

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Основы испытаний и контроля состояния радиоэлектронной аппаратуры космических систем
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Космические технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра космического приборостроения
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.Ю. Потюпкин, д-р техн. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры космического приборостроения 06.05.2023

## Аннотация

В курсе рассматриваются понятия, определения и современные взгляды на испытание и контроль состояния радиоэлектронной аппаратуры космических систем, производство технических измерений основных физических величин, принципы построения измерительных приборов и систем, методы обработки и анализа измерительной информации, современные среды измерительного программирования и виртуальных испытаний.

Для успешного освоения курса слушателям необходимо иметь знания по базовым курсам физики, математики, теории вероятности и математической статистики.

Слушателям рекомендуется отслеживать вопросы развития систем испытаний и контроля, интересоваться перспективными исследованиями и разработками в области совершенствования измерительных систем.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- формирование у студентов целостного представления о методах технических измерений, испытаний, диагностики и контроля состояния радиоэлектронной аппаратуры космических систем.

### Задачи дисциплины

- усвоение основных принципов и методов технических измерений, испытаний, диагностики и контроля;
- усвоение методов обработки и анализа результатов измерений, испытаний и контроля;
- формирование системных знаний о процессах измерений, испытаний и контроля.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные термины, определения и понятия принципов и методов технических измерений, испытаний и контроля;
- физические основы измерений параметров РЭА;
- методы обеспечения точности и достоверности результатов измерений, испытаний и контроля.

уметь:

- обоснованно выбирать средства измерения, контроля и испытаний;
- обрабатывать и анализировать результаты измерения, контроля и испытаний.

владеть:

- навыками выполнения требований основных стандартов, регламентирующих процессы измерения, контроля и испытаний;
- навыками реализации программ и методик измерений, испытаний и контроля.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в дисциплину. Термины и определения.		2		1
2	Содержание задач испытаний, контроля и измерений.		2		1

3	Методы контроля технического состояния изделий РЭА.		2		1
4	Постановка задачи измерений параметров РЭА.		2		1
5	Погрешности измерений.		2		1
6	Влияние погрешностей измерений на качество решения задач контроля и испытаний РЭА.		2		1
7	Обработка результатов статических измерений.		2		1
8	Обработка результатов динамических измерений.		2		1
9	Представление результатов измерений.		2		1
10	Принципы построения средств измерений.		2		1
11	Средства измерений основных физических величин.		2		1
12	Среды измерительного программирования.		2		1
13	Планирование испытаний РЭА, методики испытаний.		2		1
14	Особенности проведения виртуальных испытаний.		2		1
15	Анализ данных результатов измерений, испытаний и контроля состояния РЭА.		2		1
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Введение в дисциплину. Термины и определения.

Структура процесса изучения дисциплины. Основная терминология предметной области. Физические величины, их эталоны.

##### 2. Содержание задач испытаний, контроля и измерений.

Анализ содержания задач испытаний, контроля и измерений при наземно-экспериментальной отработке изделий РЭА ракетно-космической техники. Структура взаимосвязи процессов измерений, контроля и испытаний.

##### 3. Методы контроля технического состояния изделий РЭА.

Структура процесса контроля. Методы допускового контроля, метрический метод, деревья состояний, векторов технических состояний.

##### 4. Постановка задачи измерений параметров РЭА.

Уравнение измерений. Методы и классификация измерений. Форма представления результата измерений.

## 5. Погрешности измерений.

Определение погрешностей измерений, их классификация. погрешности вычислительной техники.

## 6. Влияние погрешностей измерений на качество решения задач контроля и испытаний РЭА.

Показатели качества решения задач контроля и испытаний РЭА. Влияние погрешностей измерений на показатели качества.

## 7. Обработка результатов статических измерений.

Особенности статических измерений. Методы обработки статических измерений для повышения точности результатов. Особенности обработки результатов косвенных измерений.

## 8. Обработка результатов динамических измерений.

Особенности динамических измерений. Методы обработки динамических измерений для повышения точности результатов.

## 9. Представление результатов измерений.

Форма записи результатов измерений, Точность вычислений, правила округления.

## 10. Принципы построения средств измерений.

Структура типового средства измерений. Основные характеристики средств измерений. Классы точности.

## 11. Средства измерений основных физических величин.

Вольтметры, осциллографы, измерительные генераторы, измерители частоты и времени.

## 12. Среды измерительного программирования.

Основные сведения о средах измерительного программирования, принципы построения и правила работы с ними.

## 13. Планирование испытаний РЭА, методики испытаний.

Основы планирования эксперимента. Содержание методики испытаний.

## 14. Особенности проведения виртуальных испытаний.

Содержание виртуальных испытаний изделий РЭА. Роль цифровых двойников при проведении виртуальных испытаний.

