

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
ИММАНУИЛА КАНТА**

**Институт физико-математических наук и  
информационных технологий**

«Утверждаю»

Директор ИФМН и ИТ

д.ф.-м.н., проф. Юров А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Согласовано»

Руководитель службы обеспечения  
образовательного процесса  
к.п.н., доц., Полупан К. П.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г..

**Рабочая программа**  
по дисциплине  
**Актуальные проблемы отрасли науки**  
направление подготовки  
**11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи»**  
Направленность программы  
**«Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»**  
для аспирантов 1 года обучения

Калининград  
2021

Лист согласования

Составитель: д.ф.-м.н., профессор, профессор института физико математических наук и информационных технологий

\_\_\_\_\_ Пахотин В.А.

Программа обсуждена и утверждена на заседании учебно-методического совета института физико-математических наук и информационных технологий. Протокол № \_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Председатель учебно-методического совета \_\_\_\_\_ первый заместитель директора института, к.ф.-м.н., доцент, Шпилевой А. А.

Программа пересмотрена на заседании учебно-методического совета института физико-математических наук и информационных технологий.

Внесены следующие изменения (или изменений не внесено) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Протокол № \_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ведущий менеджер ООП \_\_\_\_\_ Бурмистров В.И.

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	3
Тематический план.....	5
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине .....	8
Ресурсное обеспечение.....	8
Перечень информационных технологий, используемых при обучении.....	9
Описание материально-технической базы.....	10
Язык преподавания.....	10
Преподаватели.....	10
Приложение 1 Оценочные средства по дисциплине.....	11

## 1. Пояснительная записка

Цель освоения программы аспирантуры «**Электроника, радиотехника и системы связи**» направления подготовки **11.06.01 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»** – это подготовка квалифицированного преподавателя-исследователя, обладающего системой универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, способного и готового для самостоятельной профессиональной деятельности.

В структуре учебного плана дисциплина «**Актуальные проблемы отрасли науки**» относится к разделу обязательных дисциплин вариативной части, Б1.В.ОД.1.2. Предметом ее изучения являются актуальные задачи современной радиофизики, связанные с распространением волн в случайно-неоднородных полях и равновесными полями теплового происхождения.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры (компетенциями выпускников):

- способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской деятельности и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 01.04.03 – радиофизика (ПК-1);
- способностью к поиску, анализу и обработке экспериментальных данных и их применению в собственных научных исследованиях (ПК-2);

**Цель освоения дисциплины:** изучение общих принципов излучения и распространения скалярных и векторных волн в случайно-неоднородных средах, а также описания равновесных полей теплового происхождения, формирование целостной картины механизма волнового распространения в различных средах, овладение математическими методами, необходимыми для описания волновых процессов, знакомство с современными достижениями радиофизики.

**Задачи изучения дисциплины:**

- познакомить студентов с современными достижениями науки в области радиофизики;

- расширить знания студентов теории случайных колебаний и волн в линейной среде

### 1.1. Основные требования к начальной подготовке, необходимые для успешного изучения дисциплины «Актуальные проблемы отрасли науки» в аспирантуре

Основные знания, необходимые для изучения аспирантом дисциплины «Современные проблемы радиоп физики», формируются при обучении:

№ п/п	Предшествующая дисциплина	Знания, умения и владения обучающегося
Магистерская программа «Системы и комплексы оптических измерений и контроля»		
1.	Философские вопросы естествознания и технологии	знания: <ul style="list-style-type: none"> <li>• философской картины мира;</li> </ul> умения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• грамотно оценивать события истории науки;</li> <li>• системно подходить в оценке развития любой научной дисциплины;</li> </ul> владения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации.</li> </ul>
2	История и методология науки	знания: <ul style="list-style-type: none"> <li>• основных разделов и особенностей современной физики;</li> <li>• основных понятий физики, историю их возникновения, этапы эволюции; важнейшие достижения физики XX-XXI веков, критически важные проблемы современной физики;</li> </ul> умения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать основные методы исследований в физике в профессиональной деятельности;</li> <li>• обобщать и систематизировать знания по физике в профессиональной деятельности;</li> </ul> владения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• новейшими физическими концепциями, определяющими логику развития науки;</li> <li>• сведениями о жизни и научном творчестве величайших физиков прошлых времен и современности.</li> </ul>
Магистерская программа «Прикладные радиоп физические исследования атмосферы и ионосферы»		
	Статистическая теория распространения радиоволн	<ul style="list-style-type: none"> <li>• знать статистическую теорию распространения электромагнитных волн;</li> <li>• уметь излагать методы анализа статистических характеристик полей, распространяющихся в среде с флуктуациями диэлектрической проницаемости, по</li> </ul>

