгоритмов методом гауссовского приближения. Оценочно-корреляционная обработка сигналов.

Параметрическая и непараметрическая априорная неопределенность. Методы синтеза алгоритмов обработки при параметрической априорной неопределенности. Адаптивные алгоритмы. Адаптивные многоканальные (в том числе двухканальные) компенсаторы помех с корреляционной обратной связью. Автокомпенсаторы коррелированных помех. Методы синтеза алгоритмов при непараметрической априорной неопределенности. Использование знаковых, порядковых и ранговых статистик для обнаружения сигналов. Робастное оценивание параметров сигнала. Оценки типа максимального правдоподобия (М-оценки). Робастное обнаружение. Адаптивно-робастное обнаружение.

Робастное оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала.

Общие сведения о разрешении и распознавании сигналов (объектов). Характеристики (признаки) объектов и сигналов, используемые для разрешения и распознавания. Взаимосвязь задач разрешения и распознавания. Показатели качества разрешения и распознавания и решающие правила. Упрощенная процедура распознавания. Алгоритмы разрешения и распознавания детерминированных и квазидетерминированных сигналов. Связь разрешающей способности с функцией рассогласования. Меры разрешающей способности. Разрешающая способность по времени запаздывания и по частоте.

Цифровые методы обработки сигналов. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Погрешности дискретизации. Дискретная свертка. Линейная и круговая свертка. Теорема о свертке дискретных сигналов.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.

2. Системы и устройства радиолокации

Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора.

Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния. Модели реальных точечных и протяженных целей. Наблюдаемость точечных целей на фоне протяженных (радиолокационный контраст).

Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

Устройства обнаружения (обнаружители) радиолокационных сигналов. Алгоритмы оптимального обнаружения. Структуры обнаружителей. Обнаружители радиосигналов на фоне коррелированных помех. Цифровые обнаружители. Знаковые, ранговые, робастные и адаптивные обнаружители. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Пороговая мощность радиолокационного сигнала.

Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и скорости. Выбор зондирующего сигнала.

Простые и сложные сигналы. Двумерная корреляционная функция (ДКФ) зондирующего сигнала. Функция неопределенности (ФН) и диаграмма неопределенности (ДН) радиолокационных сигналов.

Методы измерения координат и параметров движения целей. Следящие и неследящие измерители.

Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность радиодальномеров.

Измерители радиальной скорости целей. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность измерителей скорости.

Прецизионные фазовые и корреляционно-фазовые пеленгаторы.

Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность пеленгаторов.

Измерители угловых скоростей.

Пассивные, активные и комбинированные помехи. Характеристики помех. Борьба с пассивными помехами. Селекция движущихся целей (СДЦ). Когерентно-импульсные РЛС. Режекция пассивных помех с помощью гребенчатых фильтров (РГФ). Цифровые РГФ. Качество подавления помех.

РЛС с синтезированной апертурой (РСА). Выбор метода обзора, параметров РСА и структуры цифровой обработки. Разрешающая способность при фокусированном и нефокусированном режимах РСА. Интерферометрические РСА и трехмерное картографирование подстилающей поверхности с борта летательных и космических аппаратов. Радиоинтерферометры со сверхдлинной базой. Апертурный синтез. Радиовидение.

Пространственно-временное описание принимаемого РЛ сигнала. Пространственная (апертурная) характеристика РЛ системы: комплексная диаграмма направленности двумерной антенны и функция раскрытия. Нормированная многомерная пространственно-временная корреляционная функция. Оптимальный приемник, как согласованный пространственно-временной фильтр на основе фазированных антенных решеток (ФАР). Оптимальный приемник, как пространственно-временной коррелятор на основе фазированных антенных решеток (ФАР). Сканирующая активная ФАР на базе перестраиваемых пространственных корреляторов с приемопередающей секцией в каждом элементе решетки.

Автокомпенсаторы активных помех.

Вторичная обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий. Калмановская фильтрация траекторий.

Многопозиционная радиолокация.

Обнаружение сигналов теплового радиоизлучения. Понятия температурного контраста и флуктуационной чувствительности радиометров. Схемы радиометров. Методы и устройства измерения координат источников теплового радиоизлучения.

Подповерхностная радиолокация. Противоречивые требования между несущей частотой и шириной спектра зондирующего сигнала георадара.

Нелинейная радиолокация. Дальность действия нелинейного радиолокатора.

3. Системы и устройства радионавигации и радиоуправления

Методы определения местоположения объекта и способы вывода его в заданную точку пространства. Принципы радионавигации и методы технической реализации радионавигационных систем (РНС) и устройств (РНУ). Методы радиоуправления в радионавигации. Элементы теории

автоматического управления объектами. Контур следящего управления и его основные звенья.

Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиолиний управления объектами.

Автономные РНС: системы счисления пути. Радиосистемы навигации по геофизическим полям Земли. Радиовысотомеры и доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов (ДИС).

Корреляционно-экстремальные измерители скорости. Обзорно-сравнительные радионавигационные системы. Системы навигации по рельефу и карте местности.

Комплексирование навигационных систем с радиотехническими и нерадиотехническими датчиками. Интегрированные РНС.

Радиосистемы дальней навигации (РСДН). Построение глобальных и региональных РСДН. Фазовые и импульсно-фазовые РСДН, использующие дальномерные и разностно-дальномерные методы определения местоположения. Погрешности РСДН.

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Передача сведений об орбитах спутников потребителю для целей навигации. Особенности построения и функционирования СРНС. Влияние атмосферы и космической среды на характеристики СРНС. Методы определения местоположения в СРНС: доплеровский, дальномерный, разностно-дальномерный.

