

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 22

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.Р. Бестугин

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«22» июня 2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы обработки сигналов и экспериментальных данных»  
(Наименование дисциплины)

Код специальности	2.2.14.
Наименование научной специальности	Антенны, СВЧ-устройства и их технологии
Наименование направленности (профиля) (при наличии)	
Год начала реализации программы	2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Проф., д.т.н., проф.  
(должность, уч. степень, звание)

 20.06.2023  
(подпись, дата)

Монаков А. А.  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 22  
«20» июня 2023 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 22

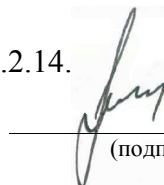
к.т.н., доц.  
(уч. степень, звание)

 20.06.2023  
(подпись, дата)

Н.В. Поваренкин  
(инициалы, фамилия)

Ответственный за программу 2.2.14.

доц., к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

 20.06.2023  
(подпись, дата)

А.Ф.Крячко  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

 20.06.2023  
(подпись, дата)

О.Л. Балышева  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Методы обработки сигналов и экспериментальных данных» входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.2.14. «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии». Дисциплина реализуется кафедрой «№22».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением методов обработки радиотехнических сигналов, описанных аналитически и/или полученных путем измерений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа..

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка специалистов к решению задач по обработке на ЭВМ результатов натуральных испытаний и математического моделирования радиотехнических сигналов различного назначения.

1.2. Дисциплина входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

1.3. В результате изучения дисциплины аспирант должен:

#### **знать:**

- методы математического моделирования и создания оригинальных математических моделей при проведении научных исследований, разработке и эксплуатации объектов профессиональной деятельности;

- классификацию моделей сигналов, используемых при проектировании и моделировании РТУиС, функции моделей, принципы компьютерного моделирования РТУиС;

#### **уметь:**

- планировать вычислительные эксперименты и проводить анализ полученных результатов;

#### **владеть:**

- навыками постановки задач, встречающихся при моделировании РТУиС, и практической обработки результатов эксперимента;

- навыками правильного выбора методики проведения анализа полученных в ходе экспериментов данных и практической реализации выбранных методик.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Методы обработки сигналов
- Радиолокация и радионавигация
- Математические методы оптимизации в научном исследовании
- Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
- Методы статистического синтеза и анализа радиотехнических систем

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (научно-исследовательская)
- Научные исследования

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3

Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки, (час)		
Аудиторные занятия, всего час.	20	20
в том числе:		
лекции (Л), (час)	20	20
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	88	88
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	СРС (час)
Семестр 2			
Раздел 1. Общие вопросы теории погрешностей приборов и измерений Тема 1.1. Классификация погрешностей средств измерений Тема 1.2. Методы нормирования погрешностей.	4		8
Раздел 2. Математическое описание погрешностей средств и результатов измерений. Тема 2.1. Случайные величины и векторы, их вероятностное описание. Тема 2.2. Моменты распределения вероятностей случайных величин и векторов и их физическое содержание.	4		20
Раздел 3. Методы оценивания функций распределения вероятностей, их моментов и параметров. Тема 3.1. Оценка плотности распределения вероятности и интегральной функции распределения. Тема 3.2. Оценка моментов распределения скалярной случайной величины. Тема 3.3. Оценка моментов распределения векторной случайной величины. Тема 3.4. Оптимальные оценки параметров функций распределения.	4		20
Раздел 4. Случайные процессы и их вероятностное описание. Тема 4.1. Семейства многомерных функций, описывающих случайные процессы. Тема 4.2. Классификация случайных процессов.	4		20
Раздел 5. Спектральный анализ случайных стационарных процессов. Тема 5.1. Непараметрические методы спектрального анализа. Тема 5.1. Параметрические методы спектрального анализа.	4		20
Итого в семестре:	20		88

