

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМ

А.А.Панфилов

« 13 » октября 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Точность измерительных приборов**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 12.03.01 «Приборостроение»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед., час	Лекции час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
7	3 зач. ед., 108 часа	18	-	18	72	Зачет с оценкой
<b>Итого</b>	<b>3 зач. ед., 108 часа</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	<b>Зачет с оценкой</b>

Владимир 2015

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью изучения дисциплины является ознакомление студентов с основами теории, а также овладение практическими навыками методов расчета и оценки точности измерительных приборов. Особенностью курса является новый аспект проектирования с учетом требований стандартов ISO, овладение методами решения с помощью компьютера многопараметрических задач, овладение методами обработки большого количества информации, как результатов эксперимента, так и результатов расчетных процедур при оценке точности.

### ***Задачи дисциплины:***

Прививать студентам навыки самостоятельного проектирования измерительных приборов различного назначения с учетом выполнения требований точности измерительных функций. Обучать студентов навыкам оценки точности функционирования приборов по разработанной технической документации, обучить навыкам определения оптимальных (с точки зрения качества измерений) технических решений измерительных приборов. Привить студентам навыки разработки программ испытаний по оценке точности приборов, проводить испытания и оценивать качество по результатам практического функционирования при производстве, испытаниях, эксплуатации и ремонте.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Точность измерительных приборов» базируется на целом комплексе технических и естественнонаучных дисциплин, поэтому для ее успешного усвоения необходимо повторить разделы высшей математики по теории вероятностей, курсы по метрологии, сертификации, стандартизации, курсы по технологии методов изготовления измерительных устройств, имеющие отношение к обеспечению их точности. Необходимо также повторить разделы по теории механизмов и машин, имеющим отношение к функционированию кинематических пар и механизмов, а также разделы по триботехнике и износостойчивости различных материалов. Необходимо также повторить разделы по расчету электрических цепей, по цифровой электронике, по обработке и передаче измерительной информации. Вопросы точности измерительных устройств входят в перечень технических разделов при курсовом проектировании, а также в технические разделы выпускной квалификационной работы и являются необходимой частью учебных курсов и работ, связанных с конструированием и технологией изготовления

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует важную часть профессиональной компетенции ПК-3: «Способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике» в части проведения измерений по заданной методике, часть профессиональной компетенции ПК-4: «Готовность проводить наладку, настройку, юстировку и опытную проверку приборов и систем» в части проведения наладки и настройки приборов и систем, а также весомую часть профессиональной компетенции ПК-7: «Способность участвовать в монтаже, наладке, настройке, юстировке, испытаниях, сдаче в эксплуатацию опытных образцов, сервисном обслуживании и ремонте техники» в части участвовать в монтаже, наладке, настройке, юстировке и испытаниях техники.

В результате освоение дисциплины «Точность измерительных приборов» обучающийся должен

**- знать:**



- средства измерений, их метрологические характеристики, показатели надежности их функционирования (ПК-3);
- метрологические возможности проектируемых приборов с точки зрения выбранных измерительных принципов (ПК-3);
- методики проведения метрологических испытаний, их достоверность, репрезентативность при использовании статистических выборок (ПК-4);

**-уметь:**

- участвовать в монтаже, наладке, настройке, юстировке, испытаниях, и ремонте техники (ПК-7);
- проводить наладку, настройку и опытную проверку приборов и систем (ПК-4);

**- владеть:**

- навыками проведения измерения и исследования различных объектов по заданной методике (ПК-3);

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Точность измерительных приборов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часа.

##### 4.1. Трудоемкость базовых разделов дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы,	СРС	КП / КР		
1	Значение точности при проектировании измерительных устройств.	7	1,2	2						2 часа, 100%	
2	Лабораторная работа №1 Расчет статической характеристики ИУ	7	1,2			2					
3	Основные задачи теории точности	7	3-6	4						2 часа, 50%	Рейтинг контроль №1
4	Лабораторная работа №2 Методы уменьшения систематических погрешностей	7	3-6			4					
5	Методы расчета характеристик ИУ.	7	7-9	4						2 часа, 50%	
6	Лабораторная работа №3 Расчет погрешности схемы ИУ	7	7-9			4					
7	Погрешности измерительных устройств	7	10-13	4						2 часа, 50%	Рейтинг контроль №2
8	Лабораторная работа №4 Расчет точности ИУ методом вероятностного анализа	7	10-13			4					
9	Методы анализа и повышения точности ИУ	7	14-18	4						2 часа, 50%	Рейтинг контроль №3
10	Лабораторная	7	14-18			4					

