

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и  
инновациям

Лоцилов А.Г.

25» февраля 2022 г.

## ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине  
соответствующей научной специальности программы подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

### 1.3.4 Радиоп физика

*шифр и наименование научной специальности*

Программа вступительных испытаний при приеме на обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре формируется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Составители программы: Акулиничев Ю.П., д.т.н., профессор каф. РТС, Захаров Ф.Н., к.т.н., доцент каф. РТС

ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И УТВЕРЖДЕНА на заседании кафедры РТС  
от 24.02 2022 г. протокол № 5


СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой РТС



Мещеряков А.А.

Разработчик



Захаров Ф.Н.

Руководитель образовательной программы



Акулиничев Ю.П.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Программа вступительного испытания по специальной дисциплине соответствующей научной специальности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре **1.3.4 Радиофизика** (далее – Программа), сформирована на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к программам магистратуры (специалитета) по соответствующим направлениям (специальностям) подготовки. Программа разработана для поступления на обучение в аспирантуру ТУСУРа.

Программой устанавливается:

- форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;
- шкала оценивания;
- максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;
- критерии оценки ответов.

1.2 Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора ТУСУРа, действующими на текущий год поступления.

1.3 По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

## 2. ФОРМА, СТРУКТУРА, ПРОЦЕДУРА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ

2.1 Вступительное испытание проводится на русском языке.

2.2 Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в форме экзамена (письменно) в соответствии с перечнем тем и (или) вопросов, установленных данной Программой.

2.3 Структура экзамена:

Вступительные испытания проводятся в письменной форме по билетам. Продолжительность проведения письменного экзамена – не более 90 минут.

Экзаменационные билеты включают:

1. Вопрос из подразделов 3.1-3.2;
2. Вопрос из подразделов 3.3-3.4;
3. Вопрос из подразделов 3.5-3.6.

2.4 Вступительное испытание проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Итоговая оценка за экзамен определяется как средний балл, выставленный всеми членами экзаменационной комиссии.

Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол. Протокол приема вступительного испытания подписывается членами комиссии, которые присутствовали на экзамене, с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности и утверждается председателем



комиссии. Протоколы приема вступительных испытаний после утверждения хранятся в личном деле поступающего

## 2.5 Шкала оценивания ответов на экзамене.

<b>неудовлетворительно</b>	<b>удовлетворительно</b>	<b>хорошо</b>	<b>отлично</b>
до 44 баллов	45 – 75 баллов	76 – 84 баллов	85 – 100 баллов

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 45. Поступающий, набравший менее 45 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

**Таблица критериев оценки устных и письменных ответов (при наличии)**

<b>Вид деятельности</b>		
<b>Оценка</b>	<b>Балл</b>	<b>Уровень владения темой</b>
<b>неудовлетворительно</b>	до 44	Поступающий не ориентируется в вопросе, демонстрирует непонимание его сущности и не дает ответа на дополнительные вопросы.
<b>удовлетворительно</b>	45-75	Поступающий показывает уровень ниже среднего владения материалом, демонстрирует поверхностные знания вопроса, не может привести примеры по обсуждаемой проблеме или не обладает практическими навыками, не отвечает на дополнительные вопросы.
<b>хорошо</b>	76-84	Поступающий показывает средний уровень владения материалом, дает ответ с небольшими неточностями, не всегда подтверждая ответ примерами или практическими навыками, ответы на дополнительные вопросы требуют уточнения. В основном термины и понятия приведены верно.
<b>отлично</b>	85-100	Поступающий при ответе на вопросы показывает аргументированный высокий уровень владения материалом по данной проблеме, свободно ориентируется в тематике поставленных вопросов с подтверждением практических примеров или умений, не требующих пояснений, отвечает на все дополнительные вопросы, давая при это развернутый аналитический ответ. Все понятия и термины даны правильно.

2.6 Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи. Участники вступительных испытаний могут иметь при себе и использовать справочные материалы и электронно-вычислительную технику (непрограммируемый калькулятор).

При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, утвержденных организацией, уполномоченные должностные лица



организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

#### 3.1. Теория колебаний

Линейные колебательные системы с одной степенью свободы. Силовое и параметрическое воздействие на линейные и слабонелинейные 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.

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.

#### 3.2. Теория волн

Волновое уравнение. Гармонические волны. Уравнение Гельмгольца. Плоские, цилиндрические и сферические волны.

Упругие продольные и поперечные волны в твердом теле, электромагнитные волны в среде с проводимостью. Поток энергии. Поляризация.

Распространение сигнала в диспергирующей среде. Простейшие физические модели диспергирующих сред. Фазовая и групповая скорости. Параболическое уравнение для комплексной огибающей напряженности поля. Расплывание и компрессия импульсов. Поле в средах с временной дисперсией.

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.

Приближение геометрической оптики. Лучи и поле волны в слоисто-неоднородных средах.

Электромагнитные волны в металлических волноводах. Диэлектрические волноводы, световоды. Линзовые линии и открытые резонаторы.

