

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Радиофизика»**

для программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре

1.3.4 Радиофизика

Калининград
2024

Лист согласования

Составитель: Захаров В.Е., д.ф.-м.н., профессор ОНК «Институт высоких технологий»

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 14 от «31» 01.2024 г.

Председатель Ученого совета
ОНК «Институт высоких технологий»
Профессор, д.ф.-м.н.

Юров А.В.

Содержание:

1. Общая характеристика дисциплины	4
2. Объём дисциплины	4
3. Содержание дисциплины	4
4. Учебно-тематический план дисциплины	9
5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся	10
6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	10
7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	14
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	15
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	16

1. Общая характеристика дисциплины

Учебная дисциплина «Радиофизика» относится к числу дисциплин, направленных на подготовку и сдачу кандидатских экзаменов по научной специальности 1.3.4 Радиофизика.

Изучение учебной дисциплины «Радиофизика» базируется на знаниях и умениях, полученных аспирантами ранее в ходе освоения программного материала других учебных дисциплин.

Цель изучения дисциплины:

Подготовка к сдаче кандидатского экзамена, который представляет собой форму оценки степени подготовленности аспиранта к проведению научных исследований по научной специальности 1.3.4 Радиофизика.

Подготовка научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации с углубленными знаниями в области радиофизики, способных самостоятельно проводить научные исследования, связанные с радиофизикой

Задачи дисциплины:

Формирование углубленных фундаментальных знаний о радиофизике.

Формирование навыков теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области радиофизики, методов планирования эксперимента и обработки результатов, систематизирования и обобщения как уже имеющейся в литературе, так и самостоятельно полученной в ходе исследований информации.

Формирование умений и навыков самостоятельной научной (научно-исследовательской) деятельности по научной специальности 1.3.4 Радиофизика.

Язык реализации дисциплины – русский.

2. Объём дисциплины

Вид учебной работы		Всего, час.	Объём по семестрам	
			1	2
Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (КР):		72	36	36
<i>Лекционные занятия (Л)</i>		48	24	24
<i>Семинарские/ Практические занятия (СПЗ)</i>		24	12	12
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)		90	36	54
Вид промежуточной аттестации: Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)		18		18 КЭ
Общий объём	В часах	180	72	108
	В зачетных единицах	5	2	3

3. Содержание дисциплины

№ пп	Наименование раздела/ темы	Содержание темы
------	----------------------------	-----------------

1	Тема 1: Теория колебаний	<ul style="list-style-type: none"> - Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабо нелинейные колебательные системы. - Автоколебательная система с одной степенью свободы. Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Методы расчета автоколебательных систем. - Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний. Применение затягивания для стабилизации частоты. - Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве: метод малого параметра, метод Ван-дер-Поля, метод Крылова-Боголюбова. Укороченные уравнения. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения. - Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания. - Автоколебательные системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов. - Параметрическое усиление и параметрическая генерация. Параметрические усилители и генераторы. Деление частоты. - Устойчивость стационарных режимов автономных и неавтономных колебательных систем. Временные и спектральные методы оценки устойчивости. - Собственные и вынужденные колебания линейных распределенных систем. Собственные функции системы (моды). Разложение вынужденных колебаний по системе собственных функций. - Распределенные автоколебательные системы. Лазер как пример такой системы. Условия самовозбуждения. Одномодовый и многомодовый режимы генерации. - Хаотические колебания в динамических системах. Понятие о хаотическом (странном) аттракторе. Возможные пути потери устойчивости регулярных колебаний и перехода к хаосу.
2	Тема 2: Теория волн	<ul style="list-style-type: none"> - Плоские однородные и неоднородные волны. Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и