работа №5 Оптимизация значений параметров ИУ											
<b>Всего</b>			18		18		72		10 часов, 28%	Зачет оценкой	с

## 4.2. Лекции

### 1. Значение точности при проектировании измерительных устройств (ИУ).

#### 2. Основные задачи теории точности.

**Тема 2.1. Задачи обеспечения точности в жизненном цикле ИУ.** Точностные расчеты на этапах проектирования, производства и эксплуатации измерительных устройств.

**Тема 2.2. Синтез и анализ как основные процедуры проектирования.** Общие понятия, относящиеся к измерительным устройствам. Структурные особенности ИУ.

**Тема 2.3. Характеристики точности ИУ.** Общие понятия о погрешностях схем ИУ. Погрешность приближения. Методы расчета. Пути снижения влияния погрешности приближения на точность измерительного устройства.

#### 3. Методы расчета характеристик ИУ.

**Тема 3.1. Расчет статических характеристик.** Заданная, расчетная, индивидуальная характеристика. Расчет при последовательном соединении звеньев.

**Тема 3.2. Расчет характеристик при различных типах соединений звеньев.** Расчет при параллельном и встречно- параллельном соединениях звеньев. Пример определения расчетной характеристики прибора.

**Тема 3.3. Расчет динамических характеристик ИУ.** Характеристики типовых динамических звеньев.

#### 4. Погрешности измерительных устройств.

**Тема 4.1. Систематические погрешности, способы их исключения.** Классификация систематических погрешностей. Причины возникновения. Методы введения поправок, замещения, компенсации по знаку.

**Тема 4.2. Случайные погрешности.** Законы распределения случайной погрешности. Доверительный интервал, доверительная вероятность.

**Тема 4.3. Инструментальные, методологические и эксплуатационные погрешности.** Влияние данных погрешностей на точность ИУ, способы их уменьшения.

#### 5. Методы анализа и повышения точности ИУ.

**Тема 5.1. Методы анализа точности ИУ.** Метод максимума-минимума. Метод вероятностного анализа. Определение суммарной погрешности ИУ.

**Тема 5.2. Методы повышения точности ИУ.** Конструктивно-технологические методы. Структурные методы. Оптимизация значений параметров.

## 4.3. Лабораторные работы

**Лабораторная работа №1.** Расчет статической характеристики ИУ.

Цель работы: изучить методы расчета статических характеристик измерительных устройств.

**Лабораторная работа №2.** Методы уменьшения систематических погрешностей.

Цель работы: изучить методы минимизации систематических погрешностей программным и аппаратным способом.



**Лабораторная работа №3.** Расчет погрешности схемы ИУ.

Цель работы: изучение и расчет погрешностей вносимых электронными и электрическими компонентами схем измерительных устройств.

**Лабораторная работа №4.** Расчет точности ИУ методом вероятностного анализа.

Цель работы: изучить процедуру расчета точности при помощи метода вероятностного анализа.

**Лабораторная работа №5.** Оптимизация значений параметров ИУ.

Цель работы: изучить процедуру оптимизации параметров измерительных устройств.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

Целью самостоятельной работы являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Основные формы самостоятельной работы заключаются в проработке дополнительной литературы, подготовке к лабораторным и лекционным занятиям, устному опросу и рейтинг-контролю. Контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется на консультациях, во время работы на ПК и практических занятиях.

Темы для самостоятельной работы:

1. Характеристики типовых динамических звеньев
2. Законы распределения случайных погрешностей
3. Расчет точности ИУ методом максимума- минимума
4. Регулирование ИУ

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки бакалавров реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Пример использования основных активных и интерактивных методов в лекционных, лабораторных и практических занятиях (аудиторные занятия) по разделам

Тип занятий	Метод (форма)
Лекционные занятия	Контекстное обучение Информационно-коммуникационные технологии Модульное обучение
Лабораторные работы	Опережающая самостоятельная работа Информационно-коммуникационные технологии. Работа в малых группах

Основной формой проведения занятий по дисциплине является система «проблемное лабораторное занятие». При постановке задания на лабораторную и самостоятельную работу широко используются разнообразные наглядные учебные пособия (раздаточный материал) и (учебные видеосюжеты, слайд-шоу и т.д.). Ряд занятий предполагает совмещение тех или иных методов, как правило, это проблемная лекция с

применением методов ИКТ (IT-методы). С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, в учебном процессе должны широко использоваться активные и интерактивные формы проведения занятий в том числе: семинары в диалоговом режиме, дискуссии (в том числе – групповые), деловые и ролевые игры, создание творческих проектов и др.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (подготовку к лабораторным занятиям) и индивидуальную работу студента с ПК и в сети INTERNET, а также работу научной библиотеке ВлГУ (электронные ресурсы).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ РЕЙТИНГ-КОНТРОЛЯ**

#### *Вопросы для рейтинг-контроля №1*

1. Определение погрешности средств измерений. Связь понятий точности и погрешности.
2. Характеристика прямой задачи - синтез точности.
3. Характеристика обратной задачи - анализ точности.
4. Основные ошибки при проектировании приборов.
5. Основные ошибки при технологии изготовления деталей и элементов.
6. Основные ошибки, возникающие при эксплуатации приборов.
7. Понятие инструментальная ошибка.
8. Основные варианты инструментальных ошибок.
9. Ошибки специального инструмента, изготовленного на заводах, производящих приборы.

#### *Вопросы для рейтинг-контроля №2*

1. Метрологическое обеспечение технологии изготовления измерительных приборов.
2. Анализ факторов, влияющих на погрешности измерительного прибора. Выбор метода измерения.
3. Прямые измерения и систематические ошибки приборов при серийном изготовлении.
4. Случайные погрешности. Статистический контроль в серийном производстве.
5. Требования к точности приборов автоматического производственного контроля.
6. Первичные погрешности на уровне изготовления деталей, обработки поверхностей.
7. Первичные погрешности на уровне изготовления и сборки узлов и блоков.



8. Принципы сложения первичных погрешностей, координирование, независимость ошибок.
9. Мультипликативные, прогрессивные погрешности.
10. Возникновение и уменьшение погрешностей в зависимости от закона изменения измеряемой величины.

#### *Вопросы для рейтинг-контроля №3*

1. Понятия статической и динамической погрешности.
2. Погрешность схемы измерения.
3. Производственно-технологические погрешности.
4. Погрешности от износа инструмента, от старения материалов.
5. Динамические погрешности.
6. Погрешности от влияния электрических и электромагнитных воздействий.
7. Математическая модель прибора, функция приближения.
8. Уменьшение погрешности за счет регулировок.
9. Параметрический синтез по критерию минимума погрешности приближения.
10. Применение компенсаторов, определения их количества по методу Чебышева.
11. Составление размерной цепи узла, блока, прибора.
12. Метод вероятностного анализа точности.
13. Сравнение методов расчета на минимум и максимум и вероятностного анализа.

#### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ

1. Что такое точность измерительных устройств?
2. На каких этапах проектирования приборов выполняют расчеты на точность?
3. Что такое точностной синтез?
4. Что подразумевают под точностным анализом?
5. Нарисуйте схемы последовательного, параллельного и встречно-параллельного соединения звеньев ИУ.
6. Обобщенная модель измерительного устройства.
7. Что называют статической характеристикой ИУ?
8. Назовите три вида статических характеристик.
9. Как выполняют расчет статических характеристик при последовательном соединении звеньев?
10. В чем состоит графический метод построения статической характеристики при



параллельном соединении звеньев?

