



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Кафедра «Радиоэлектронные системы управления» (И4)
(наименование)

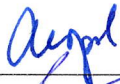


УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной
деятельности БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова
А.В. Суслин
2026 г.



ПРОГРАММА
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
2.2.16. Радиолокация и радионавигация

Санкт-Петербург
2026 г.

Программа кандидатского экзамена по дисциплине «Радиолокация и радионавигация» составлена в соответствии с паспортом специальности 2.2.16. «Радиолокация и радионавигация», Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Программа составлена: _____  _____ Петров Ю.В., доцент, к.т.н.
_____  _____ Синецын В.А., доцент, к.т.н.
_____  _____ Сотникова Н.В., доцент, к.т.н.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Радиоэлектронные системы управления» (И4) - протокол № 14 от 09.06.2026.

1. Планируемые результаты сдачи кандидатского экзамена

Государственный экзамен представляет собой кандидатский экзамен по специальности научных исследований и сдается по программе дисциплины «Радиолокация и радионавигация».

Цель экзамена – установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

2. Организация и прием кандидатского экзамена

2.1. Оценочные средства экзамена

Для рубежной аттестации обучающихся образован фонд оценочных средств в виде вопросов на экзамен.

Вопросы, выносимые на экзамен:

Раздел 1. Основные модели передаваемых сообщений, сигналов и помех. Общие вопросы статистической оптимизации обнаружения, измерения, фильтрации и разрешения сигналов. Излучение, распространение и прием радиоволн

1.1. Типовые сигналы в радиолокации и радионавигации. Факторы, определяющие отражательную и излучающую способность объектов активной и пассивной радиолокации. Электродинамические эффекты, влияющие на характер вторичного излучения. Влияние условий распространения радиоволн на характеристики сигналов.

1.2. Модели временных, пространственно-временных и поляризованных сигналов передаваемых сообщений и помех в задачах обнаружения, измерения, фильтрации и разрешения. Модели сигналов теплового излучения. Модели движения объектов в задачах навигации.

1.3. Показатели качества обнаружения, измерения, фильтрации и разрешения. Решение задачи оптимизации обнаружения, измерения и фильтрации. Использование критерия отношения правдоподобия для нахождения оптимальных алгоритмов обнаружения, измерения и фильтрации параметров временных, пространственно-временных и поляризованных сигналов на фоне различных помех.

1.4. Особенности обнаружения, измерения и фильтрации при неизвестных параметрах сигнала и помех. Принципы адаптивной обработки сигналов.

1.5. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Свободные электромагнитные волны и решение однородных уравнений электродинамики. Плоские волны на границе раздела однородных сред.

1.6. Рефракция радиоволн в неоднородных средах. Решение электродинамической задачи рассеяния радиоволн на телах заданной формы. Распространение радиоволн в природных условиях. Явления дифракции и интерференции. Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры.

1.7. Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики.

1.8. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыве антенны на основные параметры антенн. Техническая реализация антенн в различных диапазонах радиоволн.

Раздел 2. Синтез обнаружителей сигналов

2.1. Обнаружение когерентных сигналов с известными и случайными параметрами. Корреляционные, корреляционно-фильтровые и фильтровые обнаружители когерентных сигналов. Особенности построения обнаружителей когерентных сигналов на фоне помех со случайной интенсивностью и негауссовых помех. Обнаружение некогерентных, в том числе шумовых, сигналов. Показатели качества обнаружения когерентных и некогерентных сигналов. Обнаружение когерентных и некогерентных пространственно-временных и поляризованных сигналов. Особенности обнаружения шумовых сигналов применительно к задачам пассивной локации источников их излучения.

2.2. Автокорреляционные функции, тела и диаграммы неопределенности основных видов когерентных временных, пространственно-временных и поляризованных сигналов.

2.3. Примеры построения различного типа обнаружителей (корреляционных, корреляционно-фильтровых и фильтровых) узкополосных сигналов, как одиночных, так и пачечных, линейно-частотно-модулированных сигналов, фазоманипулированных сигналов при использовании линейных рекуррентных последовательностей: кодов Баркера, многофазовых кодов, М-кодов и др. Методы сжатия радиоимпульсов. Фильтры сжатия.