		<p>поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Волновой пакет в первом и втором приближении теории дисперсии. Фазовая и групповая скорости. Параболическое уравнение для огибающей. Расплывание и компрессия импульсов. Поле в средах с временной. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига и принцип причинности. - Свойства электромагнитных волн в анизотропных средах. Оптические кристаллы, уравнение Френеля, обыкновенная и необыкновенная волны. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в магнитном поле; нормальные волны, их поляризация. - Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы. Полосы пропускания и непрозрачности. Электрические цепочки, сплошная среда со слабыми периодическими неоднородностями. Связанные волны. - Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах. - Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды. Линзовые линии и открытые резонаторы. Гауссовские пучки. - Метод Кирхгофа в теории дифракции. Функции Грина. Условия излучения. Дифракция в зоне Френеля и Фраунгофера. Характеристики поля в фокусе линзы. - Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны. Уравнение Бюргерса для диссипативной среды и свойства его решений. Генерация гармоник исходного монохроматического сигнала, эффекты нелинейного поглощения, насыщения и детектирования. - Уравнение Кортевега-де Вриза и синус-Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах. Генерация второй гармоники. Параметрическое усиление и генерация. - Самовоздействие волновых пучков. Самофокусировка света. Приближения нелинейной квазиоптики и нелинейной геометрической оптики. Обращение волнового фронта. Интенсивные
--	--	---

		акустические пучки; параметрические излучатели звука.
3	Тема 3: Статистическая радиофизика	<ul style="list-style-type: none"> - Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Измерение вероятностей и средних значений. - Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций. - Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум. - Отклик линейной системы на шумовые воздействия; функция Грина, интеграл Дюамеля. Действие шума на колебательный контур, фильтрация шума. Нелинейные преобразования (умножения частоты и амплитудное детектирование узкополосного шума). - Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера-Планка. - Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно черного тела. - Случайные поля. Пространственная и временная когерентность. Дифракция случайных волн. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Дифракция регулярной волны на случайном фазовом экране. Тепловое электромагнитное поле. Теорема взаимности. - Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния. - Взаимодействие случайных волн. Генерация второй оптической гармоники, самофокусировка и самомодуляция частично когерентных волн. Преобразование спектров шумовых волн в нелинейных средах без дисперсии.
5	Тема 4: Принципы усиления, генерации и управления сигналами	<ul style="list-style-type: none"> - Принцип работы, устройство и параметры лазеров (примеры: гелий-неоновый лазер, лазер на рубине, полупроводниковый лазер). - Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность.

		<ul style="list-style-type: none"> - Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод. Сверхкороткие импульсы. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты. Оптические компрессоры и получение фемтосекундных импульсов. - Молекулярный генератор. Квантовые стандарты частоты (времени). - Волноводы, длинные линии и резонаторы. Критическая частота и критическая длина волновода. ТЕ-, ТН,- и ТЕМ-волны. Диэлектрические волноводы. Периодические структуры и замедляющие системы. Волновое сопротивление. - Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны. - Генерация волн в СВЧ диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волны, магнетрона и клистрона. Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах. Эффект Джозефсона. - Взаимодействие волн пространственного заряда с акустическим полем, акустоэлектрический эффект. Принципы работы акустоэлектронных устройств (усилители ультразвука, линии задержки, фильтры, конвольверы, запоминающие устройства). - Взаимодействия света со звуком. Дифракция Брэгга и Рамана-Ната. Принципы работы устройств акустооптики (модуляторы и дефлекторы света, преобразователи свет-сигнал, акустооптические фильтры), анализаторы спектра и корреляторы. - Линейный электрооптический и магнитооптический эффекты и их применение для управления светом.
5	<p style="text-align: center;">Тема 5: Антенны и распространение радиоволн</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициент усиления и коэффициент рассеяния антенны. Антенны для ДВ, СВ и СВЧ диапазонов. Параболическая антенна. Фазированные антенные решетки. Эффективная площадь и шумовая температура приемной антенны. - Геометрическое и дифракционное приближения при анализе распространения радиоволн. Влияние неровностей земной поверхности. Земные и тропосферные радиоволны. Рассеяние и поглощение радиоволн в тропосфере. Эффект "замирания". Тропосферный волновод. Распространение радиоволн в ионосфере. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосферной

		плазме. Ионосферная рефракция. Ход лучей в подводном звуковом канале и тропосферном радиоволноводе.
6	Тема 6: Выделение сигналов на фоне помех	<ul style="list-style-type: none"> - Задачи оптимального приема сигнала. Апостериорная плотность вероятности. Функция правдоподобия. Статистическая проверка гипотез. Критерии Байеса, Неймана-Пирсона и Вальда проверки гипотез. - Априорные сведения о сигнале и шуме. Наблюдение и сообщение. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции. - Линейная фильтрация Колмогорова-Винера на основе минимизации дисперсии ошибки. Принцип ортогональности ошибки и наблюдения. Реализуемые линейные фильтры и уравнение Винера-Хопфа. Выделение сигнала из шума. Согласованный фильтр. - Линейный фильтр Калмана-Бьюси. Стохастические уравнения для модели сообщения и шума. Дифференциальные уравнения фильтра. Уравнение для апостериорной информации в форме уравнения Риккати. Сравнение фильтрации методом Колмогорова-Винера и Калмана-Бьюси. - Основные задачи нелинейной фильтрации и синтеза систем.

4. Учебно-тематический план дисциплины

Номер раздела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов					Форма контроля
		Всего	КР	Л	СПЗ	СР	
	Семестр 3	72	36	24	12	36	
1	Тема 1: Теория колебаний	24	12	8	4	12	
2	Тема 2: Теория волн	24	12	8	4	12	
3	Тема 3: Статистическая радиофизика	24	12	8	4	12	
	Семестр 4	108	36	24	12	54	КЭ
4	Тема 4: Принципы усиления, генерации и управления сигналами	36	12	8	4	18	
5	Тема 5: Антенны и распространение радиоволн	36	12	8	4	18	
6	Тема 6: Выделение сигналов на фоне помех	36	12	8	4	18	
	Общий объем	180	72	48	24	90	18

5. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся

Цель самостоятельной работы обучающихся заключается в глубоком, полном усвоении учебного материала и в развитии навыков самообразования. Самостоятельная работа может включать: работу с текстами, литературой, учебно-методическими пособиями, нормативными материалами, в том числе материалами сети интернет, а также проработку конспектов лекций, написание докладов, рефератов, участие в работе семинаров, научных конференциях и пр.

Задания для самостоятельной работы:

Корреляционные функции случайных пространственно- временных полей
Пространственно- временные спектральные разложения случайных полей
Дифракция плоской волны на хаотическом экране
Дифракция случайных полей в оптических системах
Метод малых возмущений при решении задачи рассеяния
Метод геометрической оптики в приложении к распространению волн в случайных полях
Флуктуации группового запаздывания радиоимпульсов при их распространении в случайной среде
Флуктуации угловых характеристик при распространении радиоволн в случайных средах
Метод плавных возмущений при анализе распространения радиоволн в случайной среде

Контроль самостоятельной работы осуществляется на семинарских (практических) занятиях

6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Текущий контроль:

Примерный перечень вопросов устных опросов:

1. Локально однородные случайные поля.
2. Квазиоднородные поля.
3. Пространственно- временное спектральное разложение случайных полей.
4. Случайные волны в неограниченной однородной среде.
5. Дифракция плоской волны на безграничном хаотическом экране.
6. Дифракция случайных полей в простейших оптических системах
7. Метод малых возмущений. Средняя интенсивность рассеянного поля.
8. Эффективный поперечник рассеяния.
9. Границы применимости приближения однократного рассеяния.
10. Пространственная корреляция и вероятностные распределения рассеянного поля.

11. Рассеяние на нестационарных неоднородностях.
12. Рассеяние импульсных и модулированных сигналов.
13. Уравнение геометрической оптики. Флуктуация эйконала.
14. Флуктуации углов прихода, боковых смещений и группового запаздывания волны.
15. Флуктуации уровня. Среднее поле и функция когерентности.
16. Обоснование параболического уравнения.
17. Закон сохранения энергии в приближении параболического уравнения.
18. Метод плавных возмущений.
19. Распределение вероятностей флуктуаций амплитуды и фазы.
20. Закон сохранения энергии и границы применения МПВ.
21. Рассеяние на малых неровностях. Метод возмущений.
22. Рассеяние на крупномасштабных неоднородностях.
23. Метод Кирхгофа.