11. Как выполняют расчет статических характеристик при встречно-параллельном соединении звеньев?
12. Расчетная характеристика индикатора часового типа.
13. Какие динамические характеристики наиболее широко используются?
14. Назовите типовые динамические звенья.
15. Какую функцию реализует дифференцирующее звено?
16. Какую функцию реализует интегрирующее звено?
17. Какую функцию реализует двигательное звено?
18. Классификация погрешностей
19. Какие погрешности называют систематическими?
20. Что такое погрешность приближения?
21. Перечислите погрешности от действия внутренних дестабилизирующих факторов.
22. Перечислите способы исключения систематических погрешностей.
23. В чем состоит метод поправок?
24. В чем состоит метод замещения?
25. Что такое метод компенсации погрешности по знаку?
26. В каких случаях пользуются методом симметричных наблюдений?
27. Что такое случайная погрешность и какими свойствами она характеризуется?
28. Законы распределения случайной погрешности.
29. Доверительный интервал, доверительная вероятность.
30. Какие погрешности называют инструментальными?
31. Какие погрешности называют методологическими?
32. Какие погрешности называют эксплуатационными?
33. Причины возникновения динамических погрешностей.

#### ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ СРС

1. Расчет точности вольтметра методом максимума- минимума.
2. Расчет точности амперметра методом максимума- минимума.
3. Расчет точности операционного усилителя методом максимума- минимума.
4. Расчет точности омметра методом максимума- минимума.
5. Расчет точности ваттметра методом максимума- минимума.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### *Основная*

1. Микроэлектронные измерительные преобразователи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Б. Топильский. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996330201.html>. ISBN 978-5-9963-3020-1.
2. Метрология, стандартизация, подтверждение соответствия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Б. Камардин, И.Ю. Суркова. - Казань : Издательство КНИТУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214016.html>. ISBN 978-5-7882-1401-6.
3. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] / Леонов О. А., Карпузов В. В., Шкаруба Н. Ж., Кисенков Н. Е. - М. : КолосС, 2013. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953206327.html>. ISBN 978-5-9532-0632-7.

### *Дополнительная*

1. Основы математической метрологии [Электронный ресурс] / Э.И. Цветков. - СПб. : Политехника, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5732507930.html>. ISBN 5-7325-0793-0.
2. Метрологическое обеспечение защиты информации [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / П. Б. Петренко, А. В. Сухоруков. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0352.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0352.html).
3. Оптические измерения [Электронный ресурс]: учеб. пособие. / А.Н. Андреев, Е.В. Гаврилов, Г.Г. Ишанин - М. : Логос, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987041732.html>. ISBN 978-5-98704-173-2.


### *Интернет-ресурсы*

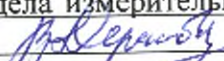
1. [http://studopedia.ru/12\\_81870\\_raschet-pogreshnostey-izmereniy.html](http://studopedia.ru/12_81870_raschet-pogreshnostey-izmereniy.html)
2. <http://www.ngpedia.ru/id85639p1.html>
3. <http://electricalschool.info/izmeren/493-что-означает-класс-точности.html>


## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)


Лекционные аудитории должны быть оборудованы мультимедийными системами (217-3). В качестве материально-технического обеспечения дисциплины использованы: электронные мультимедийные средства обучения, наборы слайдов по темам, электронные каталоги и справочники. специализированная лаборатория (202-3) оснащена персональными компьютерами с установленным специализированным ПО (MatLab) и доступом к сети Интернет. Имеются компьютерные презентации по темам, электронные каталоги, справочники.



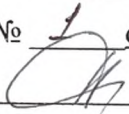
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.03.01 Приборостроение (квалификация (степень) «бакалавр»).  
Рабочую программу составил ст. преподаватель каф. ПИИТ Павлов Д.Д. 

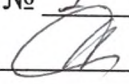
Рецензент  
(представитель работодателя) Зам. начальника отдела измерительной техники (ОИТ) ЗАО "Автоматика плюс", кандидат технических наук  В.М. Дерябин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИИТ  
протокол № 2 от 12.10.2015 года.  
Заведующий кафедрой ПИИТ, д.т.н., проф. Легаев В.П. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления \_\_\_\_\_  
протокол № 2 от 12.10.2015 года.  
Председатель комиссии  Легаев В.П.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.16 года  
Заведующий кафедрой  Л.Т. Сушково

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.17 года  
Заведующий кафедрой  Л.Т. Сушково

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_