

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
**Муромский институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(МИ ВлГУ)**

**Кафедра УКТС**

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заместитель директора по УР  
\_\_\_\_\_ Д.Е. Андрианов  
\_\_\_\_\_ 16.06.2020

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

*Обнаружение и фильтрация сигналов в системах контроля и управления*

**Направление подготовки**

*12.03.01 Приборостроение*

**Профиль подготовки**

*Приборы и системы*

Семестр	Трудоем- кость, час./зач. ед.	Лек- ции, час.	Практи- ческие занятия, час.	Лабора- торные работы, час.	Консультация, час.	Конт- роль, час.	Всего (контакт- ная работа), час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экз., зач., зач. с оц.)
5	144 / 4	18	12	28	3,8	0,35	62,15	46,2	Экз.(35,65)
6	144 / 4		34			2,25	36,25	107,75	Зач. с оц.
<b>Итого</b>	<b>288 / 8</b>	<b>18</b>	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>3,8</b>	<b>2,6</b>	<b>98,4</b>	<b>153,95</b>	<b>35,65</b>

Муром, 2020 г.

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины: изучение теоретических основ, принципов действия и построения устройств неразрушающего контроля; изучение методов представления и описания сигналов приборов и систем неразрушающего контроля и диагностики материалов и изделий; изучение методов фильтрации и обнаружения сигналов на фоне помех; изучение методов оптимального оценивания параметров сигналов; исследование основных характеристик качества обнаружения протяженных дефектов, а также изучение основных методов цифровой обработки сигналов.

Задачей дисциплины является формирование навыков: решения задач корреляционного и спектрального анализа случайных процессов; синтеза структурных схем оптимальных и квазиоптимальных фильтров и определения их характеристик; построения оптимальных обнаружителей сигналов дефектоскопов и измерителей параметров сигналов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Изучение дисциплины «Обнаружение и фильтрация сигналов в системах контроля и управления» базируется в первую очередь на дисциплинах «Информатика», «Физические основы получения информации», «Электротехника», «Электроника и основы микропроцессорной техники» и других. На дисциплине «Обнаружение и фильтрация сигналов в системах контроля и управления» базируется изучение таких дисциплин как «Методы технической диагностики», «Физические методы контроля» и написание выпускной квалификационной работы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-3 Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении	ОПК-3.3 Владеет методами фильтрации и обнаружения сигналов, способами оценки качества фильтрации	Знать основные понятия теории случайных процессов (ОПК-3.3) Знать методы анализа, фильтрации, обнаружения и оценки параметров сигналов в различных технических системах (ОПК-3.3) Уметь выбирать оптимальные алгоритмы и рассчитывать характеристики обнаружения сигналов и дефектов, их порождающих, на фоне помех (ОПК-3.3) Владеть методами фильтрации и обнаружения сигналов, способами оценки качества фильтрации (ОПК-3.3)	отчет, тест, пояснительная записка

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

### 4.1. Форма обучения: очная

Уровень базового образования: среднее общее.

Срок обучения 4г.

#### 4.1.1. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником							Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	КП / КР	Консультация	Контроль		
1	Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.	5	4	12						23	отчет, тестирование
2	Методы анализа, фильтрации, обнаружения и оценки параметров сигналов в различных технических системах	5	14		28					23,2	отчет, тестирование
Всего за семестр		144	18	12	28			3,8	0,35	46,2	Экз.(35,65)
3	Практическая реализация	6		34						107,75	отчет, тестирование, курсовая работа
Всего за семестр		144		34			+	0	2,25	107,75	Зач. с оц.
Итого		288	18	46	28			3,8	2,6	153,95	35,65

#### 4.1.2. Содержание дисциплины

##### 4.1.2.1. Перечень лекций

##### Семестр 5

*Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.*

##### Лекция 1.

Роль теории обнаружения и фильтрации сигналов в задачах неразрушающего контроля. Основные методы реализации неразрушающего контроля. Физические основы построения и функционирования устройств неразрушающего контроля. Физические основы методов

неразрушающего контроля. Основные модели сигналов и сообщений. Временное и частотное представление сигналов. Основные диапазоны частот сигналов, используемых в устройствах неразрушающего контроля, особенности их распространения. Излучающие системы (преобразователи) и их характеристики (2 часа).

#### **Лекция 2.**

Приемные устройства, параметры модуляции, структурные схемы. Передающие устройства, виды модуляции, структурные схемы. Индикаторные устройства для отображения результатов неразрушающего контроля. Методы определения местоположения точечных дефектов, протяженных дефектов и неоднородностей (2 часа).

