

П.А. Машаров

Рабочая программа дисциплины «**Радиотехнические измерения**» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:

Ст. преподаватель  
кафедры радиофизики  
и инфокоммуникационных технологий

 В. В. Долбещенков

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий  
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

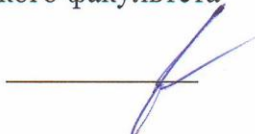
 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета  
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета  
Протокол от 27.03.2024 г. № 2  
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной  
образовательной программы  
д-р тех. наук, проф.  
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

## 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной дисциплины: Математический анализ, Электричество и магнетизм, Колебания и волны, оптика, Радиотехнические цепи и сигналы, Радиоэлектроника.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Схемотехника, Линии передачи и техника СВЧ, Антенны, Функциональная электроника, Производственная практика.

## 2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.03. Радиофизика (Профиль: Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.15 Радиотехнические измерения
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

### 2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	5	34	34	0	76	144	экзамен

## 3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение измерительных технологий, подходов к организации измерений; основных методов измерения характеристик электронных цепей и сигналов, оценка их точности.

## 4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-2. Обладает достаточными знаниями в области электроники, электронной аппаратуры, в том числе СВЧ и оптического диапазона, антенно-фидерных систем,	ПК-2.1. Обладает достаточными знаниями в области электроники, электронной аппаратуры, необходимыми при проведении научно-исследовательских работ и	ПК-2.1.1. Знает теоретические основы и особенности проведения измерений в электронных цепях. ПК-2.1.2. Умеет применять полученные знания для измерения характеристик электронных цепей и сигналов. ПК-2.1.3. Имеет представление о особенностях и основных методах обработки экспериментальных данных.

необходимыми при проведении научно-исследовательских работ и экспериментов по профилю подготовки.	экспериментов по профилю подготовки.	
---	--------------------------------------	--

## 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Радиотехнические измерения	
Введение	Общие сведения. Основные виды и методы измерений, их классификация.
Основы метрологии, погрешности, обработка результатов измерений	Метрологические показатели средств измерений. Физические свойства и величины. Основные показатели. Погрешности как характеристики средств измерений. Виды погрешностей. Классы точности средств измерений. Общие сведения об обработке результатов измерений.
Измерение тока, напряжения, мощности	Измерение постоянного тока и напряжения электромеханическими измерительными приборами. Электромеханические приборы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, электростатические, гальванометры. Выпрямительные и термоэлектрические приборы. Магнитоэлектрические приборы с преобразователями переменного тока в постоянный. Компенсаторы постоянного тока. Аналоговые электронные вольтметры. Техника измерения напряжения. Особенности измерения силы тока. Определение уровня переменного напряжения (тока). Структурные схемы аналоговых вольтметров. Цифровые вольтметры. Измерения импульсных напряжений. Измерение шумового напряжения. Измерители уровня. Измерение мощности в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты.
Измерительные генераторы	Измерительные RC-генераторы. Измерительные LC-генераторы. Генераторы на биениях. Цифровые измерительные генераторы низких частот. Характеристики генераторов сверхвысоких частот. Генераторы импульсных сигналов. Генераторы качающейся частоты. Генераторы шумовых и шумоподобных сигналов.

Исследование формы сигнала	<p>Универсальные осциллографы. Упрощенная структурная схема осциллографа. Виды разверток в универсальном осциллографе. Основные способы отсчета напряжения и временных интервалов.</p> <p>Двухканальные осциллографы. Двухлучевые осциллографы. Запоминающие осциллографы. Скоростные и стробоскопические осциллографы.</p> <p>Цифровые осциллографы.</p>
Измерение параметров сигналов	<p>Измерение частоты и временных интервалов. Цифровой метод измерения частоты. Цифровой метод измерения интервалов времени.</p> <p>Измерение фазового сдвига. Осциллографические методы измерения фазового сдвига. Метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Цифровые фазометры.</p> <p>Измерение искажений формы сигналов. Изменение параметров модулированных сигналов.</p>
Измерение характеристик радиотехнических цепей.	<p>Измерение амплитудно-частотных характеристик. Метод снятия АЧХ по точкам. Панорамные измерители АЧХ.</p> <p>Измерение спектральных характеристик. Параллельный и последовательный методы анализа спектра.</p> <p>Измерение рабочего затухания и усиления.</p>
Измерение параметров компонентов радиотехнических цепей	<p>Измерение параметров компонентов с сосредоточенными параметрами. Измерение активных сопротивлений методом амперметра и вольтметра. Омметры.</p> <p>Измерение с помощью логометра. Мостовые измерители параметров элементов.</p> <p>Резонансный метод измерения параметров элемента. Цифровые средства измерения параметров элементов.</p>
Измерения в цепях СВЧ.	<p>Измерение мощности СВЧ. Измерение мощности термодпарами. Калориметрический метод измерения мощности. Ваттметры проходящей мощности. Измерение мощности преобразователями Холла.</p> <p>Измерение параметров трактов с распределенными постоянными. Способ измерительной линии. Способ раздельного измерения падающей и отраженной волн.</p>