Перечень вопросов к кандидатскому экзамену:

1. Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабо нелинейные колебательные системы.
2. Автоколебательная система с одной степенью свободы. Энергетические соотношения в автоколебательных системах. Методы расчета автоколебательных систем.
3. Воздействие гармонического сигнала на автоколебательные системы. Синхронизация. Явления затягивания и гашения колебаний. Применение затягивания для стабилизации частоты.
4. Аналитические и качественные методы теории нелинейных колебаний. Анализ возможных движений и бифуркаций в фазовом пространстве: метод малого параметра, метод Ват-дер-Поля, метод Крылова-Боголюбова. Укороченные уравнения. Усреднение в системах, содержащих быстрые и медленные движения.
5. Колебательные системы с двумя и многими степенями свободы. Нормальные колебания. Вынужденные колебания.
6. Автоколебательные системы с двумя и более степенями свободы. Взаимная синхронизация колебаний двух генераторов.
7. Параметрическое усиление и параметрическая генерация. Параметрические усилители и генераторы. Деление частоты.
8. Устойчивость стационарных режимов автономных и неавтономных колебательных систем. Временные и спектральные методы оценки устойчивости.
9. Собственные и вынужденные колебания линейных распределенных систем. Собственные функции системы (моды). Разложение вынужденных колебаний по системе собственных функций.
10. Распределенные автоколебательные системы. Лазер как пример такой системы. Условия самовозбуждения. Одномодовый и многомодовый режимы генерации.
11. Хаотические колебания в динамических системах. Понятие о хаотическом (странном) аттракторе. Возможные пути потери устойчивости регулярных колебаний и перехода к хаосу.

12. Плоские однородные и неоднородные волны. Плоские акустические волны в вязкой теплопроводящей среде, упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация.
13. Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Волновой пакет в первом и втором приближении теории дисперсии. Фазовая и групповая скорости. Параболическое уравнение для огибающей. Расплывание и компрессия импульсов. Поле в средах с временной. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига и принцип причинности.
14. Свойства электромагнитных волн в анизотропных средах. Оптические кристаллы, уравнение Френеля, обыкновенная и необыкновенная волны. Магнитоактивные среды. Тензор диэлектрической проницаемости плазмы в магнитном поле; нормальные волны, их поляризация.
15. Волны в периодических структурах. Механические цепочки, акустические и оптические фононы. Полосы пропускания и непрозрачности. Электрические цепочки, сплошная среда со слабыми периодическими неоднородностями. Связанные волны.
16. Приближение геометрической оптики. Уравнения эйконала. Дифференциальное уравнение луча. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.
17. Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды. Линзовые линии и открытые резонаторы. Гауссовские пучки.
18. Метод Кирхгофа в теории дифракции. Функции Грина. Условия излучения. Дифракция в зоне Френеля и Фраунгофера. Характеристики поля в фокусе линзы.
19. Волны в нелинейных средах без дисперсии. Образование разрывов. Ударные волны. Уравнение Бюргерса для диссипативной среды и свойства его решений. Генерация гармоник исходного монохроматического сигнала, эффекты нелинейного поглощения, насыщения и детектирования.
20. Уравнение Кортевега-де Вриза и синус-Гордона. Стационарные волны. Понятие о солитонах. Взаимодействия плоских волн в диспергирующих средах. Генерация второй гармоники. Параметрическое усиление и генерация.
21. Самовоздействие волновых пучков. Самофокусировка света. Приближения нелинейной квазиоптики и нелинейной геометрической оптики. Обращение волнового фронта. Интенсивные акустические пучки; параметрические излучатели звука.
22. Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Измерение вероятностей и средних значений.
23. Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и другие примеры спектров и корреляционных функций.
24. Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум, импульсные случайные процессы, дробовой шум.
25. Отклик линейной системы на шумовые воздействия; функция Грина, интеграл Дюамеля. Действие шума на колебательный контур, фильтрация шума. Нелинейные преобразования (умножения частоты и амплитудное детектирование узкополосного шума).
26. Марковские и диффузионные процессы. Уравнение Фоккера-Планка.
27. Броуновское движение. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум; классический и квантовый варианты формулы Найквиста. Тепловое излучение абсолютно черного тела.

