

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.12 Методы и средства радионавигационных  
измерений

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль)

11.05.01.31 Радионавигационные системы и комплексы

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

PhD, Зав. кафедрой, Ф.В. Зандер

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины "Методы и средства радионавигационных измерений" является изучение основ метрологической базы, погрешностей измерений, принципов и особенностей построения радионавигационных устройств и их основных свойств.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- овладение методами и средствами измерения параметров и характеристик устройств, сигналов при разработке, производстве и эксплуатации радионавигационных устройств и систем;
- ознакомление с методами обеспечения единства измерений и соответствующей нормативной документацией;
- изучение принципов действия, технических и метрологических характеристик средств измерений;
- изучение современных методов и приобретение навыков обработки результатов измерений, оценки погрешности измерений.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|
| <b>ПК-8: Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных</b> |   |
| ПК-8.1: Ориентируется в прикладных компьютерных программах для создания текстовых документов, электронных таблиц, порядке работы в них  | современное программное обеспечение, предназначенное для проведения исследовательских работ<br>применять современное программное обеспечение типовыми программными средствами для разработки текстовых документов, электронных таблиц |
| ПК-8.2: Осуществляет поиск информации в базах данных патентов, диссертационных работ, научно-технической периодике и литературе   | правила и методы проведения патентного поиска<br>проводить патентный поиск существующих технических решений<br>способностью анализировать состояние научно-технической проблемы путем анализа патентных источников                    |

|   |   |
|---|---|
| <p>ПК-8.3: Определяет направления научно-исследовательских работ, анализирует и обобщает их результаты, выдает рекомендации к их практическому применению</p> | <p>методы теоретического и экспериментального исследования<br/>методы обработки результатов исследования</p> <p>современное программное обеспечение, предназначенное для проведения исследовательских и проектных работ<br/>определять направления научно-исследовательских</p> |
|   | <p>работ<br/>самостоятельно осуществлять постановку задачи исследования</p> <p>формированием плана реализации исследования<br/>методами анализа полученных результатов</p>  |

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

| Вид учебной работы                         | Всего,<br>зачетных<br>единиц<br>(акад.час) | е |
|--|--|---|
|  |  | 1 |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b> | <b>2 (72)</b>                              |   |
| занятия лекционного типа                   | 1 (36)                                     |   |
| лабораторные работы                        | 1 (36)                                     |   |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся:</b> | <b>2 (72)</b>                              |   |
| курсовое проектирование (КП)               | Нет  |   |
| курсовая работа (КР)                       | Нет  |   |
| <b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>  | <b>1 (36)</b>                              |   |

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

|   |  | Контактная работа, ак. час.    |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
|---|--|--------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| №<br>п/п  | Модули, темы (разделы) дисциплины  | Занятия<br>лекционного<br>типа |                          | Занятия семинарского типа                 |                          |  |                          | Самостоятельная<br>работа, ак. час. |                          |
|   |  |                                |                          | Семинары и/или<br>Практические<br>занятия |                          | Лабораторные<br>работы и/или<br>Практикумы |                          |                                     |                          |
|   |  | Всего                          | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                                     | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                                      | В том<br>числе в<br>ЭИОС | Всего                               | В том<br>числе в<br>ЭИОС |
| <b>1. Основы метрологии радионавигационных систем</b> |  |                                |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
|   | 1. Основы метрологии радионавигационных систем   | 2                              |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
|   | 2. Основы метрологии радионавигационных систем   |                                |                          |   |                          | 4  |                          |                                     |                          |
|   | 3. Понятие об измерении. Определение измерения. Понятие метрологического обеспечения. Структура и функции государственной метрологической службы и метрологических служб организаций. Средства измерений. Классификация средств измерений, информационно-измерительные системы. Обобщенная классификация радиоизмерительных приборов. Общие характеристики измерительных приборов. Система обозначений радиоизмерительных приборов. Система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная служба. |                                |                          |   |                          |  |                          | 8                                   |                          |
| <b>2. Погрешности радионавигационных измерений</b>    |  |                                |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |
|   | 1. Погрешности радионавигационных измерений  | 4                              |                          |   |                          |  |                          |                                     |                          |