		<p>заданным статистическим характеристикам флуктуаций диэлектрической проницаемости.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеть методами описания статистических характеристик полей в режимах слабых и сильных флуктуаций амплитуды и знать границы их применимости.</li> </ul>
1	Философские вопросы естествознания и технологии	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• философской картины мира;</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• грамотно оценивать события истории науки;</li> <li>• системно подходить в оценке развития любой научной дисциплины;</li> </ul> <p>владения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации.</li> </ul>
2	История и методология науки	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основных разделов и особенностей современной физики;</li> <li>• основных понятий физики, историю их возникновения, этапы эволюции; важнейшие достижения физики XX-XXI веков, критически важные проблемы современной физики;</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать основные методы исследований в физике в профессиональной деятельности;</li> <li>• обобщать и систематизировать знания по физике в профессиональной деятельности;</li> </ul> <p>владения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новейшими физическими концепциями, определяющими логику развития науки;</li> <li>• сведениями о жизни и научном творчестве величайших физиков прошлых времен и современности.</li> </ul>

**1.2. Компетенции, формируемые у аспиранта в результате освоения дисциплины «Современные проблемы радиофизики»:**

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции
1	ПК-1	способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской деятельности и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 01.04.03 – радиофизика
2	ПК-2	способность к поиску, анализу и обработке экспериментальных данных и их применению в собственных научных исследованиях

### 1.3. Перечень знаний, умений и владений аспиранта в результате освоения дисциплины

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- актуальные задачи радиофизики и их практическое приложение;</li> <li>- современные методы радиофизических исследований и области их применения;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться математическим аппаратом для описания и решения радиофизических задач;</li> <li>- использовать современные методы и подходы в решении задач о генерации и распространении радиоволн;</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками решения различных типов задач, связанных с распространением радиоволн в неоднородной среде;</li> </ul>
ПК-2	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информационные ресурсы, на которых размещаются результаты актуальных радиофизических исследований;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с информацией, искать и верифицировать необходимые сведения;</li> <li>- изучать ранее неизвестные законы и закономерности на основании полученной информации;</li> <li>- делать выводы, находить связь между явлениями.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельного приобретения новых знаний, используя современные образовательные и информационные технологии;</li> </ul>
(ПК-2)	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, представления и определения случайных волновых полей;</li> <li>- современные проблемы радиофизики в области, связанной с генерацией и распространением волн в случайно-неоднородных средах;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генерировать новые идеи и обсуждать способы эффективного решения задачи;</li> <li>- работать с литературными источниками, объяснять суть физических явлений, рассматриваемых в курсе;</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками междисциплинарного применения новых полученных результатов</li> </ul>

### 2. Тематический план

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часа, из которых 18 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем, в том числе 18 часов занятий лекционного типа и 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (во взаимодействии с преподавателем), часы	Сам. работа аспиранта, часы

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические, контрольные занятия и др.)	Всего	Всего	
Тема 1. Излучение и дифракция случайных волновых полей	14	4					4	10	
Тема 2. Теория однократного рассеяния волн	14	4					4	10	
Тема 3. Метод геометрической оптики	14	4					4	10	
Тема 4. Метод плавных возмущений	16	4					4	12	
Тема 5. Рассеяние на шероховатых поверхностях	14	2					2	12	
<b>ИТОГО</b>	<b>72/ 2 ЗЕ</b>	18							54
Промежуточная аттестация	Зачёт								

### **3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине «Актуальные проблемы отрасли науки»**

Оценочные средства приведены в Приложении 1 к настоящей рабочей программе.

### **4. Ресурсное обеспечение**

#### **4.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ и дополнительной литературы**

##### **Основная литература**

1. Куприянова, Г. С. Практическая квантовая радиофизика: учеб. пособие/ Г. С. Куприянова; Балт. федер. ун-т им. И. Канта. - Калининград: БФУ им. И. Канта, 2015 on-line, 134 с.. - Библиогр.: с. 131-132 (27 назв.). - Бессрочная лицензия.

