

## Программа учебной дисциплины «Метрология и измерительная техника»

Утверждена  
Академическим советом ОП  
Протокол № 4 от 29 августа 2019

Разработчик	Юрин Александр Игоревич, доцент, департамент электронной инженерии МИЭМ НИУ ВШЭ
Число кредитов	4
Контактная работа (час.)	56
Самостоятельная работа (час.)	96
Курс, Образовательная программа	1 курс магистратуры, «Инжиниринг в электронике»
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

### 1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты

Целями освоения дисциплины «Метрология и измерительная техника» являются ознакомление учащихся с основными положениями современной метрологии и методами измерений в электронике.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные положения современной метрологии;

**уметь:**

- проводить анализ условий измерений и выбирать средства измерений с учетом требуемой точности;

**владеть:**

- навыками обработки результатов измерений и представления их результатов.

Изучение дисциплины «Метрология и измерительная техника» базируется на следующих дисциплинах:

- физика
- математика

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- СК-М1 Способен оценивать и модифицировать освоенные методы и способы профессиональной деятельности;
- СК-М4 Способен совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и культурный уровень, планировать профессиональное развитие и карьеру;
- СЛК – М3 Способен определять, транслировать общие цели в профессиональной и социальной деятельности.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

1. Компьютерные измерительные технологии;
2. Методы и средства измерения характеристик микросистемных приборов и элементов БИС.

## 2. Содержание учебной дисциплины

Раздел дисциплины	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк		
	см		
	ср		
Раздел 1. Введение	6	<b>Знать:</b> основные понятия метрологии, основные методы измерений, классификацию погрешностей измерений <b>Уметь:</b> производить расчет инструментальной погрешности средств измерений. <b>Владеть:</b> навыками представления результатов измерений	Защита практических работ Устный экзамен
	4		
	20		
Раздел 2. Измерительная техника	10	<b>Знать:</b> принцип работы основных электроизмерительных приборов <b>Уметь:</b> производить выбор средств измерений, соответствующих требованиям решаемых задач <b>Владеть:</b> навыками работы с измерительной техникой	Защита практических работ Устный экзамен
	20		
	40		
Раздел 3. Обработка результатов измерений	6	<b>Знать:</b> основные понятия теории вероятностей и математической статистики <b>Уметь:</b> проводить стандартную обработку результатов измерений <b>Владеть:</b> навыками определения доверительной погрешности результатов измерений, проверки результатов измерений на наличие грубых погрешностей, идентификации закона распределения результатов измерений.	Домашнее задание Устный экзамен
	10		
	36		
<b>Часов по видам учебных занятий:</b>	<b>22</b>		
	<b>34</b>		
	<b>96</b>		
<b>Итого часов:</b>	<b>152</b>		

Формы учебных занятий:  
 лк – лекции в аудитории;

см - семинары/ практические занятия/ лабораторные работы в аудитории;  
ср – самостоятельная работа студента.

## **Содержание разделов дисциплины**

### Раздел 1. Введение.

#### Тема 1 Основные понятия и определения метрологии

Современное состояние науки о метрологии. Определения физической величины, измерения физической величины.

#### Тема 2 Виды и методы измерений

Принципы измерений. Классификация методов измерений. Методы непосредственной оценки и методы сравнения. Классификация измерений.

#### Тема 3 Погрешности измерений

Понятие погрешности измерений. Классификация погрешностей: по причине возникновения; по характеру проведения измерений; по условиям проведения измерений; по форме представления и др. Классы точности средств измерений.

#### Тема 4 Системы единиц физических величин

Системы единиц физических величин. Уравнения связи между величинами и уравнения связи между числовыми значениями. Естественные системы единиц физических величин и фундаментальные физические константы. Практическая реализация единиц физических величин. Установления эталонов единиц измерения. Воспроизведение эталонов. Классификация эталонов. Сравнение эталонов. Примеры построения эталонов основных единиц.

### Раздел 2. Измерительная техника

#### Тема 5 Средства измерений и их метрологические характеристики

Основные характеристики средств измерений. Классификация СИ. Измерительные преобразователи. Классификация измерительных преобразователей: по назначению, по связи чувствительного элемента с изделием, по принципу преобразования, по физическому явлению, положенному в основу принципа действия. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов. Основные компоненты систем сбора данных.

#### Тема 6 Измерение напряжения и мощности

Параметры напряжения. Общие сведения, структурные схемы вольтметров и их функциональные части. Вольтметры постоянного тока. Вольтметры переменного тока. Преобразователи амплитудного, действующего и среднего значений переменного напряжения. Универсальные вольтметры. Импульсные и селективные вольтметры. Цифровые электронные вольтметры. Измерение напряжений различной формы электронными вольтметрами. Источники основной и дополнительной погрешности. Измерение активной, реактивной и полной мощности в трёхфазных цепях.