|   |   |  |  |  |   |  |    |  |
|---|---|--|--|--|---|--|----|--|
| 2. Оценка среднеквадратической погрешности. Оценка погрешности при малом числе измерений.   |   |  |  |  | 4 |  |    |  |
| 3. Эффективные оценки истинного значения измеряемой величины для различных законов распределения погрешности. Среднеквадратические погрешности среднеарифметического значения результата измерения, оценка, соответствующая центру рассеяния, медианная оценка.   |   |  |  |  |   |  | 8  |  |
| <b>3. Измерение временных интервалов</b>  |   |  |  |  |   |  |    |  |
| 1. Цифровое измерение временных интервалов. Структурная схема цифрового измерителя временных интервалов. Погрешности. Погрешность меры, преобразования, квантования (дискретности). Законы распределения, среднеквадратическая погрешность дискретного преобразования, зависимость погрешности дискретности от измеряемой величины. | 4 |  |  |  |   |  |    |  |
| 2. Исследование методов обработки результатов многократных измерений  |   |  |  |  | 4 |  |    |  |
| 3. Способы уменьшения погрешности квантования: статический, корреляционный, метод рандомизации.   |   |  |  |  |   |  | 10 |  |
| <b>4. Измерение частоты сигналов</b>  |   |  |  |  |   |  |    |  |
| 1. Классификация методов измерения частоты. Методы сравнения. Метод дискретного счета (цифровое измерение частоты). Структурная схема частотомера. Оптимальный алгоритм цифрового измерения частоты.  | 4 |  |  |  |   |  |    |  |
| 2. Исследование цифрового метода измерения интервалов времени   |   |  |  |  | 2 |  |    |  |

|  |   |  |  |  |   |  |  |    |  |
|--|---|--|--|--|---|--|--|----|--|
| 3. Осциллографические методы измерения частоты сигналов. Особенности применения микропроцессоров в цифровых измерителях частоты. Измерение нестабильности частоты.   |   |  |  |  |   |  |  | 10 |  |
| <b>5. Измерение фазового сдвига</b>  |   |  |  |  |   |  |  |    |  |
| 1. Классификация методов измерения фазового сдвига. Цифровые фазометры: с преобразованием фазовый сдвиг - напряжение, фазовый сдвиг - интервал времени, компенсационные, ортогональные. Особенности применения микропроцессоров в цифровых фазометрах. | 6 |  |  |  |   |  |  |    |  |
| 2. Исследование цифрового метода измерения фазового сдвига   |   |  |  |  | 6 |  |  |    |  |
| 3. Аналоговые фазометры: осциллографические, компенсационные, стрелочные.  |   |  |  |  |   |  |  | 8  |  |
| <b>6. Измерение спектров и нелинейных искажений</b>  |   |  |  |  |   |  |  |    |  |
| 1. Методы измерения спектров. Параллельный и последовательный анализ. Структурные схемы анализаторов. Основные характеристики анализаторов: статистическая и динамическая разрешающая способность, время и скорость анализа, диапазон частот.          | 4 |  |  |  |   |  |  |    |  |
| 2. Исследование цифрового метода измерения частоты   |   |  |  |  | 4 |  |  |    |  |
| 3. Анализ спектра. Измерение нелинейных искажений. Структурная схема измерителя нелинейных искажений. Измерение коэффициента гармоник. Измерение параметров модулированных сигналов.   |   |  |  |  |   |  |  | 10 |  |
| <b>7. Измерительные генераторы.</b>  |   |  |  |  |   |  |  |    |  |

|   |    |  |  |  |    |  |    |  |
|---|----|--|--|--|----|--|----|--|
| 1. Измерительные генераторы. Назначение, классификация, основные требования. Генераторы низких частот. Генераторы инфранизких частот, генераторы высоких частот. Генераторы СВЧ. Шумовые генераторы. Синтезаторы частоты.   | 6  |  |  |  |    |  |    |  |
| 2. Цифровые методы измерения параметров цепей. Измерение амплитудно-частотных характеристик.  |    |  |  |  | 4  |  |    |  |
| 3. Синтезаторы частоты. Генераторы сигналов специальной формы. Векторные генераторы.  |    |  |  |  |    |  | 10 |  |
| <b>8. Измерение характеристик случайных процессов</b>   |    |  |  |  |    |  |    |  |
| 1. Выводы эргодической теоремы. Измерение среднего значения. Измерение дисперсии и мощности случайных процессов. Измерение авто- и взаимокорреляционных функций и энергетических спектров случайных процессов. Измерение законов распределения: плотности и функции распределения вероятностей. | 6  |  |  |  |    |  |    |  |
| 2. Моделирование эффективных оценок при статистической обработке результатов измерений  |    |  |  |  | 8  |  |    |  |
| 3. Измерение характеристик случайных процессов. Общие понятия.  |    |  |  |  |    |  | 8  |  |
| 4. Методы и средства радионавигационных измерений   |    |  |  |  |    |  |    |  |
| Всего   | 36 |  |  |  | 36 |  | 72 |  |