## 6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Радиотехнические измерения	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>76</b>	<b>144</b>
Введение	2			2	4
Основы метрологии, погрешности, обработка результатов измерений	4	6		10	20
Измерение тока, напряжения, мощности	4	8		8	20
Измерительные генераторы	4			6	10
Исследование формы сигнала	4	4		10	18
Измерение параметров сигналов	4	4		10	18
Измерение характеристик радиотехнических цепей.	4	4		8	16
Измерение параметров компонентов радиотехнических цепей	4	4		10	18
Измерения в цепях СВЧ.	4	4		12	20
<b>ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>76</b>	<b>144</b>

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Контрольные вопросы

#### Раздел 1

1. Что изучает дисциплина метрология? Какое место занимает метрология среди других наук?
2. Дайте определение физической величины. Что такое размерность физической величины?
3. Приведите примеры основных, дополнительных и производных физических величин.
4. По каким признакам классифицируются методы измерений?
5. Какие методы измерений вам известны?
6. Что такое условия измерений? Какими они бывают?
7. Что такое результат измерения и чем он характеризуется?
8. Дайте определения прямых, косвенных, совместных и совокупных видов измерений. Приведите примеры измерений каждого вида.
9. Что представляет собой средство измерений? По каким признакам классифицируют средства измерений? Приведите примеры средств измерений различных физических величин.
10. Что собой представляют измерительные приборы? По каким признакам классифицируют измерительные приборы?
11. Какими параметрами и характеристиками описываются современные измерительные приборы?
12. Что представляет собой измерительная система? Для каких целей предназначены информационно-измерительные системы, измерительно-вычислительные комплексы и компьютерно-измерительные системы?
13. Перечислите возможные причины проявления погрешностей. Назовите признаки, по которым классифицируются погрешности.
14. Что называют абсолютной, относительной и приведенной погрешностями? Что такое грубые погрешности (промахи)?
15. Какие характеристики погрешностей вам известны?

16. Сформулируйте свойства систематической, случайной и прогрессирующей составляющих погрешности измерений.
17. Приведите известные вам примеры методических погрешностей.
18. Назовите методы уменьшения систематических погрешностей?
19. Когда погрешность измерения может рассматриваться как случайная величина? Назовите основные законы распределений случайных погрешностей.
20. Как описывается и когда используется распределение Стьюдента?
21. Что называют доверительной вероятностью и доверительным интервалом?
22. Перечислите алгоритмы обработки результатов прямых многократных измерений.
23. Расскажите о критерии «трех сигм».
24. Перечислите основные системы электромеханических приборов и дайте сравнительные характеристики по параметрам.
25. Поясните структурную схему электромеханического прибора.
26. Принцип действия электродинамического прибора.
27. Каковы достоинства компенсационного метода измерения?
28. Поясните работу прибора термоэлектрической системы.
29. Как перевести средневыпрямленное значение напряжения в среднеквадратическое?
30. Приведите основные схемы построения электронных аналоговых вольтметров и их отличие.
31. Почему амплитудный преобразователь наиболее высокочастотен?
32. Как функционирует преобразователь среднего квадратического значения?
33. Что называется амплитудным, средним, средневыпрямленным и средним квадратическим значениями напряжения или тока?
34. Какие коэффициенты устанавливают связь между амплитудным и средним квадратическим, средним квадратическим и средним значениями напряжения (тока)? Чему равны эти коэффициенты для гармонической формы сигнала?
35. Объясните работу амплитудного диодного преобразователя переменного тока в постоянный. Почему амплитудный преобразователь наиболее высокочастотен?
36. Какова техника измерения напряжений?
37. В чем состоят особенности измерения силы тока?
38. Какой принцип реализован в кодоимпульсных цифровых вольтметрах?
39. На каком принципе строят вольтметры времяимпульсного типа?
40. Поясните работу цифрового вольтметра с микропроцессором.
41. Поясните работу цифрового вольтметра с двойным интегрированием.
42. Как измеряют импульсные напряжения?
43. Принцип измерения шумовых напряжений.
44. Поясните работу вольтметра импульсных напряжений.
45. Какие требования предъявляются ко входному устройству измерителя уровня? Перечислите отличие измерителя уровня от вольтметра.
46. Что собой представляет мощность электрических колебаний? Перечислите основные методы измерения мощностей в различных частотных диапазонах.
47. Объясните принцип действия электродинамического ваттметра.
48. Как различают измерительные генераторы в зависимости от формы выходного сигнала? Как подразделяют генераторы по частотным характеристикам?
49. Каковы условия самовозбуждения генератора гармонических колебаний? Какими методами их реализуют?
50. Поясните работу цифрового генератора низких частот.
51. Поясните работу цифрового генератора на биениях.
52. В чем особенности конструирования СВЧ-генераторов?
53. Поясните работу LC-генератора.