2.4. Цифровые обнаружители некогерентных и когерентных сигналов с обработкой во временной и частотной областях. Использование быстрого преобразования Фурье.

2.5. Общие особенности и принципы статистического подхода к синтезу обнаружителей сигналов в инфракрасном и оптическом диапазонах волн.

Раздел 3. Фильтрация сигналов. Синтез измерителей параметров сигналов.

3.1. Алгоритмы и структурные схемы неследящих и следящих измерителей параметров (времени прихода, частоты, фазы, амплитуды и т.п.) когерентных и некогерентных сигналов.

3.2. Линейная фильтрация. Фильтры Калмана. Оптимальная нелинейная фильтрация. Гауссовское приближение в теории нелинейной фильтрации.

3.4. Структурные схемы оптимальных аналоговых измерителей дальности и скорости. Структурные схемы измерителей угловых координат для моноимпульсных устройств и антенных решеток. Структурные схемы устройств приема и обработки радионавигационных сигналов: доплеровских измерителей скорости, радиотехнических систем ближней и дальней навигации и т.п.

3.5. Принципы измерения параметров траектории движения целей. Особенности фазовых и частотных измерений. Многоканальные измерители. Принцип измерений с использованием данных пассивной радиолокации.

3.6. Синтез и оценка потенциальной точности и помехоустойчивости дальномерных, разностно-дальномерных, угломерных и доплеровских устройств приема и обработки информации в радионавигационных системах. Оптимальная обработка радионавигационных сигналов, поступающих от нескольких измерителей.

3.7. Оптимизация доплеровских и инерциально-доплеровских комплексных систем навигации. Коррекция комплексных систем навигации от радиотехнических измерителей.

Раздел 4. Системы и устройства радиолокации

4.1. Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации. Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора. Модели реальных точечных и протяженных целей. Наблюдаемость точечных целей на фоне протяженных (радиолокационный контраст).

4.2. Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС. Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и скорости. Выбор зондирующего сигнала. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Пороговая мощность радиолокационного сигнала.

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

4.4. 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.

4.5. Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы. Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность пеленгаторов. Измерители угловых скоростей.

4.6. 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. Автокомпенсаторы активных помех

4.7. РЛС с синтезированной апертурой (РСА). Выбор параметров РСА и структуры цифровой обработки. Радиовидение.

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

4.9. Подповерхностная радиолокация.

4.10. Нелинейная радиолокация.

4.11. Современные бортовые РЛС. Программы развития информационно-вычислительных систем зарубежных самолетов. Структурная схема информационно-вычислительной системы самолета F-35

4.12. Состав современного интегрированного авиационного комплекса. Особенности функционирования бортовых РЛС в условиях бесконтактных сетецентрических войн.

Раздел 5. Системы и устройства радионавигации. Особенности передачи информации в радиолокационных и радионавигационных системах

5.1. Методы определения местоположения объекта. Принципы радионавигации и методы технической реализации радионавигационных систем (РНС) и устройств (РНУ). Точность определения местоположения в позиционных РНС. Рабочие зоны РНС. Геометрический фактор.

5.2. 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.

5.3. Спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Методы определения местоположения в СРНС: доплеровский, дальномерный, разностно-дальномерный. Комплексование навигационных систем с радиотехническими и нерадиотехническими датчиками. Интегрированные РНС.