Метод Кирхгофа в теории дифракции. Функции Грина. Условия излучения. Дифракция в зонах Френеля и Фраунгофера. Характеристики поля в фокусе линзы.

Численные методы расчета характеристик волновых полей: конечно-разностные методы, метод конечных элементов и др.

#### 3.3. Статистическая радиофизика

Случайные величины и процессы, способы их описания. Стационарный случайный процесс. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность. Оценка вероятностей и средних значений.

Корреляционные и спектральные характеристики стационарных случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Примеры спектров и корреляционных функций.



Модели случайных процессов: гауссовский процесс, узкополосный стационарный шум. Белый шум. Марковские случайные процессы и последовательности.

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).

Случайные поля. Пространственная и временная когерентность.

Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений. Рассеяние волн на шероховатой поверхности.

### **3.4. Антенны и распространение радиоволн**

Ближняя и дальняя зоны антенны. Основные параметры и характеристики передающих и приемных антенн: диаграмма направленности, поляризация, диапазон частот, коэффициент усиления, входное сопротивление, шумовая температура. Антенны для ДВ-, КВ-, УКВ- и СВЧ-диапазонов. Вибраторные антенны и решетки. Параболические зеркальные антенны. Фазированные антенные решетки. Интегрированные антенны и антенные решетки.

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.

### **3.5. Принципы усиления, генерации и преобразования сигналов**

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.

Режимы работы лазеров: непрерывный режим генерации, режим модуляции добротности резонатора, режим синхронизации мод.

Молекулярный генератор. Квантовые стандарты частоты (времени).

Полые металлические и диэлектрические волноводы СВЧ-диапазона. Типы волн. Основные параметры и характеристики. Вопросы согласования. Объемные и диэлектрические резонаторы.

Усилители СВЧ-диапазона (резонаторный, бегущей волны). Полоса пропускания усилителя бегущей волны.

Генерация волн в СВЧ-диапазоне. Принцип работы и устройство лампы бегущей и обратной волн, магнетрона и клистрона. Отрицательное дифференциальное сопротивление и генераторы СВЧ на полевых транзисторах, туннельных диодах, диодах Ганна и лавиннопролетных диодах.

Селектирующие и корректирующие СВЧ цепи, согласование импедансов. Устройства деления и сложения мощностей. Активные СВЧ устройства.

Методы измерения характеристик радиотехнических устройств. Векторный анализ цепей и спектральный анализ сигналов.

Взаимодействия света со звуком. Принципы работы устройств акустооптики (модуляторы и дефлекторы света, преобразователи свет-сигнал, акустооптические фильтры), анализаторы спектра и корреляторы.



### 3.6. Выделение сигналов на фоне помех

Задачи оптимального приема сигналов: обнаружение, оценка параметров, фильтрация. Априорная и апостериорная плотности вероятности. Функция правдоподобия. Статистическая проверка гипотез: Критерии Байеса, Неймана–Пирсона.

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

## 4. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА ДЛЯ СДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

1. Метод Кирхгофа в теории дифракции. Функции Грина.
2. Земные и тропосферные радиоволны.
3. Задачи оптимального приема сигналов: обнаружение, оценка параметров, фильтрация.

## 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 5.1. Основная литература

1. Воскресенский Д.И. и др. Устройства СВЧ и антенны. – М: Радиотехника, 2006. – 376 с.
2. Ерохин Г. А. и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн.– М: Горячая линия-Телеком, 2004. – 491 с.
3. М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков. Теория волн. - М.: Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит. 1979. - 384 с.
4. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
5. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987.
6. Кайно Г. Акустические волны. Устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов. М.: Мир, 1990.
7. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.
8. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989.

### 5.2. Дополнительная литература

1. Боков, Л.А. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / Л.А. Боков, В.А. Замотринский, А.Е. Мандель; - Томск : ТУСУР. 2013. - 410 с.: ил.,табл., схем. - ISBN 978-5-86889-578-4; Тоже [Электронный ресурс]. URL: <https://edu.tusur.ru/publications/3289> (дата обращения 01.09.2020)
2. Савельев, Игорь Владимирович. Курс общей физики: в 5 кн.: [учеб. пособие для вузов]/ Игорь Владимирович Савельев; И. В. Савельев. - Москва: Астрель: АСТ Кн. 4: Волны ; Оптика. - 2003. - 256 с
3. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981.
4. Андронов А.А, Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981.
5. Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. М.: Наука, 1988.
6. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику: От маятника до турбулентности и хаоса. М.: Наука, 1988.

7. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 2: Случайные поля. М.: Наука, 1978.
8. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1981.
9. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. М.: Наука, 1999.
10. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. Техносфера, Москва, 2006.

### **5.3. Периодические издания**

1. Доклады ТУСУР;
2. IEEE Transactions on Antennas and Propagation;
3. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing;
4. Известия ВУЗов. Радиофизика;
5. Радиотехника и электроника.

### **5.4. Перечень интернет-ресурсов**

1. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/window/>
3. Федеральный портал «Российское образование»: <http://www.edu.ru/>.