28. Случайные поля. Пространственная и временная когерентность. Дифракция случайных волн. Теорема Ван Циттерта-Цернике. Дифракция регулярной волны на случайном фазовом экране. Тепловое электромагнитное поле. Теорема взаимности.
29. Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности. Понятие об обратной задаче рассеяния.
30. Взаимодействие случайных волн. Генерация второй оптической гармоники, самофокусировка и самомодуляция частично когерентных волн. Преобразование спектров шумовых волн в нелинейных средах без дисперсии.
31. Принцип работы, устройство и параметры лазеров (примеры: гелий-неоновый лазер, лазер на рубине, полупроводниковый лазер).
32. Оптические резонаторы. Резонатор Фабри-Перо, конфокальный и концентрический резонаторы. Неустойчивый резонатор. Продольные и поперечные типы колебаний. Спектр частот и расходимость излучения. Добротность.
33. Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод. Сверхкороткие импульсы. Шумы лазеров, формула Таунса и предельная стабильность частоты. Оптические компрессоры и получение фемтосекундных импульсов.
34. Молекулярный генератор. Квантовые стандарты частоты (времени).
35. Волноводы, длинные линии и резонаторы. Критическая частота и критическая длина волновода. ТЕ-, ТН-, и ТЕМ-волны. Диэлектрические волноводы. Периодические структуры и замедляющие системы. Волновое сопротивление.
36. Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны. Генерация волн в СВЧ диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волны, магнетрона и клистрона. Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах. Эффект Джозефсона.
37. Взаимодействие волн пространственного заряда с акустическим полем, акустоэлектрический эффект. Принципы работы акустоэлектронных устройств (усилители ультразвука, линии задержки, фильтры, конвольверы, запоминающие устройства).
38. Взаимодействия света со звуком. Дифракция Брэгга и Рамана-Ната. Принципы работы устройств акустооптики (модуляторы и дефлекторы света, преобразователи свет-сигнал, акустооптические фильтры), анализаторы спектра и корреляторы.
39. Вибратор Герца. Ближняя и дальняя зоны. Диаграмма направленности. Коэффициент усиления и коэффициент рассеяния антенны. Антенны для ДВ, СВ и СВЧ диапазонов. Параболическая антенна. Фазированные антенные решетки. Эффективная площадь и шумовая температура приемной антенны.
40. Геометрическое и дифракционное приближения при анализе распространения радиоволн. Влияние неровностей земной поверхности. Земные и тропосферные радиоволны. Рассеяние и поглощение радиоволн в тропосфере. Эффект "замирания". Тропосферный волновод. Распространение радиоволн в ионосфере. Дисперсия и поглощение радиоволн в ионосферной плазме. Ионосферная рефракция. Ход лучей в подводном звуковом канале и тропосферном радиоволноводе.

41. Задачи оптимального приема сигнала. Апостериорная плотность вероятности. Функция правдоподобия. Статистическая проверка гипотез. Критерии Байеса, Неймана-Пирсона и Вальда проверки гипотез.

42. Априорные сведения о сигнале и шуме. Наблюдение и сообщение. Задачи интерполяции, фильтрации и экстраполяции.

43. Линейная фильтрация Колмогорова-Винера на основе минимизации дисперсии ошибки. Принцип ортогональности ошибки и наблюдения. Реализуемые линейные фильтры и уравнение Винера-Хопфа. Выделение сигнала из шума. Согласованный фильтр.

44. Линейный фильтр Калмана-Бьюси. Стохастические уравнения для модели сообщения и шума. Дифференциальные уравнения фильтра. Уравнение для апостериорной информации в форме уравнения Риккати. Сравнение фильтрации методом Колмогорова-Винера и Калмана-Бьюси. Основные задачи нелинейной фильтрации и синтеза систем.

7. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

В ходе текущего контроля успеваемости (устный или письменный опрос, подготовка и защита реферата, доклад, презентация, тестирование и пр.) при ответах на учебных занятиях, а также промежуточной аттестации в форме зачета обучающиеся оцениваются по двухбалльной шкале:

Оценка «зачтено» – выставляется аспиранту, если он продемонстрировал знания программного материала, подробно ответил на теоретические вопросы, справился с выполнением заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка «не зачтено» – выставляется аспиранту, если он имеет пробелы в знаниях программного материала, не владеет теоретическим материалом и допускает грубые, принципиальные ошибки в выполнении заданий и (или) ситуационных задач, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка по результатам проведения кандидатского экзамена по дисциплине выставляется на основе совокупности ответов по вопросам программы кандидатского экзамена и по вопросам дополнительной программы по теме диссертации аспиранта, которая согласовывается с научным руководителем.