54. Поясните необходимость тщательной экранировки в СВЧ-генераторах.
55. Какие физические явления могут быть положены в основу создания шумовых генераторов?
56. Какие требования предъявляют к форме сигнала импульсного генератора?
57. Для чего используют генераторы шумоподобных сигналов? Что служит образцовым источником шума?
58. Для каких целей применяют осциллографы?
59. Какие блоки входят в состав структурной схемы универсального осциллографа? Их назначение?
60. Для чего применяют синхронизацию разверток осциллографа? Перечислите основные типы синхронизации.
61. Устройство, принцип действия, основные параметры и характеристики ЭЛТ.
62. Основные требования, предъявляемые к «развертывающему» напряжению. Перечислите основные виды разверток.
63. Как осуществляют измерение временных интервалов с помощью калиброванной развертки и яркостных меток?
64. Как проводят измерение частоты сигнала методом фигур Лиссажу?
65. Принцип действия, параметры и основные режимы работы запоминающего осциллографа.
66. Каковы особенности осциллографирования импульсов наносекундной длительности?
67. В чем заключается принцип стробоскопического осциллографирования быстротекущих процессов?
68. Какие требования предъявляют к осциллографу при измерении импульсных сигналов?
69. Поясните принцип построения цифровых осциллографов. Из каких основных узлов состоит цифровой осциллограф?
70. Поясните цифровой метод измерения частоты.
71. В чем заключается цифровой метод измерения интервалов времени?
72. Что называют фазовым сдвигом? Перечислите осциллографические методы измерения фазового сдвига.
73. Поясните применение метода линейной развертки для измерения фазового сдвига. Определение фазового сдвига методом эллипса.
74. Метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Поясните работу цифрового фазометра.
75. Чему равен коэффициент амплитудной модуляции? Определение коэффициента амплитудной модуляции осциллографическими методами.
76. Метод снятия АЧХ по точкам. Недостатки метода снятия АЧХ по точкам. Поясните работу схемы панорамного измерителя АЧХ.
77. Для каких целей используют спектральный анализ электрических сигналов?
78. 2. Какой физический смысл лежит в основе прямого и обратного преобразований Фурье? Как аналитически записывают прямое и обратное преобразования Фурье?
79. На чем основан параллельный и последовательный анализ спектра исследуемых сигналов?
80. Как выглядит упрощенная структурная схема анализатора параллельного действия?
81. Какова упрощенная структурная схема анализатора спектра последовательного типа?
82. Запишите формулу для определения рабочего затухания. Методы измерения рабочего затухания.
83. Какие параметры электрических цепей считают сосредоточенными, а какие распределенными?



84. Перечислите основные методы измерения активных сопротивлений и дайте их краткую характеристику.

85. Условие равновесия моста постоянного тока. Условия равновесия моста переменного тока.

86. Поясните работу куметра.

87. Какие методы измерения параметров используют в цифровых приборах?

88. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Приведите примеры этой связи.

89. Для чего служит измерительная линия? Объясните устройство измерительной линии.

7.2. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Донецкий государственный университет

Физико-технического факультета

Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
-------------------------------	------------------------

Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
------------------------	----------------------

Профиль подготовки	Радиофизика
--------------------	-------------

Форма обучения	Очная
----------------	-------

Семестр	Пятый
---------	-------

Дисциплина	Радиотехнические измерения
------------	----------------------------

Экзаменационный билет № 1

1. Что называют доверительной вероятностью и доверительным интервалом?
2. Какой принцип реализован в кодоимпульсных цифровых вольтметрах?
3. На чем основан параллельный и последовательный анализ спектра исследуемых сигналов?

Утверждено на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий, протокол № 14 от 21.02.2024 г.

Заведующий кафедрой

В.В. Данилов

Экзаменатор

В.В. Долбещенков

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

## 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

### 8.1.Семестр 6

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторные работы	35
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

### Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4-м корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi. Для проведения лабораторных занятий требуется учебная лаборатория, укомплектованная необходимым оборудованием.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

При использовании дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

## 10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 10.1. Основная литература

1. Тартаковский, Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений : [Учеб. для студентов вузов] / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - М. : Высш. шк., 2002. - 205 с.

2. Электрорадиоизмерения: учебник / Нефедов В.И., Сигов А.С., Битюков В.К., Самохина Е.В.: под ред. Сигова А.С. – М.: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. – 383с.

### 10.2. Дополнительная литература

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : Учеб. для студентов вузов, обучающ. по специальности "Информ. безопасность телекоммуникац. систем / В. И. Нефедов, В. И. Хахин, Е. В. Федорова и др. ; Под ред. В. И. Нефедова. - М. : Высш. шк., 2001. - 383 с.

2. Топильский, В. Б. Схемотехника измерительных устройств / В. Б. Топильский. - М. : Бинوم. Лаб. знаний, 2006. - 231 с.

3. Валитов, Р. А. Радиотехнические измерения : методы и техника измерений в диапазоне от длинных до оптич. волн / Р. А. Валитов, В. Н. Сретенский. - [перераб. и расшир. изд.]. - Москва : Сов. радио, 1970. - 712 с.

## 11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

3. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

## 12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).