

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института



« 15 » 05 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

**Метрология и средства измерений в робототехнике**  
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

**15.03.06 – Мехатроника и робототехника**  
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

**15.03.06- – Мехатроника и робототехника**  
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

**бакалавр**  
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

**очная**  
(очная, заочная и др.)

Институт: Информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Техническая кибернетика

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.03.06- – Мехатроника и робототехника (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 12 марта 2015 г. № 206
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 201\_5\_ году по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат).

Составитель (составители): к.т.н., доц.  (Е.Н.Коробкова)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

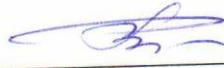
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Техническая кибернетика  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 12 » 05 \_\_\_\_\_ 2015г.

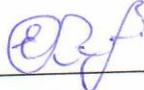
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 10 \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 7 \_\_\_\_\_

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (Ю.И. Солопов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>			
1	ОПК-1	способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</p> <p><b>Уметь:</b> представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</p> <p><b>Владеть:</b> представлением адекватной современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</p>
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-5	способностью проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> способы проведения экспериментов на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем, по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств</p> <p><b>Уметь:</b> грамотно производить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств пользоваться справочной литературой.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками выбора средств и методов электрических измерений, по заданным методикам обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математический анализ
2	Физика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Технические средства систем управления роботов
2	Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	95	95
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	-	+
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>		
УИРС	-	-
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	диф. зачет	диф. зачет

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Понятие метрологии. Теория единства измерений. Теория погрешностей.</b>					
	Предмет и задачи метрологии. Понятие величина, классификация. Системы физических величин. Международная система. Эталоны. Поверочные схемы.	2	4		7
	Измерение. Основные этапы измерений, элементы, операции. Классификация. Методы измерения. Понятие об испытании и контроле.	4	2		7
	Основные понятия теории погрешностей. Классификация. Систематические погрешности. Случайные. Грубые.	6	4	4	15
	Обработка результатов измерений. Равноточные измерения. Неравноточные измерения. Косвенные измерения. Совместные и совокупные измерения.	6	12	5	24
<b>2. Средства измерений</b>					
	Средства измерения. Классификация. Основные нормируемые метрологические характеристики средств измерений.	2	4	4	11
	Электромеханические измерительные приборы. Магнитоэлектрического типа.	4	2		7
	Электромагнитные приборы. Электродинамические приборы. Электростатические приборы.	2	2		5
	Приборы сравнения (мосты постоянного и переменного тока)	2	2		5
	Электронно-лучевые осциллографы. Применение.	2		4	6
	Измерительные преобразователи.	2	2		4
	Цифровые измерительные приборы.	2	2		4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>95</b>

Примечание: в колонку «самостоятельная работа» входят подготовка к лекционным, практическим, лабораторным занятиям.

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
	Понятие величина, классификация. Системы физических величин. Международная система.	Физическая величина и ее количественные характеристики, единицы физических величин. Международная система единиц.	2	2
	Основные понятия теории погрешностей. Классификация. Систематические погрешности. Случайные. Грубые.	Систематические погрешности. Случайные погрешности, типовые законы распределения и их числовые характеристики.	4	4
	Обработка результатов измерений. Равноточные измерения. Неравноточные измерения. Косвенные измерения. Совместные и совокупные измерения.	Обработки и представление результатов прямых равноточных измерений.	6	6
		Обработка результатов совместных и совокупных измерений	6	6
	Средства измерения. Классификация. Основные нормируемые метрологические характеристики средств измерений.	Принцип построения СИ, типовые структурные схемы СИ.	6	6
		Организация и порядок проведения поверок СИ, их периодичность и порядок оформления. Выбор образцовых СИ, поверочные схемы.	6	6
		Погрешности СИ. Нормирование погрешностей СИ. Классы точности, согласно существующих ГОСТов.	4	4
ИТОГО:			34	34
ВСЕГО:				68

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 4</b>				
1	Обработка результатов измерений. Случайные. Систематические погрешности.	Изучение датчиков тока и напряжения.	4	4
2	Обработка результатов измерений. Равноточные измерения.	Изучение бесконтактных конечных выключателей.	4	4
3	Обработка результатов измерений. Косвенные измерения. Метрологические характеристики средств измерений.	Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока.	5	5
4	Электронно-лучевые осциллографы. Основные понятия теории погрешностей.	Измерения с помощью электронного осциллографа.	4	4
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:				34