*Раздел 2. Методы анализа, фильтрации, обнаружения и оценки параметров сигналов в различных технических системах*

#### **Лекция 3.**

Частотный метод измерения расстояния. Структурная схема уровнемера с частотным методом измерения расстояния. Энергетические соотношения в измерительных системах неразрушающего контроля (2 часа).

#### **Лекция 4.**

Случайные функции и процессы. Основные определения и классификация. Методы описания случайных процессов. Моментные функции (2 часа).

#### **Лекция 5.**

Основные виды распределений (гауссовское, равномерное, рэлеевское, Райса, Лапласа, хи-квадрат) и их характеристики. Гауссовские процессы. Классификация случайных процессов (2 часа).

#### **Лекция 6.**

Корреляционная функция случайного процесса и ее свойства. Корреляционная функция детерминированных сигналов. Понятие о функции неопределенности. Основы спектральной теории случайных процессов (2 часа).

#### **Лекция 7.**

Линейные и нелинейные системы. Методы экспериментального анализа сигналов и полей. Оценка статистических характеристик случайного процесса по выборочным значениям (2 часа).

#### **Лекция 8.**

Анализ распределения вероятностей. Апостериорная плотность распределения вероятностей. Постановка задачи обнаружения. Количественная оценка качества обнаружения. Вероятности перебраковки и недобраковки изделий. Критерии оптимального обнаружения (2 часа).

#### **Лекция 9.**

Структурные схемы обнаружителей. Обнаружение детерминированного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Согласованный фильтр и корреляционный приемник. Расчет характеристик обнаружения известного сигнала. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой и амплитудой. Обнаружение пачки когерентных импульсов с известными параметрами. Обнаружение протяженных дефектов. Обнаружение сигналов на фоне негауссовских помех. Обнаружение сигналов на фоне коррелированного шума. Особенности обнаружения сигналов в теневых дефектоскопах. Обнаружение протяженных дефектов. Последовательный обнаружитель. Достоверность результатов обнаружения. Фильтрация сигналов на фоне помех. Постановка задачи фильтрации. Оптимальные фильтры устройств обнаружения. Согласованные фильтры. Общие понятия о цифровой обработке сигналов (2 часа).

### **4.1.2.2. Перечень практических занятий**

#### **Семестр 5**

*Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.*

#### **Практическое занятие 1**

Основные модели сигналов. Расчет параметров зондирующих сигналов (2 часа).

## **Практическое занятие 2**

Основные модели сигналов. Расчет параметров зондирующих сигналов (2 часа).

## **Практическое занятие 3**

Расчет основных характеристик дефектоскопов (2 часа).

## **Практическое занятие 4**

Расчет энергетических характеристик и дальности действия дефектоскопов (2 часа).

## **Практическое занятие 5**

Расчет энергетических характеристик и дальности действия дефектоскопов (2 часа).

## **Практическое занятие 6**

Определение характеристик случайных процессов на выходе динамических систем (2 часа).

## **Семестр 6**

### *Раздел 3. Практическая реализация*

## **Практическое занятие 7**

Определение характеристик случайных процессов на выходе динамических систем (2 часа).

## **Практическое занятие 8**

Определение корреляционных функций случайных процессов (2 часа).

## **Практическое занятие 9**

Определение корреляционных функций случайных процессов (2 часа).

## **Практическое занятие 10**

Определение спектральных характеристик случайных процессов (2 часа).

## **Практическое занятие 11**

Определение спектральных характеристик случайных процессов (2 часа).

## **Практическое занятие 12**

Синтез оптимальных обнаружителей сигналов (2 часа).

## **Практическое занятие 13**

Синтез оптимальных обнаружителей сигналов (2 часа).

## **Практическое занятие 14**

Расчет характеристик обнаружения сигналов (2 часа).

## **Практическое занятие 15**

Расчет характеристик обнаружения сигналов (2 часа).

## **Практическое занятие 16**

Синтез оптимальных оценок по методу максимального правдоподобия (2 часа).

## **Практическое занятие 17**

Анализ технического задания, выданного студенту (2 часа).

## **Практическое занятие 18**

Выбор, обоснование и расчет тактико-технических характеристик устройства (разрешающей способности, точности и других характеристик) (2 часа).

## **Практическое занятие 19**

Энергетический расчет устройства, включая расчет дальности действия, реализуемого и порогового отношения сигнал-шум, расчет характеристик обнаружения (2 часа).

## **Практическое занятие 20**

Выбор, обоснование и расчет структурной схемы (2 часа).