#### Тема 7 Измерение параметров компонентов цепей и устройств

Прямые и косвенные методы. Мосты. Общая теория мостов постоянного тока. Одинарные и двойные мосты. Электрические схемы. Принцип действия. Мосты переменного тока. Общая теория мостов переменного тока. Измерение полных сопротивлений, ёмкости, индуктивности, взаимной индуктивности с помощью мостов переменного тока. Автоматические мосты. Электрические схемы. Принцип действия. Компенсаторы постоянного тока. Компенсационный метод измерения электрических величин. Принцип измерения, электрические схемы потенциометров.

### Тема 8 Измерение частоты и интервалов времени

Общие сведения, структурные схемы и принцип действия. Емкостные и резонансные частотомеры. Электронно-счётный частотомер. Основные характеристики и параметры частотомеров и фазометров. Особенности применения приборов для измерения частоты и сдвига фаз.

### Тема 9 Исследование формы и спектра сигналов

Электроннолучевые осциллографы. Общие сведения, структурные схемы и их функциональные части. Принцип получения осциллограммы. Специальные виды разверток - непрерывная, ждущая, круговая. Методы измерения частоты, фазы, временных интервалов, амплитуды напряжения, величины толков с помощью осциллографа. Определение параметров импульсных сигналов. Специальные электроннолучевые осциллографы (скоростные и стробоскопические). Понятие амплитудного и фазового спектра сигнала. Анализаторы спектра, анализаторы гармоник, измерители нелинейных искажений. Общие сведения, структурные схемы и функциональные части. Основные характеристики и практическое применение.

### Раздел 3. Обработка результатов измерений

### Тема 10 Обработка результатов измерений.

Характеристики случайных величин. Оценка параметров: точечные и интервальные. Определение точечных оценок и доверительных интервалов. Законы распределения результатов измерений, их идентификация.

## 3. Оценивание

### **Формы контроля знаний студентов:**

Тип контроля	Форма контроля	1 год, модуль				Параметры
		1	2	3	4	
Текущий	Контроль выполнения практических заданий	*	*			Ответы на вопросы, участие в дискуссиях
	Домашнее задание	*				По заданной теме
Итоговый	Экзамен		*			Устный экзамен, время на подготовку 30 минут

Текущий контроль предусматривает:

- учет активности студентов в ходе проведения практических занятий, выступления, участие в дискуссиях и т.п.;
- выполнение домашнего задания.

Блокирующие элементы не предусмотрены.

Промежуточный контроль не предусмотрен.

Итоговый контроль в форме экзамена проводится в устной форме.

### **Критерии оценки знаний, умений и навыков**

Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;

- участие в дискуссии по предложенной проблематике.

Домашнее задание оценивается по следующим критериям:

- соблюдение структуры работы согласно заданию;
- правильность, полнота и обоснованность ответов;
- способность аргументировано объяснять на защите работы её выполнение.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Итоговый экзамен по дисциплине проводится в форме устного экзамена в конце изучения курса после 2 модуля в присутствии преподавателя. На экзамене студент выбирает экзаменационный билет, который составляется с учетом пройденного материала, и содержит два теоретических вопроса. Ответы на предложенные вопросы излагаются в устной форме. После ответа студента преподаватель может ему задать уточняющие вопросы по тематике билета.

Студенту, имеющему оценку за выполнение и сдачу домашнего задания  $O_{дз}$  ниже 4 баллов, предлагается для ответа дополнительно вопрос по теме домашнего задания.

Использование каких-либо текстов, калькуляторов, телефонов и др. средств связи запрещается. Время подготовки к ответу на вопросы экзамена – 30 мин. По желанию студента и согласию преподавателя возможен досрочный ответ.

Оценки по всем формам текущего и итогового контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

### **Порядок формирования оценок по дисциплине**

Итоговая оценка формируется как взвешенная сумма оценки, накопленной в течение курса, и оценки за экзамен.

*Накопленная оценка* ( $O_{нак}$ ) (максимум 10 баллов) включает оценку за активность на практических занятиях ( $O_{пз}$ ), выполнение домашнего задания ( $O_{дз}$ ) и формируется по следующему правилу:

$$O_{нак} = 0,5O_{пз} + 0,5O_{дз}$$

*Итоговый экзамен* ( $O_{экз}$ ) (максимум 10 баллов): устный экзамен

*Результирующая оценка* ( $O_{рез}$ ) (максимум 10 баллов) по курсу определяется с учетом накопленной оценки  $O_{нак}$  (с весовым коэффициентом 0,5) и оценки за экзамен в конце курса  $O_{экз}$  (с весовым коэффициентом 0,5) по следующей формуле:

$$O_{рез} = 0,5O_{нак} + 0,5O_{экз}$$

*Пересдача по курсу* ( $O_{п}$ ) (первая, вторая) представляет собой устный экзамен, за который выставляется оценка (максимум 10 баллов).