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Понятие метрологии. Теория единства измерений. Теория погрешностей.	<p>1. Понятие метрологии. Предмет и задачи метрологии.</p> <p>2. Структура теоретической метрологии.</p> <p>3. Правовые основы метрологической деятельности. Государственная метрологическая служба в РФ.</p> <p>4. Понятие величина. Классификация. Физические свойства и величины.</p> <p>5. Системы физических величин. Принципы построения. Международная система физических величин.</p> <p>6. Эталоны единиц физических величин.</p> <p>7. Понятие измерения. Классификация. Принципы измерений.</p> <p>8. Шкала измерений. Разновидности шкал.</p> <p>9. Понятие метода измерений. Классификация. Основные этапы измерений.</p> <p>10. Понятие испытание и контроле.</p> <p>11. Поверочные схемы измерений. Способы поверки средств измерений.</p> <p>11. Основные понятия теории погрешностей. Классификация. Принципы оценивания погрешностей.</p> <p>12. Систематическая погрешность. Классификация. Способы обнаружения и устранения систематической погрешности.</p> <p>13. Случайные погрешности. Основные законы распределения случайных погрешностей.</p> <p>14. Определение оценки для случайных отклонений.</p> <p>15. Определение доверительных интервалов.</p> <p>16. Понятие о грубых погрешностях. Критерии исключения грубых погрешностей.</p> <p>17. Обработка результатов измерений. Равноточные измерения.</p> <p>18. Обработка результатов измерений. Неравноточные измерения.</p> <p>19. Обработка результатов измерений. Косвенные измерения.</p> <p>20. Обработка результатов измерений. Определение случайных погрешностей косвенных измерений.</p> <p>21. Суммирование погрешностей при косвенных измерениях.</p> <p>22. Обработка результатов измерений. Совокупных и совместных измерения.</p>
2	Средства измерений	<p>23. Средства измерения. Классификация. Поверочные схемы. Класс точности приборов.</p> <p>24. Основные нормируемые метрологические характеристики средств измерений.</p> <p>26. Средства измерения. Классификация.</p> <p>27. Основные нормируемые метрологические характеристики средств измерений. Класс точности.</p> <p>28. Аналоговые измерительные приборы. Электромеханические приборы. Общие сведения. Классификация.</p> <p>29. Аналоговые измерительные приборы. Приборы магнитоэлектрического типа. Общее устройство. Достоинства и недостатки.</p> <p>30. Применение магнитоэлектрических измерительных механизмов: гальванометры, амперметры, вольтметры, аввометры, и тепловые приборы.</p> <p>31. Электродинамические измерительные приборы. Электромагнитные, электростатические, Ферродинамические и индукционные. Принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>32. Приборы сравнения. Мосты постоянного и переменного тока. Компенсаторы. Автоматические мосты.</p> <p>33. Электронные измерительные приборы. Классификация. Структура. Входные детекторы. Основные схемы детекторов.</p> <p>34. Генераторы сигналов. Классификация.</p> <p>35. Электронно-лучевые осциллографы. ЭЛТ: структура, принцип работы.</p> <p>36. Электронно-лучевые осциллографы: структура, принцип работы. Основные виды регулировок. Применение.</p>

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

### 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

1. Необходимо определить погрешность измерения температуры перегретого пара с показывающим милливольтметром класса точности  $\pm 1\%$  со шкалой  $(200-600)^\circ\text{C}$  градуировки ХК и дополнительным блоком компенсации температуры холодных спаев термопары при нормальных условиях; милливольтметр показывает температуру пара  $500^\circ\text{C}$ .
2. Необходимо провести обработку результатов наблюдения температуры с целью определения случайной погрешности ряда измерения (метода измерения и математического ожидания):

Nn/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_i, ^\circ\text{C}$	50	50,1	49,9	48	48,5	51	51,5	50,9	50,99	50,05

согласно распределения Стьюдента с вероятностью  $P=0,86$ .

Кроме того, необходимо рассчитать, считая эти измерения принадлежащими конкретному прибору для измерения температуры с целью определения (нормирования) погрешности этого прибора, как систематической, так и случайной согласно ГОСТ 8.009-84 ( $t_{\text{обп}}=20^\circ\text{C}$ ).

3. Определите, с каким сопротивлением надо включать добавочный резистор для расширения верхнего предела измерения вольтметра постоянного тока до 500 В, если он имеет предел измерения  $U=50$  В и собственное потребление мощности  $P=16$  Вт.
4. Даны три ряда неравно рассеянных измерений температуры:

Ряд №1

Nn/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$i$	50	50,1	49,9	48	48,5	51	51,5	50,9	50,99	50,05

Ряд №2

Nn/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$i$	49	49,9	49,5	50,1	50,2	50,3	50,4	50,5	52	49,99

Nn/n	11	12	13	14	15	16	17	18
$i$	49,1	49,2	49,3	49,4	49,4	50,1	50,2	50,3

Ряд №3

Nn/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$i$	48	49,3	48,4	48,5	49,1	50,1	51,1	51,5	51,9	52

Nn/n	11	12	13	14
$i$	49,2	49,5	52,1	50

Необходимо найти результат измерения средневзвешенной величины путем расчета «веса» через СКО каждой группы и через число измерений.