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Алешечкин А. М., Бондаренко В. Н. Методы и средства радионавигационных измерений: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. 210400.68 «Радиотехника»](Красноярск: СФУ).
2. Бондаренко В. Н., Кокорин В. И., Владимиров В. М. Широкополосные радионавигационные системы с шумоподобными частотно-манипулированными сигналами(Новосибирск: Наука).
3. Алешечкин А. М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем: монография (Красноярск: СФУ).
4. Алешечкин А. М. Обработка измерительной информации в фазовых радионавигационных системах: монография(Красноярск: СФУ).
5. Алешечкин А. М., Валиханов М. М. Радиоизмерения. Исследование радионавигационной системы УВЧ-диапазона: методические указания к лабораторным работам(Красноярск: ИПК СФУ).
6. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы статистической обработки: учеб.-метод. пособие к самостоят. работе студентов спец. 210302.65 «Радиотехника», 210301.65 «Радиофизика», 210304.65 «Радиоэлектронные системы»; направления 210300.62 «Радиотехника»(Красноярск: СФУ).
7. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения: учеб.-метод. пособие к выполнению лаб. работ для студентов спец. 210302.65 «Радиотехника», 210301.65 «Радиофизика», 210406.65 «Сети связи и системы коммутации», 210304.65 «Радиоэлектронные системы»; направления 210300.62 «Радиотехника»(Красноярск: СФУ).
8. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы описания погрешностей: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы студентов спец. 210302.65 "Радиотехника", 210301.65 "Радиофизика", 210304.65 "Радиоэлектронные системы"(Красноярск: ИПК СФУ).
9. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы статистической обработки: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы студентов спец. 210302.65 «Радиотехника», 210301.65 «Радиофизика», 210304.65 «Радиоэлектронные системы»; направления 210300.62 «Радиотехника»(Красноярск: ИПК СФУ).
10. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения: учеб.-метод. пособие для выполнения лаб. работ для студентов спец. 210302.65 "Радиотехника", 210301.65 "Радиофизика", 210406.65 "Сети связи и системы коммутации", 210304.65 "Радиоэлектронные системы"(Красноярск: СФУ).
11. Алешечкин А. М., Тронин О. А. Метрология и радиоизмерения. Указания по решению задач: учеб.-метод. пособие для практ. занятий и

самост. работы [для бакалавров напр. 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», студентов спец. 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 25.05.03 «Международные информационные и телекоммуникационные системы»](Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

- 1.
2. MathWORKS MathLAB 2008b (Simulink, DSP system toolbox, communications system toolbox). Сертификат от Софтлайна Softline 29, 30. 30.09.2008г.
3. PTC MathCAD 14 M035
4. Delphi 2009 Professional Academic (Concurrent)
5. C++Builder 2009 Professional Academic (Concurrent)

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Научная библиотека СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>, располагающая периодическими изданиями:
2. Измерительная техника.
3. Приборы и техника эксперимента.
4. Известия вузов. Приборостроение.
5. Известия вузов. Радиофизика.
6. Известия вузов. Радиоэлектроника.
7. Известия вузов. Электроника.
8. Программные продукты и системы.
9. Радиотехника.
10. Радиотехника и электроника.

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

ПЭВМ – 12 шт.

Частотомер GW INSTEK GFC-8131H – 3 шт.

Осциллограф ОСУ-20 – 3 шт.

Генератор сигналов ГЗ-102 – 3 шт.

Анализатор спектра - 3 шт.