*Результирующая оценка по курсу после пересдачи* ( $O_{рез\ пер}$ ) (первой, второй) определяется с учетом накопленной оценки  $O_{нак}$  (с весом 0,5) и оценки за пересдачу  $O_{п}$  (с весом 0,5) по следующей формуле:

$$O_{рез\ пер} = 0,5 \cdot O_{нак} + 0,5 \cdot O_{п}$$

Оценки по всем формам текущего и итогового контроля выставляются по 10-ти балльной шкале и качественной шкале.

Полученные при суммировании значения оценок округляются по арифметическим правилам:

$\geq x,5$  – оценка округляется в большую сторону ( $x+1$ );

$< x,5$  – оценка округляется в меньшую сторону ( $x$ ).

Количество набранных баллов	Оценка по десятибалльной шкале	Оценка по качественной шкале
9,5-10	10	отлично
8,5-9,4	9	отлично
7,5-8,4	8	отлично
6,5-7,4	7	хорошо
5,5-6,4	6	хорошо
4,5-5,4	5	удовлетворительно
3,5-4,4	4	удовлетворительно
2,5-3,4	3	неудовлетворительно
1,5-2,4	2	неудовлетворительно
0–1,4	1	не удовлетворительно

Значения накопленной оценки  $O_{\text{тк}}$  доводится до студентов на последнем занятии 2-го модуля.

#### 4. Примеры оценочных средств

##### Примерная тематика домашних заданий

1. Обработка результатов измерений.
2. Определение доверительной погрешности результатов измерений.
3. Проверка результатов измерений на наличие грубых погрешностей.
4. Идентификация закона распределения результатов измерений.

##### Оценочные средства для итоговой аттестации

Примерный перечень вопросов к итоговому контролю для самопроверки студентов:

1. Основные термины и определения метрологии.
2. Структурная схема измерений.
3. Классификация средств измерений.
4. Основные характеристики измерений.
5. Погрешности измерений.
6. Виды измерений.
7. Классы точности средств измерений.
8. Шкалы измерений.

9. Международная система единиц физических величин.
10. Классификация погрешностей измерений.
11. Метрологические характеристики средств измерений.
12. Законы распределения результатов измерений.
13. Идентификация законов распределения результатов измерений.
14. Обнаружение грубых погрешностей измерений.
15. Рекомендации по округлению и записи результатов измерений.
16. Точечные оценки измеряемой величины.
17. Интервальные оценки измеряемой величины.
18. Доверительная погрешность.
19. Аналоговые электромеханические приборы.
20. Измерение активной электрической мощности.
21. Измерение электрических сопротивлений.
22. Мосты постоянного тока.
23. Мосты переменного тока.
24. Основные параметры напряжения.
25. Измерение напряжений.
26. Приборы для измерения частоты.
27. Осциллографические измерения.
28. Спектральный анализ электрических сигналов.

## 5. Ресурсы

### 5.1. Рекомендуемая основная литература

п/п	Наименование
1	Общая метрология / В. А. Кузнецов, Г. В. Ялунина; Под ред. В. А. Кузнецова. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 269 с. - ISBN 5-7050-0438-9.
2	Метрология и радиоизмерения: учебное пособие для вузов / Б. В. Дворяшин. – М.: Академия, 2005. – 297 с. – (Сер. "Высшее профессиональное образование") . - ISBN 5-7695-2058-2.

### 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

п/п	Наименование
3	Основы измерений. Датчики и электронные приборы / К. Б. Клаассен; Пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. – 4-е изд. – Долгопрудный: ИНТЕЛЛЕКТ, 2012. – 350 с. - ISBN 978-5-915591-25-6.
4	Метрология и метрологическое обеспечение / Б. Г. Артемьев. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2010. – 568 с. - Ц. - ISBN 978-5-7050-0535-2.
5	Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учеб. пособие для вузов / <a href="#">К. К. Ким</a> , <a href="#">Г. Н. Анисимов</a> , <a href="#">В. Ю. Барбарович</a> , <a href="#">Б. Я. Литвинов</a> ; Под ред. <a href="#">К. К. Кима</a> . – СПб.: Питер, 2008. – 367 с. – (Сер. "Учебное пособие") . - ISBN 978-5-469-01090-6.

### 5.3. Программное обеспечение

Наименование	Условия доступа/скачивания

<b>п/п</b>		
1	Microsoft Windows 7 Professional RUS	Из внутренней сети университета (договор)
2	Microsoft Office Professional Plus 2010	Из внутренней сети университета (договор)

#### **5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

<b>п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Условия доступа/скачивания</b>
1	Электронно-библиотечная система Юрайт	Из внутренней сети университета (договор)
2	Библиотека НИУ ВШЭ	Из внутренней сети университета URL: <a href="https://library.hse.ru/">https://library.hse.ru/</a>
3	Открытое образование	Открытый доступ URL: <a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>

#### **5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для выполнения практических работ используется оборудование лаборатории метрологии и измерительных технологий департамента электронной инженерии МИЭМ НИУ ВШЭ.

### **6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. *для лиц с нарушениями зрения:* в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. *для лиц с нарушениями слуха:* в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. *для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:* в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

### **7. Дополнительные сведения**

-