5. В результате большого числа измерений концентрации КОН в водном растворе был определен доверительный интервал  $20,1 \leq m(x) \leq 24,1$  с доверительной вероятностью  $P=0,95$ . Определите СКО измерения концентрации в предположении нормального закона распределения погрешности. Определите также доверительный интервал при доверительной вероятности  $P=0,997$ .

## 5.4. Перечень контрольных работ

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Латышенко К. П. «Автоматизация измерений, контроля и испытаний». Учебное пособие. Из-во «Академия», 2012.
2. Сергеев А.Г. «Метрология, стандартизация и сертификация». Учебное пособие. Из-во «Юрайт», 2012.
- 3.Тартаковский Д.Ф. «Метрология, стандартизация и технические средства измерений». Учебное пособие. Из-во «Высшая школа», 2002.
4. Афанасьев А. А. «Метрология, стандартизация и сертификация». Методические указания. Из-во БГТУ им.В.Г.Шухова, 2012.
5. Стальнов П.И., Пшеничникова Н.С. «Метрология, стандартизация, сертификация». Методические указания. Из-во БГТУ им.В.Г.Шухова, 2006.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Аристов А. И. «Метрология, стандартизация и сертификация». Учебное пособие. Из-во «Академия», 2006.
2. Радкевич Я. М. «Метрология, стандартизация и сертификация». Учебное пособие. Из-во

«Высшая школа», 2007.

3. Дворяшин Б. В. «Метрология и радиоизмерения». Учебное пособие. Из-во «ACADEMIA», 2005.

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. Кайнова В. Н., Гребнева Т. Н., Тесленко Е. В., Куликова Е. А. «Метрология, стандартизация и сертификация». Практикум. Методические указания. Изд-во «Лань» - 2015г.

[https://e.lanbook.com/book/61361#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/61361#book_name)

2. Коротков В. С., Афонасов А. И. «Метрология, стандартизация и сертификация». Учебное пособие. Изд-во «Томский политехнический университет»-2015г.

<http://www.iprbookshop.ru/34681.html>.

3. Бисерова В. А., Демидова Н. В., Якорева А. С. «Метрология, стандартизация и сертификация». Учебное пособие. Изд-во «Научная книга»-2012г.

<http://www.iprbookshop.ru/8207.html>.

4. Егоров Ю. Н. «Метрология и технические измерения». Методические указания. Изд-во «Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ» - 2012г.

<http://www.iprbookshop.ru/16371.html>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, лабораторных занятий, самостоятельной работы УК4 № 203.

Специализированная лаборатория метрологии и технических средств автоматизации: интерактивная доска и проекционное оборудование; лабораторные стенды «Основы метрологии и электрические измерения ОМЭИ.001 РБЭ», «Датчики технологических параметров ДТП.002 РБЭ», «Датчики механических величин», «Датчики технологической информации»; цифровой осциллограф смешанных сигналов RIGOL DS1042CD; модуль ввода-вывода NI USB-6009; измеритель-регулятор Параграф PL20; регулирующий шаровой клапан с электроприводом; измерительные преобразователи температуры, уровня, давления и расхода; 3-х фазные двигатели и устройства пуска; электромеханические усилители и блоки коммутации; сельсины; МЭО; индуктивные и потенциометрические датчики; двигатели постоянного тока; цифровые мультиметры; шкафы для монтажа автоматики.

Microsoft Windows 7, Договор №63-14к от 02.07.2014.

Microsoft Office Professional 2013 Лицензионный договор № 31401445414 от 25.09.2014.

Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Лицензия № 17E017.

Google Chrome Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.

Mozilla Firefox Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения Mozilla Public License 2.0 MPL.

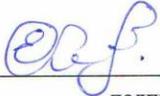
MathWorks Individual Licenses (per License): MATLAB 2016b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox. Лицензия № 1145851 бессрочная

MSCSoftware: Adams Machinery, Easy5, Patran, Nastran, Marc, Apex, Dytran, FlightLoads, Sinda University Package. Лицензионное соглашение №342/CS-021015, бессрочная лицензия

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.  
Протокол № 10 заседания кафедры от «16» 05 2016г.

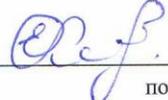
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «15» 05 2017г.

Заведующий кафедрой  Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.  
Протокол № 13 заседания кафедры от «01» 06 2018г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от « 17 » 05 2019 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_

  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.  
Протокол № 10 заседания кафедры от «28» 05 2020г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_



подпись, ФИО