##### **Дополнительная литература**

1. Терлецкий, Я. П. Электродинамика: [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов]/ Я. П. Терлецкий, Ю. П. Рыбаков. - Москва: Высш. шк., 1990. - 351 с.
2. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник для вузов / Г. А. Ерохин [и др.] ; ред. Г. А. Ерохин. - 3-е изд.. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2007. - 491 с.



#### 4.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. ЭБС Кантиана (<https://elib.kantiana.ru/>).
2. ЭБС Znanium (<https://new.znanium.com/catalog/document?id=333215>)
3. ЭБС «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru/>)
4. ЭБС «Лань» (<http://e.lanbook.com/>)
5. «Национальная электронная библиотека» (<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>).
6. ЭБС «Айбукс.ру/ibooks.ru» (<http://ibooks.ru/>)
7. ЭБС ЮРАЙТ (<https://www.biblio-online.ru/>)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU(<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

#### 5. Перечень информационных технологий, используемых при обучении

В ходе преподавания дисциплины «Актуальные проблемы отрасли науки» применяются следующие информационные технологии, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

- технические средства: компьютерная техника и средства связи (персональные компьютеры, проектор, интерактивная доска, видеокамеры и пр.);
- методы обучения с использованием информационных технологий (демонстрация мультимедийных материалов и пр.);
- перечень интернет-сервисов и электронных ресурсов (поисковые системы, электронная почта, профессиональные, тематические чаты и форумы, системы видео- и аудиоконференций, он-лайн энциклопедии и справочники). Институт обеспечен лицензионным программным обеспечением.

На вебсайте БФУ им. И. Канта представлены следующие ЭБС и информационные базы данных:

- <https://elibrary.ru>, Научная электронная библиотека.
- <http://www.rsl.ru/> Российская государственная библиотека
- <http://www.biblioclub.ru/> Университетская библиотека онлайн

#### 6. Описание материально-технической базы

1. Лекционная аудитория на 80 человек со средствами мультимедиа в составе: экран, проектор EPSON EB-450W, моноблок MSI AE 222 G.
2. Инженерный компьютерный класс с выходом в сеть интернет в составе: рабочая станция Fujitsu Celsius W530 Power -12 шт; монитор DELL

U2412M -12 шт; ИБП Back UPS APC 1100 -12 шт; проектор Promethean DLP; интерактивная доска Promethean Active Board; Телевизор LG 50LN540V, LG 55LA643V.

## **7. Язык преподавания**

русский

## **8. Преподаватель (преподаватели)**

Валерий Анатольевич Пахотин – доктор физико-математических наук профессор института физико-математических наук и информационных технологий.

**Оценочные средства  
по дисциплине  
«Актуальные проблемы отрасли науки»**

**1. Пояснительная записка**

Основными этапами формирования компетенций при изучении дисциплины «Актуальные проблемы отрасли науки» являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение необходимыми компетенциями. Результат аттестации на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций. Планируемые результаты обучения по дисциплине – знания, умения, навыки и опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения программы аспирантуры.

**1.1. Перечень компетенций и этапы их формирования**

Этапы формирования компетенций	Код контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций по дисциплине	
		текущая аттестация (ТА)	промежуточная аттестация (ПА)
Тема 1. Излучение и дифракция случайных волновых полей	ПК-1,2	Примерный перечень заданий устного опроса; примерный перечень тем рефератов	Примерный перечень вопросов к зачету; Примерный перечень задач к зачету (ПК-2,3)
Тема 2. Теория однократного рассеяния волн	ПК-2	Примерный перечень заданий устного опроса; примерный перечень тем рефератов	Примерный перечень вопросов к зачету; Примерный перечень задач к зачету (ПК-3)
Тема 3. Метод геометрической оптики	ПК-1,2	Примерный перечень заданий устного опроса	Примерный перечень вопросов к зачету; Примерный перечень задач к зачету (ПК-2,3)
Тема 4. Метод плавных возмущений	ПК-1,2	Примерный перечень заданий устного опроса	Примерный перечень вопросов к зачету; Примерный перечень задач к зачету (ПК-2,3)
Тема 5. Рассеяние на шероховатых поверхностях	ПК-2	Примерный перечень заданий устного опроса; примерный перечень тем рефератов	Примерный перечень вопросов к зачету; Примерный перечень задач к зачету (ПК-3)