Радиосистемы ближней навигации (РСБН). Радиосистемы посадки летательных аппаратов.

Точность определения местоположения в позиционных РНС. Линии и поверхности положения. Ошибки линий положения. Ошибки определения местоположения на плоскости и в пространстве. Эллипс и эллипсоид ошибок положения. Рабочие зоны РНС. Геометрический фактор.

4. Системы и устройства разрушения информации

Область применения и задачи систем разрушения информации (радиоэлектронной борьбы - РЭБ).

Радиотехническая разведка (РТР). Построение систем и устройств РТР. Определение параметров радиосигналов радиотехнических систем различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения радиоэлектронных систем (РЭС). Эффективность средств РТР.

Методы и средства разрушения информации. Генераторы активных помех. Виды активных помех: заградительные, прицельные, ответные и имитационные.

Радиоэлектронная маскировка. Характеристики качества радиомаскировки. Скрытность и незаметность. Общие методы маскировки объектов и уменьшения радиоконтраста РЭС. Использование широкополосных (ШПС) и сверхширокополосных сигналов (СШПС). Маскировка с помощью пассивных помех.

Основные методы помехозащиты. Изменение параметров радиосигнала в процессе работы, борьба с помехами с помощью устройств селекции радиосигналов.

Защита РЭС от воздействия средств поражения. Эффективность средств РЭБ.

Вопросы для самоконтроля и проведения экзамена

1. Математическое описание случайных процессов
2. Постановка задачи оптимального обнаружения сигналов
3. Характеристики обнаружения детерминированного сигнала
4. Характеристики обнаружения сигнала со случайной начальной фазой
5. Соотношение для потенциальной точности оценки задержки сигнала
6. Соотношение для потенциальной точности оценки доплеровского смещения частоты сигнала
7. Соотношение для потенциальной точности оценки фазы сигнала
8. Структурная схема и уравнения, описывающие фильтр Калмана
9. Апостериорная плотность вероятности и ее значение в теории оптимальной фильтрации
10. Общее выражение для оптимального дискриминатора следящей системы за параметром радиосигнала
11. Постановка задачи оптимальной комплексной фильтрации
12. Алгоритмы фильтрации при решении навигационной задачи (вторичная обработка)
13. Статистическое описание навигационных радиосигналов.
14. Обнаружение сигнала со случайной фазой
15. Обнаружение сигнала с некогерентным накоплением
16. Оценки максимального правдоподобия: основные соотношения, свойства.
17. Поиск навигационного сигнала по задержке и частоте
18. Оценки максимального правдоподобия параметров радиосигнала.
19. Потенциальная точность оценок максимального правдоподобия: основные соотношения, нижняя граница Рао-Крамера.

20. Основные положения теории оптимальной нелинейной фильтрации при приеме навигационных сигналов
21. Оптимальная линейная фильтрация информационных процессов
22. Синтез оптимальных когерентных дискриминаторов фазы и задержки при приеме сигналов СРНС.
23. Когерентный и некогерентный прием навигационных сигналов. Особенности синтеза дискриминаторов в этих режимах
24. Эквивалентные линейные наблюдения фильтруемых процессов при синтезе оптимальных следящих систем. Методика использования теории оптимальной линейной фильтрации для синтеза сглаживающих фильтров следящих систем.
25. Синтез оптимальных алгоритмов решения навигационной задачи
26. Синтез комплексного измерителя дальности и скорости
27. Нормированная многомерная пространственно-временная корреляционная функция и принципы пространственно-временной обработки в РЛ.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Требования и критерии оценивания ответов экзамена

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета
- б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012
г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития. Монография – М.: Радиотехника, 2020. (см. также литературу в этой монографии)
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования, Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова – М.: Радиотехника, 2010.
3. Радиотехнические системы: Учебник для вузов/Под ред. Ю.М. Казаринова. М.: Изд. Дом «Академия», 2008.
4. Баскаков А.И., Жутяева Т.С., Лукашенко Ю.И. Локационные методы исследования объектов и сред. М.: Изд. Дом «Академия», 2011.
5. Меркулов В.И., Перов А.И. и др. Оценивание дальности и скорости в РЛС. Часть 2. – М.: Радиотехника, 2007.
6. Меркулов В.И., Перов А.И. и др. Оценивание дальности и скорости в РЛС. Часть 3. – М.: Радиотехника, 2009..
7. Перов А.И. Методы и алгоритмы оптимального приема сигналов в аппаратуре потребителей спутниковых радионавигационных систем. – М.: Радиотехника, 2012.
8. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. – М.: Радиотехника, 2003.

Дополнительная литература

1. Саватеев Ю.И. Оптимальный прием сигналов на фоне помех и шумов. – М.: Радиотехника, 2011.
2. Сосулин Ю.Г., Костров В.В., Паршин Ю.Н. Оценочно-корреляционная обработка сигналов и компенсация помех. – М.: Радиотехника, 2014.
3. Тихонов В.И. Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
(программное обеспечение, на которое кафедра или МЭИ имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение)

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Университетская информационная система «РОССИЯ»
<https://uisrussia.msu.ru>
- Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>
- Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>
- База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>
- База данных Scopus <https://www.scopus.com>
- Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
- База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
<https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ
<http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»
<https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com" Обзор СМИ"
<https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛИ:

д.т.н., профессор каф. РТПиАС

А.И. Баскаков

зав. кафедрой РТС
к.т.н., доцент

Р.С. Куликов

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой РТПиАС,
к.т.н., доцент

А.А. Комаров

Зав. кафедрой РТС,
к.т.н., доцент

Р.С. Куликов

ДИРЕКТОР ИРЭ

Р.С. Куликов