Итого	20	0	88
-------	----	---	----

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Общие вопросы теории погрешностей приборов и измерений</p> <p>Тема 1.1. Классификация погрешностей средств измерений. Погрешность средств измерений и погрешность результата измерений. Инструментальные и методические погрешности. Основная и дополнительная погрешность средств измерений. Статистическая и динамическая погрешности. Систематические, прогрессирующие и случайные погрешности. Погрешности адекватности, градуировки и воспроизводимости средств измерений. Полоса погрешностей, реальная и номинальная характеристика средств измерений. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности средств измерений. Аддитивные и мультипликативные погрешности. Погрешности квантования.</p> <p>Тема 1.2. Методы нормирования погрешностей. Класс точности средств измерений. Изменение абсолютной погрешности при мультипликативной, аддитивной и смешанной полосе погрешностей. Обозначения классов точности средств измерений. Расчет оценки инструментальной статистической погрешности результата измерения по паспортным данным используемого средства</p>
2	<p>Раздел 2. Математическое описание погрешностей средств и результатов измерений.</p> <p>Тема 2.1. Случайные величины и векторы, их вероятностное описание. Понятия вероятности случайного события, дискретные и непрерывные случайные величины, функции распределения вероятностей случайных величин. Вероятностное описание случайных векторов.</p> <p>Тема 2.2. Моменты распределения вероятностей случайных величин и векторов и их физическое содержание. Начальные и центральные моменты скалярных и векторных случайных величин. Физическое содержание моментов.</p>
3	<p>Раздел 3. Методы оценивания функций распределения вероятностей, их моментов и параметров.</p> <p>Тема 3.1. Оценка плотности распределения вероятности и интегральной функции распределения. Оценка плотности распределения методом гистограмм. Эмпирическая функция распределения и оценка интегральной функции распределения. Теорема Гливленко.</p> <p>Тема 3.2. Оценка моментов распределения скалярной случайной величины. Оценка начальных моментов. Оценка центральных моментов. Компенсация смещения оценок центральных моментов.</p> <p>Тема 3.3. Оценка моментов распределения векторной случайной величины. Корреляционная и ковариационная матрицы. Оценка корреляционной матрицы.</p> <p>Тема 3.4. Оптимальные оценки параметров функций распределения. Постановка задачи оценивания параметров распределения. Оптимальные оценки. Методы МСКО, МАП и МП. Критерии качества оценок. Теорема Крамера-Рао, потенциальная точность оценивания. Свойства оптимальных оценок.</p>
4	<p>Раздел 4. Случайные процессы и их вероятностное описание.</p> <p>Тема 4.1. Семейства многомерных функций, описывающих случайные процессы. Случайный процесс, многомерные функции распределения. Многомерные</p>

	плотности распределения. Многомерные характеристические функции. Тема 4.2. Классификация случайных процессов. Стационарные и нестационарные процессы. Стационарные процессы в узком и широком смысле. Эргодические процессы. Нормальные случайные процессы и их описание. Марковские случайные процессы. Случайные потоки.
<b>5</b>	Раздел 5. Спектральный анализ случайных стационарных процессов. Тема. 5.1. Непараметрические методы спектрального анализа. Оценка корреляционной функции стационарного случайного процесса. Методы коррелограмм и периодограмм. Способы улучшения характеристик непараметрических методов спектрального анализа. Тема. 5.1. Параметрические методы спектрального анализа. Белый шум и его свойства. Авторегрессионные случайные процессы. Методы Юла-Уоккера, Берга, Кейпона. Оценка порядка авторегрессионных моделей. Методы оценивания линейчатых СПМ (методы MUSIC и ESPRIT).

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	88	88
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	88	88

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 6-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 7.  
Таблица 7– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.396.9 М 77	Математическое моделирование радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Монаков. - СПб. : Лань, 2016. - 146 с.	10
621.391 О-75	Основы цифровой обработки сигналов и математическое моделирование РЭС [Текст] : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: А. А. Монаков, А. М. Миролюбов. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2011. - 126 с.	83
004 М 77	Монаков, А. А. Основы цифровой обработки сигналов: дискретные сигналы и цифровые фильтры / А. А. Монаков. СПб: ГУАП, 2008. 112 с.	72

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

8.

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
	Не предусмотрено

8 Перечень информационных технологий

8.1 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2 Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено



## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	22-06

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену

10.2. В качестве критериев оценки уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплине обучающимися применяется 5-балльная шкала оценивания, которая приведена в таблице 13. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 13 – Критерии оценки уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплине

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплины
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

Оценка компетенции	Характеристика уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплины
5-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1.	Погрешность средств измерений и погрешность результата измерений, инструментальные и методические погрешности, основная и дополнительная погрешность средств измерений.
2.	Статистическая и динамическая погрешности. Систематические, прогрессирующие и случайные погрешности.
3.	Погрешности адекватности, градуировки и воспроизводимости средств измерений.
4.	Полоса погрешностей, реальная и номинальная характеристика средств измерений.
5.	Абсолютная, относительная и приведенная погрешности средств измерений. Аддитивные и мультипликативные погрешности. Погрешности квантования.
6.	Класс точности средств измерений. Изменение абсолютной погрешности при мультипликативной, аддитивной и смешанной полосе погрешностей. Обозначения классов точности средств измерений.
7.	Расчет оценки инструментальной статистической погрешности результата измерения по паспортным данным используемого средства
8.	Случайные величины и векторы, их вероятностное описание.
9.	Оценка плотности распределения вероятности случайной величины
10.	Оценка интегральной функции распределения вероятности случайной величины
11.	Оценка моментов одномерного распределения случайной величины
12.	Оценка корреляционной функции стационарного случайного процесса
13.	Непараметрические методы оценки СПМ
14.	Параметрические методы оценки СПМ

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Учебным планом не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания уровня освоения запланированных результатов обучения по дисциплине, содержатся в локальных

нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются учебно-методические материалы по дисциплине.

### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Основной метод текущего контроля успеваемости обучающихся - устный опрос на занятиях, направленный на контроль самостоятельной работы обучающегося.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой