

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б.1.В.ОД.4 Физические основы измерений»*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

*27.03.02 Управление качеством*  
(код и наименование направления подготовки)

*Общий профиль*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

*Программа прикладного бакалавриата*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Заочная*

Год набора 2019

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации

наименование кафедры

протокол № 06 от "25" 01 2019 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации

наименование кафедры

подпись

расшифровка подписи

Л.Н. Третьяк

Исполнители:

зав. кафедрой

должность

подпись

Л.Н. Третьяк

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

27.03.02 Управление качеством

код наименование

личная подпись

расшифровка подписи

Л.Н. Третьяк

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

расшифровка подписи

Н.Н. Грицай

Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись

расшифровка подписи

Р.Х. Хасанов

№ регистрации \_\_\_\_\_

© Третьяк Л.Н., 2019  
© ОГУ, 2019

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель освоения дисциплины:

формирование целостного представления об измерительном процессе как совокупности физических принципов и методов измерений, направленных на повышение точности и обеспечение единства измерений, необходимых для повышения качества продукции и оказываемых услуг.

### Задачи:

- познание измерительного процесса как способа получения количественной информации о свойствах и характеристиках объектов;
- изучение основных элементов физической картины мира, оказывающих влияние на точность и стабильность результатов измерений; физических, эффектов, используемых при создании современных эталонных установок;
- изучение алгебры размерностей физических величин и фундаментальных физических постоянных, основных физических эффектов, методов и принципов измерений;
- изучение основных (фундаментальных) источников формирования погрешности при измерениях; основных информационных потоков, участвующих в измерительном процессе и их виды;
- развитие умений анализировать влияние основных (фундаментальных) источников формирования погрешностей на суммарную погрешность результатов измерений;
- применение теории размерностей для проверки правильности основных физических закономерностей, протекающих в природе;
- приобретение навыков по выбору методов и принципов измерений при разработке методик выполнения измерений, испытаний и контроля; по выбору принципов и методов измерений при воспроизведении единиц соответствующих физических величин.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.1 Введение в специальность*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.18 Метрология*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

| Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Формируемые компетенции                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные физические и математические модели измерительного эксперимента;</li><li>- фундаментальные пределы точности измерений;</li><li>- основные способы устранения погрешностей измерений.</li><li>- единицы физических величин и системы единиц;</li><li>- основные физические эффекты, методы и принципы измерений;</li><li>- основные (фундаментальные) источники формирования погрешности при измерениях;</li><li>- основные информационные потоки, участвующие в измерительном процессе и их виды;.</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- анализировать влияние основных (фундаментальных) источников</li></ul> | ПК-1 способностью анализировать состояние и динамику объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств анализа |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Формируемые компетенции |
| формирования погрешностей на суммарную погрешность результатов измерений;<br>-применять теорию размерностей для проверки правильности основных физических закономерностей, протекающих в природе;<br><b>Владеть:</b><br>- навыками по выбору методов и принципов измерений при разработке методик выполнения измерений, испытаний и контроля;<br>- навыками по выбору принципов и методов измерений при воспроизведении единиц соответствующих физических величин;<br>- системным подходом к принципам и методам измерений. |                         |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов).

| Вид работы                                                                                                                                                                                                                                                                       | Трудоемкость, академических часов |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4 семестр                         | всего       |
| <b>Общая трудоёмкость</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>108</b>                        | <b>108</b>  |
| <b>Контактная работа:</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>15,5</b>                       | <b>15,5</b> |
| Лекции (Л)                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6                                 | 6           |
| Практические занятия (ПЗ)                                                                                                                                                                                                                                                        | 8                                 | 8           |
| Консультации                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                 | 1           |
| Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)                                                                                                                                                                                                                                        | 0,5                               | 0,5         |
| <b>Самостоятельная работа:</b><br>- выполнение контрольной работы (КонтрР);<br>- самостоятельное изучение разделов (1-10);<br>- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);<br>- подготовка к практическим занятиям; | <b>92,5</b><br>+                  | <b>92,5</b> |
| <b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>                                                                                                                                                                                                         | <b>экзамен</b>                    |             |

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре

| № раздела | Наименование разделов                                                                                           | Количество часов |                   |    |    |                |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------|
|           |                                                                                                                 | всего            | аудиторная работа |    |    | внеауд. работа |
|           |                                                                                                                 |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                |
| 1         | Введение. Роль измерительной информации в процессе познания                                                     | 10               | 1                 | -  |    | 9              |
| 2         | Методы теории подобия и размерности                                                                             | 10               | 1                 | -  |    | 9              |
| 3         | Измерение как процесс, основные сведения из метрологии. Средства измерений. Классические измерительные системы. | 12               | 1                 | 2  |    | 9              |
| 4         | Основные постулаты и аксиоматика теории измерений                                                               | 12               | 1                 | 2  |    | 9              |
| 5         | Основные адиабатические инварианты и их роль в измерительном процессе                                           | 9                | -                 | -  |    | 9              |
| 6         | Стабильность и повторяемость как необходи-                                                                      | 9                | -                 | -  |    | 9              |

| № раздела | Наименование разделов                                                                     | Количество часов |                   |    |    |                |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------|
|           |                                                                                           | всего            | аудиторная работа |    |    | внеауд. работа |
|           |                                                                                           |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                |
|           | мые условия достижения достоверности и точности результатов измерений.                    |                  |                   |    |    |                |
| 7         | Элементы современной физической картины мира                                              | 10               | -                 | -  |    | 10             |
| 8         | Фундаментальные источники погрешностей измерений                                          | 13               | 1                 | 2  |    | 10             |
| 9         | - Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений. | 10               | -                 | -  |    | 10             |
| 10        | - Понятие о принципах и методах измерений                                                 | 13               | 1                 | 2  |    | 10             |
|           | Итого:                                                                                    | 108              | 6                 | 8  |    | 94             |
|           | Всего:                                                                                    | 108              | 6                 | 8  |    | 94             |

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

**Раздел 1. Введение. Роль измерительной информации в процессе познания.** Предметом курса физические основы измерений. Общие понятия об измерительном процессе.

**Раздел 2. Методы теории подобия и размерности.** Понятие величины, объекты измерений. Классификация величин. Размерность физической величины. Система единиц. Формула размерности. Теоремы теории размерности. Основные эмпирические отношения между материальными объектами. Шкалы, используемые при измерении. Особенности формирования оценки принадлежности объекта к классу эквивалентности. Погрешность оценки. Применение теории размерности.

**Раздел 3. Измерение как процесс, основные сведения из метрологии. Средства измерений. Классические измерительные системы.** Измерение как физический процесс. Общая характеристика понятия «измерение». Основные принятые термины. Основные элементы измерений. Классификация измерений. Классические измерительные системы. Основные части измерительной системы. Структуры средств измерений. Основные понятия о точности измерительной системы. Место измерительной техники в АСУ.

**Раздел 4. Основные постулаты и аксиоматика теории измерений.** Основные постулаты теории измерений. Математическая формулировка основного постулата метрологии. Примеры. Теоретические модели материальных объектов и процессов. Виды моделей. Погрешности теоретических моделей. Аксиоматика теории измерений.

**Раздел 5. Основные адиабатические инварианты и их роль в измерительном процессе.** Общие критерии термодинамической устойчивости. Принцип Ле-Шателье-Брауна и устойчивость термодинамического равновесия. Адиабатические инварианты: свойства.

**Раздел 6. Стабильность и повторяемость как необходимые условия достижения достоверности и точности результатов измерений.** Основные понятия стабильности измерений. Анализ результатов измерений для объяснения эффекта достаточности измерений. Непостоянство закона распределения ошибок во времени. Примеры применения методов стабилизации результатов измерения. Метод градуировочного графика. Метод стандартных добавок. Титриметрия.

**Раздел 7. Элементы современной физической картины мира.** Об актуальности создания постнеклассической физики. Взгляд на закономерности смены научных парадигм.

**Раздел 8. Фундаментальные источники погрешностей измерений.** Статистическая модель тепловых флуктуаций в равновесных системах. Примеры реализации в средствах измерений. Флуктуационно-диссипационная теорема. Формулы Найквиста. Спектральная плотность флуктуации напряжения и тока в колебательном контуре. Эквивалентная температура нетепловых шумов. Основные источники погрешности при измерении температуры с помощью термпар.

**Раздел 9. Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений.** Самодвижение материи и его конкретные проявления. Формы существования материи. Физика случайных процессов, определяющих минимальную погрешность

измерений. Возможности органов зрения человека. Естественные пределы измерений. Фотонный шум. Влияние флуктуаций на порог чувствительности приборов.

**Раздел 10. Понятие о принципах и методах измерений.** Основные физические эффекты. Понятие о принципах измерений. Понятие о методах измерений. Пример метода точного измерения линейных величин.

#### 4.3 Практические занятия (семинары)

| № занятия | № раздела | Тема                                                                                                                                   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 3         | Применение теории подобия и размерности для проверки правильности физических законов                                                   | 2            |
| 2         | 4         | Применение теории подобия и размерности для проверки правильности физических законов                                                   | 2            |
| 3         | 8         | Изучение структуры средств измерений и выявление возможных источников формирования погрешностей                                        | 2            |
| 4         | 10        | Проверка справедливости и экспериментальное исследование основного (второго) постулата метрологии. Универсальные физические постоянные | 2            |
|           |           | Итого:                                                                                                                                 | 8            |