**2. Показатели, критерии и шкалы оценивания сформированности компетенций**

**2.1. Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций**

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Показатели и критерии оценивания уровня сформированности компетенций	
		Не зачтено	Зачтено
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, представления и определения случайных волновых полей;</li> <li>- современные проблемы радиофизики в области, связанной с генерацией и распространением волн в случайно-неоднородных средах;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- генерировать новые идеи и обсуждать способы эффективного решения задачи;</li> <li>- работать с литературными источниками, объяснять суть физических явлений, рассматриваемых в курсе;</li> <li>- делать выводы, находить связь между явлениями.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками междисциплинарного применения новых полученных результатов</li> </ul>	<p>текущие задания не выполняются или выполняются частично;</p> <p>даются неверные ответы на вопросы зачета</p>	<p>текущие задания выполняются;</p> <p>даются верные ответы на вопросы зачета</p>
ПК-2	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механизмы излучения и дифракции случайных волновых полей;</li> <li>- элементы теории однократного рассеяния волн;</li> <li>- элементы теории распространения волн в средах с крупномасштабными случайными неоднородностями,</li> <li>- элементы теории Марковского приближения процесса распространения волн в среде со случайными неоднородностями.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить анализ процесса распространения радиоволн в случайных полях методом геометрической оптики, методом плавных возмущений;</li> <li>- рассчитывать среднюю интенсивность рассеянного поля, рассеяние на стационарных неоднородностях, рассеяние импульсных и модулированных сигналов;</li> <li>- использовать теорию возмущений для среднего поля и функции корреляции.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными методами статистической радиотехники, связанными с решением следующих задач: задача однократного рассеяния волн, задача распространения волн в средах с крупномасштабными случайными неоднородностями, задача рассеяния на шероховатых поверхностях.</li> </ul>	<p>текущие задания не выполняются или выполняются частично;</p> <p>даются неверные ответы на вопросы зачета</p>	<p>текущие задания выполняются;</p> <p>даются верные ответы на вопросы зачета</p>

## 2.2. Шкалы оценивания сформированности компетенций

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по дисциплине во \_\_\_ семестре является **зачет**.

По итогам зачета выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Зачтено	Выполнены все задания текущей аттестации; даны верные ответы на вопросы и задачи итоговой аттестации
---------	--

Не зачтено	Не выполнено более 2/3 заданий текущей аттестации; ответы на 1 или более вопросов итоговой аттестации даны не верно
------------	---

### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений, навыков, характеризующая этапы формирования компетенций по дисциплине проводится в форме текущей и итоговой аттестации.

Контроль текущей успеваемости аспирантов – текущая аттестация – проводится в ходе семестра с целью определения уровня овладения компетенциями аспирантами (усвоения знаний; формирования у них умений и навыков); своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке аспирантов и принятия необходимых мер по ее корректировке; совершенствованию методики обучения; организации учебной работы и оказания аспирантам индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков аспирантов:

- на занятиях (устный опрос, круглый стол, конференция);
- по результатам выполнения индивидуальных заданий (презентация);
- по результатам проверки качества конспектов лекций и иных материалов;
- по результатам отчета аспиранта в ходе индивидуальной консультации преподавателя, проводимой в часы самоподготовки, по имеющимся задолженностям.

Контроль за выполнением аспирантами каждого вида работ может осуществляться поэтапно и служит основанием для текущей аттестации по дисциплине.

Итоговая аттестация по дисциплине проводится с целью выявления соответствия уровня теоретических знаний, практических умений и навыков по дисциплине в форме зачета.

Все виды текущего контроля осуществляются на практических занятиях, в ходе исследовательской работы аспиранта.

Каждая форма контроля по дисциплине включает в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень освоения аспирантами знаний и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и навыков.