## 15. Анализ данных результатов измерений, испытаний и контроля состояния РЭА.

Содержание задачи анализа результатов измерений, испытаний и контроля состояния РЭА. Виды анализа.

# 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

- учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа;
- ноутбук, проектор, экран, презентации, видеоролики, маркерная доска, маркеры.

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация, сертификация [Текст] / Ю.В. Димов // 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 432 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология [Текст]: учебник для вузов / А. Г. Сергеев. – М.: Логос, 2005. – 272 с.

### Дополнительная литература

1. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии. – М.: Изд-во Юнити-Дана, 1999. – 711 с.
2. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. Карманная энциклопедия студентов высших и средних специальных заведений. – М.: Логос, 2001.
3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 245 с.
4. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978. – 196 с.
5. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. – М.: Высш. школа, 2001. – 205 с.
6. Шабалин С.А. Прикладная метрология в вопросах и ответах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 192 с.
7. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Ч. 1. Общая теория измерений: учеб.-мет. комплекс (учеб. пособие), 3-е изд., перераб. и доп. / И.Ф. Шишкин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 189 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. [www.roscosmos.ru](http://www.roscosmos.ru)
2. [www.spacecorp.ru](http://www.spacecorp.ru)
3. [www.ni.com/en/shop/labview.html](http://www.ni.com/en/shop/labview.html)[www.nsvp-space.ru](http://www.nsvp-space.ru)
4. [docs.cntd.ru/document/](http://docs.cntd.ru/document/)
5. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.Б. Герасимова, Б.И. Герасимов. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2008. - 224 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/> - Загл. с экрана.
6. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Е. Эрастов. - М.: Форум, 2008. - 208 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/> - Загл. с экрана.
7. Кравченко Н.С. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 88 с. - Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/> - Загл. с экрана.
8. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Windows Media Player), Access 2010, Outlook, Win Rar.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Основы испытаний и контроля состояния радиоэлектронной аппаратуры космических систем» требует осознания связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (семинаров, учебной и научной литературе).
- решение задач, предлагаемых студентам на семинарах.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа пройденного материала, а также индивидуальных консультаций.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Космические технологии  
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий  
кафедра космического приборостроения  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.Ю. Потюпкин, д-р техн. наук, профессор, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы испытаний и контроля состояния радиоэлектронной аппаратуры космических систем» обучающийся должен:

**знать:**

- основные термины, определения и понятия принципов и методов технических измерений, испытаний и контроля;
- физические основы измерений параметров РЭА;
- методы обеспечения точности и достоверности результатов измерений, испытаний и контроля.

**уметь:**

- обоснованно выбирать средства измерения, контроля и испытаний;
- обрабатывать и анализировать результаты измерения, контроля и испытаний.

**владеть:**

- навыками выполнения требований основных стандартов, регламентирующих процессы измерения, контроля и испытаний;
- навыками реализации программ и методик измерений, испытаний и контроля.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень типовых вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся по итогам обучения:

1. Структура процесса изучения дисциплины. Основная терминология предметной области. Физические величины, их эталоны.
2. Анализ содержания задач испытаний, контроля и измерений при наземно-экспериментальной отработке изделий РЭА ракетно-космической техники.
3. Структура взаимосвязи процессов измерений, контроля и испытаний.
4. Структура процесса контроля.
5. Методы допускового контроля, метрический метод, деревьев состояний, векторов технических состояний.
6. Уравнение измерений.
7. Методы и классификация измерений.
8. Форма представления результата измерений.
9. Определение погрешностей измерений.
10. Классификация погрешностей.
11. Показатели качества решения задач контроля и испытаний РЭА.
12. Влияние погрешностей измерений на показатели качества.
13. Особенности статических измерений.
14. Методы обработки статических измерений для повышения точности результатов. Особенности обработки результатов косвенных измерений.
15. Особенности динамических измерений.
16. Методы обработки динамических измерений для повышения точности результатов.
17. Форма записи результатов измерений.
18. Точность вычислений, правила округления.
19. Структура типового средства измерений.
20. Основные характеристики средств измерений.
21. Классы точности.
22. Средства измерений основных физических величин.
23. Среды измерительного программирования.
24. Основы планирования эксперимента.

25. Содержание методики испытаний.
26. Содержание виртуальных испытаний изделий РЭА.
27. Роль цифровых двойников при проведении виртуальных испытаний.
28. Содержание задачи анализа результатов измерений, испытаний и контроля состояния РЭА. Виды анализа.

#### Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при выполнении курсовой работы, домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении курсовой работы и домашних заданий, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении курсовой работы и домашних заданий он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении курсовой работы и домашних заданий он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных, самостоятельных работ/тестов по каждой теме.

Дифференцированный зачет по дисциплине проводится путем организации специального опроса в устной форме по вопросам.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения дифференцированного зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.