#### 4.4 Контрольная работа (3 семестр)

|    |                                                                                              |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Сущность эффекта Джозефсона. Его применение в метрологии                                     |
| 2  | Сущность эффекта Зеебека и особенности его применения в термоэлектрических преобразователях  |
| 3  | Сущность эффекта Холла. Его применение при измерениях                                        |
| 4  | Сущность эффекта Пельтье. Область применения при измерениях                                  |
| 5  | Принцип Ле-Шателье-Брауна и устойчивость термодинамического равновесия                       |
| 6  | Особенности применения теории подобия в метрологии                                           |
| 7  | Макроскопические параметры и их влияние на стабильность измерений                            |
| 8  | Влияние помех на погрешность измерений. Методы шумоподавления».                              |
| 9  | Статистическая модель тепловых флуктуаций в равновесных системах                             |
| 10 | Основные источники погрешности при измерении температуры с помощью термпар                   |
| 11 | Модель шумов и нестабильностей в волоконном оптическом гироскопе                             |
| 12 | Перспективы применения современной эталонной базы                                            |
| 13 | Эффект Комптона и его применение при измерениях                                              |
| 14 | Новые фундаментальные физические постоянные и их применение для повышения точности измерения |
| 15 | Сущность эффекта Мессбауэра и его применение при измерениях                                  |
| 16 | Методы измерений функциональных физических постоянных»                                       |
| 17 | Методы измерений малых напряжений, токов и зарядов»                                          |
| 18 | Методы уменьшения систематических погрешностей»                                              |
| 19 | Квантовая метрология и квантовые измерительные преобразователи и приборы                     |
| 20 | Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике»                                           |
| 21 | Методы и средства измерения параметров магнитного поля                                       |
| 22 | Методы и средства измерения параметров электрического поля                                   |
| 23 | Методы и средства измерения частоты и интервалов времени»                                    |
| 24 | Основные источники погрешности при измерении температуры с помощью термпар                   |
| 25 | Особенности термоэлектрического эффекта Томсона и его применение в термоэлектриче-           |

|    |                                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|
|    | ских измерительных приборах                                                     |
| 26 | Сущность эффекта Барнетта в электродинамических измерительных приборах          |
| 27 | Принцип Ле Шателье-Брауна и его применение в измерительных приборах             |
| 28 | Фундаментальные константы макромира и их применение в метрологии                |
| 29 | Физические принципы тепловых измерений и их применение в измерительных приборах |

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Дресвянников, А.Ф. Физические основы измерений : учебное пособие / А.Ф. Дресвянников, Е.А. Ермолаева, Е.В. Петрова; – Казань : КГТУ, 2008. – 305 с.: – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258871>.

2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник и практикум для академического бакалавриата: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям и специальностям / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря.- 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2015. – 839 с. : ил., табл. – (Бакалавр. Академический курс). – Терминологическое слов.: с. 779-793. – Прил.: с. 794-831. – Библиогр.: с. 832-838. - ISBN 978-5-9916-4632-1. - ISBN 978-5-9692-1571-9.

### 5.2 Дополнительная литература

1. Афанасьев, А. А. Физические основы измерений [Текст] : учеб. для вузов / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. – М. : Академия, 2010. – 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 235-236. - ISBN 978-5-7695-5999-0.4.

2. Дресвянников, А.Ф. Эталоны физических величин : учебное пособие / А.Ф. Дресвянников, С.Ю. Ситников, И.Д. Сороки ;. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - 144 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258435>

3. Сборник задач и вопросов по курсу «Физические основы измерений и эталоны» : сборник задач / сост. А.Ф. Дресвянников, И.Д. Сорокина. – Казань : Издательство КНИТУ, 2014. – 179 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428138>

### 5.3 Периодические издания

- Метрология : журнал. - М. : Стандартинформ,
- Стандарты и качество+Business excellence/ Деловое соглашение : комплект
- Законодательная и прикладная метрология : журнал.

### 5.4 Интернет-ресурсы

- <http://www.ria-stk.ru> – РИА Стандарты и качество.
- <http://www.gost.ru> – официальный сайт Федерального агентства по метрологии;
- [www.garant.ru](http://www.garant.ru) – Гарант.

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)
3. Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. – Электрон. дан. - Москва, [1990–2016]. – Режим доступа <\\fileserv1\GarantClient\garant.exe>

4. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва, [1992–2016]. – Режим доступа : в локальной сети ОГУ [\\fileserver1\!CONSULT\cons.exe](file://fileserver1/!CONSULT/cons.exe)

5. Технорма / Документ [Электронный ресурс] : [система программных продуктов] / ООО Глосис-Сервис, ФБУ КВФ Интерстандарт. – Версия 1.11.36. – Электрон. дан. и прогр. – [Москва; Санкт-Петербург], [1999–2013]. – Режим доступа осуществляется в локальной сети ОГУ. [\\fileserver1\gost\Install\tndoc\\_setup.exe](file://fileserver1/gost/Install/tndoc_setup.exe)

## **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (ноутбук, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

### ***К рабочей программе прилагаются:***

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.