Процедура оценивания компетенций аспирантов основана на следующих принципах:

1. Периодичность проведения оценки (на каждом занятии).
2. Многоступенчатость: оценка (как преподавателем, так и аспирантами группы) и самооценка аспиранта, обсуждение результатов и комплекса мер по устранению недостатков.
3. Единство используемой технологии для всех аспирантов, выполнение условий сопоставимости результатов оценивания.
4. Соблюдение последовательности проведения оценки: предусмотрено, что развитие компетенций идет по возрастанию их уровней сложности, а оценочные средства на каждом этапе учитывают это возрастание.

## **4. Типы и виды заданий**

### **4.1. Примерный перечень заданий устного опроса**

1. Классификация сред по электрофизическим параметрам.
2. Классификация статистических волноводных задач.
3. Сущность метода Релея.
4. Методы решения волнового уравнения.
5. Понятие дифракции и её физическая природа.

6. Понятие рассеянного поля.
7. Пространственная корреляция рассеянного поля.
8. Сущность метода малых возмущений и границы его применимости.
9. Условие ограничения ширины полосы пропускания для рассеянных сигналов.
10. Особенности рассеяния немонохроматических волн.
11. Границы применимости уравнения геометрической оптики.
12. Понятие эйконала.
13. Понятие уровня амплитуды.
14. Характер нарастания и причины флуктуации фазы и уровня.
15. Необходимость применения метода параболического уравнения.
16. Закон сохранения энергии в приближении параболического уравнения
17. Сущность метода плавных возмущений.
18. Границы применимости метода плавных возмущений.
19. Факторы, определяющие характер рассеяния.
20. Механизм отражения от абсолютно мягкой и жёсткой поверхностей.
21. Сущность метода Кирхгофа.

#### **4.2. Примерный перечень тем рефератов**

1. Случайные волны в неограниченной однородной среде.
2. Дифракция плоской волны на безграничном хаотическом экране.
3. Дифракция случайных полей в оптических системах.
4. Метод малых возмущений в радиофизических исследованиях.
5. Характеристики рассеяния.
6. Рассеяние на стационарных неоднородностях.
7. Рассеяние импульсных и модулированных сигналов.
8. Уравнения эйконала.
9. Параболические уравнения и закон сохранения энергии.
10. Метод плавных возмущений.

#### **4.3. Примерный перечень вопросов для зачёта**

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.

#### 1.4. Примерный перечень задач для зачёта

1. Найти корреляционную функцию  $R_\xi(r)$  и спектральную плотность  $S_\xi(\omega)$  для стационарного случайного сигнала  $\xi(r) = A_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ , где  $A_m$  и  $\omega_0$  — постоянные амплитуда и угловая частота;  $\varphi$  — случайная начальная фаза, равномерно распределенная на интервале  $(-\pi, \pi)$ .
2. Найти корреляционную функцию  $R_\xi(r)$  и спектральную плотность  $S_\xi(\omega)$  для стационарного случайного сигнала  $\xi(r) = A_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ , где  $A_m$  и  $\omega_0$  — постоянные амплитуда и угловая частота;  $\varphi$  — случайная начальная фаза, равномерно распределенная на интервале  $(-\pi, \pi)$ .
3. Выяснить разницу между спектральными плотностями стационарных случайных процессов  $\xi_1(r)$  и  $\xi_2(r)$  с нулевыми математическими ожиданиями и корреляционными функциями  $R_{\xi_1}(r) = \sigma^2 e^{-\alpha|r|}$  и  $R_{\xi_2}(r) = \sigma^2 e^{-\alpha|r|} \cos \omega_0 r$ .
4. Найти корреляционную функцию  $R_\xi(r)$  стационарного случайного процесса  $\xi(r)$  с нулевым математическим ожиданием и спектральной плотностью 
$$S_\xi(\omega) = \begin{cases} N_0/2, & -\omega_2 \leq \omega \leq -\omega_1 \\ N_0/2, & \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2, \\ 0, & \text{при других } \omega \end{cases}$$
5. Спектральная плотность  $S_\xi(\omega)$  стационарного случайного процесса  $\xi(r)$  имеет вид 
$$S_\xi(\omega) = \begin{cases} 4\alpha / (\alpha^2 + \omega^2), & \omega \geq 0 \\ 0, & \omega < 0 \end{cases}$$
. Определить соотношение между эффективной шириной спектра  $\Delta\omega_{\text{эф}}$  процесса  $\xi(r)$  и шириной его спектральной плотности  $\Delta\omega$  на уровне  $0,55 S_\xi(0)$ .
6. Определить математическое ожидание  $m_\eta(t) = M\{\eta(t)\}$  и корреляционную функцию  $R_\eta(t, r) = M\{\eta(t)\eta(t+r)\} - m_\eta^2(t)$  периодически нестационарного случайного процесса  $\eta(t) = F(t)\xi(r)$ , где  $F(t)$  — непериодическая детерминированная функция;  $\xi(r)$  — стационарный случайный процесс с математическим ожиданием  $m_\xi$  и корреляционной функцией  $R_\xi(r)$ .
7. Заданы два взаимно не коррелированных случайных процесса  $\xi(t)$  и  $\eta(t)$  с нулевыми математическими ожиданиями и корреляционными функциями  $R_\xi(t_1, t_2)$  и  $R_\eta(t_1, t_2)$ . Доказать, что корреляционная функция произведения этих процессов  $\zeta(t) = \xi(t)\eta(t)$  равна произведению корреляционных функций сомножителей:  $R_\zeta(t_1, t_2) = R_\xi(t_1, t_2)R_\eta(t_1, t_2)$ .