- 5.4. Радиосистемы дальней навигации (РСДН). Построение глобальных и региональных РСДН. Радиосистемы ближней навигации (РСБН). Радиосистемы посадки летательных аппаратов.
- 5.5. Задачи передачи информации. Радиолинии. Используемые диапазоны радиоволн и методы модуляции радиосигналов в системах передачи информации.
- 5.6. Виды радиосистем передачи информации: связные, телеметрические и командные. Структурная схема радиосистемы передачи информации (РСПИ).
- 5.7. Потенциальная и реальная помехоустойчивость радиолиний с двоично-манипулированными сигналами. Помехоустойчивость РСПИ с амплитудной (АМ, БМ, ОМ), частотной и фазовой модуляцией.
- 5.8. Методы сжатия информации без потерь. Методы сжатия информации с потерями. Сжатие речевых сообщений и изображений (видеоинформации).
- 5.9. Помехоустойчивое кодирование. Параметры помехоустойчивых кодов. Блочные коды. Циклические коды. Сверточные коды.
- 5.10. Многоканальные и многостанционные радиотехнические СПИ. Системы с частотным, временным разделением каналов, с разделением каналов по форме сигналов.
- 5.11. Защита информации в системах передачи информации.

Раздел 6. Основные понятия радиоавтоматики. Радиосистемы управления.

- 6.1. Понятия динамической системы, состояния и управления. Понятие объекта управления. Примеры объектов управления в системах радиоавтоматики. Функциональная схема замкнутой системы радиоавтоматики.
- 6.2. Общие принципы построения математических моделей систем радиоавтоматики и их элементов. Общие дифференциальные уравнения систем и их связь с передаточными функциями. Модели систем в пространстве состояний: форма Коши, векторно-матричная форма
- 6.3. Понятие динамического звена. Уравнение и передаточная функция динамического звена. Линеаризация уравнений динамических звеньев. Типовые динамические звенья, классификация, характеристики и свойства
- 6.4. Временные и частотные характеристики динамических звеньев и систем радиоавтоматики. Переходная характеристика, Частотные характеристики. Амплитудно-фазовая характеристика. Логарифмические частотные характеристики.
- 6.5. Устойчивость линейных стационарных систем. Понятие устойчивости системы. Условия устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости. Критерии устойчивости Михайлова и Найквиста. Применение амплитудно-фазовой и логарифмических частотных характеристик. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе и способы их определения.
- 6.6. Методы анализа систем радиоавтоматики. Оценка качества системы по временным характеристикам, по корням характеристического полинома замкнутой системы, по частотным характеристикам.
- 6.7. Объекты управления. Цель управления. Обобщенная структура системы управления ЛА. Фазовые координаты. Суть процесса управления. Задачи, решаемые в РСУ. Классификация и этапы функционирования РСУ..
- 6.8. Системы самонаведения. Методы самонаведения самолетов и ракет. Особенности самонаведения на цели разных типов. Тактико-технические характеристики систем самонаведения.
- 6.9. Системы командного радиоуправления (КРУ). КРУ-1, КРУ-2. Методы наведения самолетов и ракет при командном управлении в разных режимах. Особенности построения систем командного радиоуправления. Тактико-технические характеристики систем командного радиоуправления.
- 6.10. Автономные и комбинированные системы наведения. Методы наведения самолетов и ракет в автономных и комбинированных системах. Системы радиоуправления маловысотным полетом.

Раздел 7. Радиоэлектронная борьба (РЭБ)

- 7.1. Область применения и задачи систем радиоэлектронной борьбы. Пример построения комплекса РЭБ. Средства ведения РЭБ. Разведывательно - ударные и разведывательно - огневые комплексы. Системы дальнего радиолокационного обнаружения и управления.
- 7.2. Радиотехническая разведка (РТР). Построение систем и устройств РТР. Определение параметров радиосигналов радиотехнических систем различного назначения средствами РТР. Методы определения местоположения радиоэлектронных систем. Эффективность средств РТР.
- 7.3. Методы и средства разрушения информации. Генераторы активных помех. Виды активных помех: заградительные, прицельные, ответные и имитационные.
- 7.4. Радиоэлектронная маскировка. Характеристики качества радиомаскировки. Скрытность и незаметность. Пассивная и активная радиоэлектронная маскировки. Криптостойкость и имитостойкость сообщений.
- 7.5. Общие методы маскировки объектов. Использование широкополосных и сверхширокополосных сигналов. Маскировка с помощью пассивных помех.
- 7.6. Радиоэлектронные помехи (РЭП). Классификация радиоэлектронных помех. Эффективность средств и способов РЭП. Организованные помехи РЛС (оценка информационного ущерба, наносимого активными помехами).
- 7.7. Маскирующие и имитирующие помехи обзорным РЛС. Помехи следящим РЛС. Умышленные пассивные помехи, их виды, характеристики, способы создания. Ионизация среды, аэрозольные образования.
- 7.8. Особенности подавления оптико-электронных средств. Алгоритмические воздействия. Средства электромагнитного и огневого поражения РЭП.
- 7.9. Основные организационные методы помехозащиты. Изменение параметров радиосигнала в процессе работы, борьба с помехами с помощью устройств селекции радиосигналов.
- 7.10. Защита систем радиолокации и радионавигации от воздействия средств поражения. Эффективность средств РЭБ.

Раздел 8. Проектирование и моделирование систем радиолокации и радионавигации

- 8.1. Задачи и методы анализа и синтеза систем радиолокации и радионавигации. Этапы и стадии проектирования. Моделирование и натурные испытания.
- 8.2. Эффективность и показатели качества систем радиолокации и радионавигации. Точность, пропускная способность и помехозащищенность РЭС. Электромагнитная и экологическая совместимость. Надежность, стоимость, масса, объем аппаратуры.
- 8.3. Тенденции развития систем радиолокации и радионавигации. Основные направления развития интерфейсов для сопряжения систем радиолокации и радионавигации.
- 8.4. Использование методов искусственного интеллекта при проектировании систем радиолокации и радионавигации. Экспертные системы. Распознавание образов.
- 8.5. Основные понятия автоматизации проектирования систем радиолокации и радионавигации. Определение, классификация и обеспечение систем автоматизации проектирования: Основные черты современных САПР электроники
- 8.6. Математическое моделирование при проектировании систем радиолокации и радионавигации. Этапы математического моделирования. Методы формирования математических моделей. Моделирование методами несущей, комплексной огибающей, структурных схем и статистических эквивалентов.
- 8.7. Моделирование радиоэлектронных устройств систем радиолокации и радионавигации на уровне структурных и принципиальных схем. Системы «сквозного» проектирования. Постобработка проектов радиоэлектронных устройств и систем. Специализированные системы автоматизации проектирования.

2.2. Порядок приема и критерии оценивания кандидатского экзамена

2.2.1. Аспирант (соискатель) сдает экзамен в устной или письменной форме.

2.2.2. Аспиранту (соискателю) задаются 6 вопросов: 3 вопроса по основной программе (см. п. 2.1; вопросы задаются из разных разделов) и 3 вопроса по одной из дополнительных программ. За ответ по каждому из вопросов ставится оценка по пятибалльной системе.

2.2.3. Оценка ответа соискателя (аспиранта) по основной программе определяется как средняя из оценок по трем вопросам основной программы при условии, что они все положительные.

2.2.4. Оценка ответа соискателя (аспиранта) по дополнительной программе определяется как средняя из оценок по трем вопросам дополнительной программы при условии, что они все положительные.

2.2.5 Общая оценка за экзамен определяется как средняя из оценок по шести вопросам (три вопроса основной программы и три вопроса дополнительной программы) при условии, что они все положительные. Если результирующее значение имеет вид дроби с дробной частью $\frac{1}{2}$, производится округление к большему значению.

2.2.6 Необходимость пересдачи экзамена возникает только в случае смены темы диссертационной работы, приводящей к изменению научной специальности.

Рекомендуемая основная литература

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Радиолокация и радионавигация»

3.1 Основная литература:

Таблица 1

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	В. И. Евсеев	Наука и научные исследования в инженерном деле: история и современность	СПб.: Арт.Экспресс	2022
2	П. А. Бакулев	Радиолокационные системы	М.: Радиотехника	2007
3	В. В. Ахияров, С. И. Нефёдов, А. И. Николаев	Радиолокационные системы	М.: Изд-во МГТУ им. Баумана	2018
4	А. В. Безруков, В. В. Смирнов, Н. В. Сотникова	Радионавигационные системы	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2021
5	И. А. Вельмисов, Е. В. Мамонтов, В. Н. Переломов.	Радиотехнические системы навигации и управления воздушным движением	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2015
6	О. В. Свешников	Радиотехнические системы управления космическими аппаратами	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2015
7	Сейдж Э., Мелс Дж.	Теория оценивания и ее применение в связи и управлении	М.: "Связь"	1976
8	П. А. Бакут	Теория обнаружения сигналов	М: "Радио и связь"	1984
9	В. И. Тихонов	Оптимальный прием сигналов	М: "Радио и связь"	1983

10	А. Н Флёров, С. Ю Страхов, А. А Флёрова, Н. В. Сотникова	Электродинамика и распространение радиоволн	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2020
11	Н. Ш. Блаунштейн М. Б. Сергеев, А. П Шепета.	Прикладные аспекты электродинамики	СПб: Аграф+	2016
12	А. И. Сенин	Статистическая радиотехника	М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана	2010
13	Ю. В. Петров, В. А. Иванов, С. Н. Аникин	Методы математического моделирования радиотехнических систем	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2005
14	А. А. Флёрова	Основы статистической радиотехники	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2008
15	В. В. Смирнов, С. Н. Аникин, М. В. Волкова	Техническая разведка	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2019
16	В. В. Смирнов	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и радиоэлектронная борьба	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2006
17	А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков	Теория информации	Москва: Юрайт,	2020
18	В. В. Смирнов, С. В. Николаев	Пассивные помехи	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2008
19	И.Б. Федоров, В.В. Калмыков	Радиосистемы передачи информации: Учеб. пособие для вузов	М.: Горячая линия – Телеком	2005
20	А.В. Назаров, Г.И. Козырев, И.В. Шитов	Современная телеметрия в теории и на практике: Учебный курс	СПб: Наука и Техника	2007
21	В.М. Вишневецкий	Защищенные радиосистемы цифровой передачи информации: Учеб. пособие	М.: АСТ	2005
22	Скляр, Б.	Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение	М.: Издательский дом «Вильямс»	2003
23	Куприянов А. И.	Радиоэлектронная борьба : учебное пособие	Вологда: Инфра-Инженерия	2023

3.2 Дополнительная литература:

Таблица 2

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
1	И. Б. Рыжков	Основы научных исследований и изобретательства	Санкт-Петербург: Лань	2022
2	В. В. Смирнов, В. А. Иванов, М. В. Вишенцев	Инженерные исследования радиоэлектронных систем	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2008
3	В. П. Соловьёв, Е. М. Богатов	Организация эксперимента	Старый Оскол: ТНТ	2021
4	Ю. В. Петров, С. Н. Аникин, С. А. Юхно	Моделирование случайных величин	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2020

5	Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос	Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех	М.: "Радио и связь"	1981
6	А. А. Сосновский, И. А. Хаймович	Радиотехнические средства ближней навигации и посадки летательных аппаратов	М.: Машиностроение	1975
7	Е. А. Микрин, М. В. Михайлов	Ориентация, выведение, сближение и спуск космических аппаратов по измерениям от глобальных спутниковых навигационных систем	М.: Изд-во МГТУ им. Баумана	2017
8	В. А. Сеницын, А. Л. Беседа, М. В. Зубков	Прямой цифровой синтезатор сигналов	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2011
9	Ю. М. Перунов, К. И. Фомичёв, Л. М. Юдин	Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием	М.: Радиотехника	2003
10	О. В. Белавин	Основы радионавигации	М.: Советское радио	1977
11	А. Н. Сырцев	Противокорабельные разведывательно-ударные комплексы	БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	2015
12	В.М. Вишневский	Широкополосные беспроводные сети передачи информации	М.: Техносфера	2005
13	Ворона В. А.	Радиолокационная разведка. Угрозы и защита	М.: Горячая линия-Телеком	2024

6.3 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

Электронные ресурсы:

ЭБС «Лань», ЭБС «Юрайт», library.voenmeh.ru