Оценка «отлично» выставляется за исчерпывающий ответ, отражающий знание и профессиональное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «хорошо» выставляется за ответ, содержащий не принципиальные погрешности, отражающий знание и свободное владение материалом программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за ответ, отражающий знание принципиальных положений вопросов, при наличии погрешностей, устраняемых аспирантом при ответе на дополнительные вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за ответ, показывающий непонимание существа вопроса, наличия грубых ошибок в ответах на вопросы программы кандидатского экзамена и дополнительной программы по теме диссертации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

Основная литература

1. Н. В. Карлов, Н.А. Кириченко. Колебания, волны, структуры. – М.: Физматлит, 2001.
2. М.И.Рабинович, Д.И.Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. М. Наука, 2008.
3. Н.Н.Боголюбов. Ю.А.Митропольский. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М. Наука. 2006.
4. В.Е.Захаров. Оптимальный прием и обработка сигналов: Учеб.пособие.- Калининград: Изд-во РГУ им.И. Канта, 2005 г.-161 с.
5. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию.-Киев: ВЦ, 2010г.
6. М. Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков. Теория волн. – М.: Наука, 1990.

Дополнительная литература:

1. А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. Теория колебаний. – М.: Наука, 1981.
2. В. В. Мигулин, В. И. Медведев, Е. Р. Мустель, В. Н. Парыгин. Основы теории колебаний. – М.: Наука, 1988.
3. Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. – М.: Наука, 1988.
4. Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. – М.: Наука, 1974.
5. С. М. Рытов. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. – М.: Наука, 1976.
6. С. М. Рытов, Ю. А. Кравцов, В. И. Татарский. Введение в статистическую радиофизику. Часть 7. Случайные поля. – М.: Наука, 1978.
8. Дж. Гауер. Оптические системы связи. – М.: Радио и связь, 1989.
9. Л. Д. Бахрах, С. Д. Кременецкий. Синтез излучающих систем. – М.: Радио и связь, 1974.
10. В. И. Балакший, В. Н. Парыгин, Л. Е. Чирков. Физические основы акустооптики. – М.: Радио и связь, 1985.
11. Ф. Качмарек. Введение в физику лазеров. – М.: Мир, 1981.
12. Л. А. Вайнштейн, В. А. Солнцев. Лекции по сверхвысокочастотной электронике. – М.: Сов. радио, 1973.
13. В. А. Зверев. Радиооптика. – М.: Сов. радио, 1975.
14. М. Букингем. Шумы в электронных приборах и системах. – М.: Мир, 1986.
15. Н. В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука, 1983.
16. Б. Р. Левин. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989.
17. Л. В. Ландау, Е. М. Лифшиц. Статистическая физика. – М.: Наука. 1999, том V, часть
18. Е. Л. Фейнберг. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. – М.: Наука. 1999.

19. Н. Н. Моисеев. Асимптотические методы нелинейной механики. – М.: Наука, 1981
20. С.А. Ахманов, Ю.Е. Дьяков, А.С. Чиркин. Введение в статистическую радиофизику и оптику, – М.: Наука, 1981.
21. Н. М. Цейтлин. Антенная техника и радиоастрономия. – М.: Радио и связь, 1976.
22. В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991.
23. А. Ярив, П.Юх. Оптические волны в кристаллах. – М.: Мир, 1987.
24. Г. Кайно. Акустические волны. Устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов. – М.: Мир, 1990.
25. В. В. Никольский, Т.И. Никольская. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 1989.

Программное обеспечение:

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – www.lms-3.kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- корпоративная платформа Webinar.ru;
- установленное на рабочих местах студентов ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security. Java 8 Update 231 MATLAB R2016a Dev-C++

Электронные образовательные ресурсы:

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС
- ЭБС ZNANIUM.COM
- ЭБС IBOOKS.RU
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

БФУ им. И. Канта имеет специальные помещения и лаборатории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, научных исследований, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.