8. Найти корреляционную функцию сигнала  $S(t) = A_m \xi(t) \cos(\omega_0 t + \varphi)$ , где  $\xi(t)$  — стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и корреляционной функцией  $R_\xi(r)$ ;  $A_m$  и  $\omega_0$  — постоянные величины, а  $\varphi$  — случайная начальная фаза, равномерно распределенная на интервале  $(-\pi, \pi)$  и не зависящая от  $\xi(t)$ .
9. Определить корреляционную функцию комплексного случайного процесса  $\xi(t) = \sum_{i=1}^n \alpha_i e^{i\omega_i t}$  где  $\omega_i$  — постоянная угловая частота;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  — взаимно не коррелированные случайные величины с нулевыми математическими ожиданиями  $m_i = 0$  и дисперсиями  $D_i$ .
10. Доказать, что не существует стационарного случайного процесса  $\xi(t)$ , корреляционная функция которого  $R(r)$  постоянна на каком-то временном интервале  $(-r_1, r_1)$  и равна нулю вне его:  $R(r) = \begin{cases} \sigma^2, & |r| < r_1 \\ 0, & \text{при других } r. \end{cases}$
11. Определить спектральную плотность стационарного случайного процесса  $\xi(t)$  с корреляционной функцией  $R_\xi(r) = \begin{cases} \sigma_\xi^2 \left(1 - \frac{|r|}{T}\right), & |r| \leq T \\ 0, & |r| > T \end{cases}$ .
12. Определить спектральную плотность стационарного случайного процесса  $\xi(t)$  с корреляционной функцией  $R_\xi(r) = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \cos \omega_i r$ .
13. Исходя из того, что приращения простого пуассоновского потока  $N(t_2) - N(t_1)$ ,  $t_2 > t_1$  на неперекрывающихся временных интервалах независимы и распределены по закону Пуассона с математическим ожиданием  $\nu(t_2 - t_1)$ , найти математическое ожидание произведения приращений на двух интервалах, когда эти интервалы не перекрываются и перекрываются.
14. Получить выражение для ковариационной функции целочисленного пуассоновского процесса  $N(t)$ .
15. Найти выражение для ковариационной функции неоднородного пуассоновского процесса  $N(t)$ .
16. Вычислить математическое ожидание и ковариационную функцию процесса,  $\xi(t) = \frac{dN(t)}{dt} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} n(t) = \sum_i \delta(t - t_i)$  представляющего собой последовательность дельта-функций.
17. Для простого пуассоновского процесса  $N(t)$  получить выражение одномерной характеристической функции.
18. В простейшем пуассоновском потоке с интенсивностью  $\nu$  производится операция «разрежения». Пусть все точки, начиная с некоторого начального момента времени, перенумерованы в порядке их появления. Исключим все точки, номера которых кратны некоторому целому числу  $k$ . В результате такого разрежения получим новый точечный процесс — поток Эрланга. Найти плотность вероятности временных интервалов между соседними событиями в потоке Эрланга.



19. Найти спектральную плотность стационарной последовательности прямоугольных импульсов с постоянной амплитудой  $A = A_0$ , когда импульсы и промежутки между ними имеют одинаковый закон распределения.