## **Практическое занятие 21**

Выбор, описание работы функциональной схемы (2 часа).

## **Практическое занятие 22**

Выбор и описание устройства отображения информации (2 часа).

## **Практическое занятие 23**

Расчет тактико-технических характеристик устройства с учетом устройства отображения информации. Выбор схемы настройки, юстировки и контроля работоспособности, разработка требований к источнику питания (2 часа).

### 4.1.2.3. Перечень лабораторных работ

#### Семестр 5

*Раздел 2. Методы анализа, фильтрации, обнаружения и оценки параметров сигналов в различных технических системах*

##### **Лабораторная 1.**

Исследование методов определения числовых характеристик случайных процессов (4 часа).

##### **Лабораторная 2.**

Исследование методов определения числовых характеристик случайных процессов (4 часа).

##### **Лабораторная 3.**

Исследование методов оценивания параметров сигналов при наличии шума (4 часа).

##### **Лабораторная 4.**

Исследование методов оценивания параметров сигналов при наличии шума (4 часа).

##### **Лабораторная 5.**

Исследование методов и цифровых устройств обработки сигналов с использованием оконных функций (4 часа).

##### **Лабораторная 6.**

Исследование методов и цифровых устройств обработки сигналов с использованием оконных функций (4 часа).

##### **Лабораторная 7.**

Исследование обнаружителей сигналов (4 часа).

### 4.1.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Принципы построения систем неразрушающего контроля.
2. Основные тактико-технические характеристики различных устройств неразрушающего контроля.
3. Системы отображения информации в устройствах неразрушающего контроля и дистанционного наблюдения.
4. Оптимальное обнаружение сигналов в устройствах неразрушающего контроля.
5. Эхо-дефектоскопы, теневые дефектоскопы, зеркально-теневые дефектоскопы, уровнемеры, приборы для поиска скрытой проводки, толщиномеры, малогабаритные измерители расстояний, расходомеры и т.п.
6. Характеристики разрешающей способности сигналов. Характеристики устройств фильтрации и обнаружения сигналов на фоне помех. Алгоритмы обработки сигналов (обнаружение, фильтрация, оценивание параметров сигнала, измерение статистических характеристик процессов).
7. Методика разработки по полученным алгоритмам структурной и функциональной схемы. Расчет разрешающей способности, отношения сигнал-шум или сигнал-помеха.
8. Расчет характеристик фильтров и характеристик обнаружения в теневых или эхо-дефектоскопах, уровнемерах, дальномерам, расходомерам и т.п. при различных начальных условиях.
9. Расчет предельно достижимой (потенциальной) точности измерения параметров сигналов.
10. Расчет вероятностных характеристик перебраковки и недобраковки изделий. Анализ и оптимизация устройств неразрушающего контроля или их отдельных функциональных узлов.
11. Характеристики случайных процессов.
12. Статистические характеристики случайных процессов. Определение числовых характеристик случайных процессов. Математические модели случайных процессов и сигналов в устройствах неразрушающего контроля. Методы выборочного анализа сигналов и полей.

13. Оценка статистических характеристик случайного процесса по выборочным значениям. Измерение числовых характеристик и корреляционной функции. Измерение функции распределения, плотности распределения вероятностей, спектральной плотности.
14. Априорная и апостериорная плотности распределения вероятностей. Функция и функционал правдоподобия при наличии белого гауссовского шума. Сложные и простые гипотезы. Методы экспериментального и теоретического исследования характеристик и качества работы устройств неразрушающего контроля.
15. Вероятности, используемые для количественной оценка качества обнаружения. Критерии оптимального обнаружения. Установка порогов в обнаружителе. Структура оптимального обнаружителя с использованием логарифма отношения правдоподобия. Характеристики обнаружения и рабочие характеристики.
16. Обнаружение детерминированного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой и амплитудой. Обнаружение пачки когерентных импульсов с известными и неизвестными параметрами.
17. Использование безынерционных нелинейных преобразователей для построения обнаружителей сигналов на фоне негауссовских помех. Обнаружение сигналов на фоне коррелированного шума. Обеляющий фильтр.
18. Задачи оптимального оценивания параметров сигнала и фильтрации процессов.
19. Эффективные, несмещенные оценки. Критерии оптимальности измерения параметров. Функции потерь, применяемые при оценивании параметров сигнала. Неравенство Крамера-Рао и его роль в теории оценивания.
20. Синтез байесовских оценок. Расчет среднего риска при оценивании параметров. Оценивание при простой функции потерь. Оценивание при линейной по модулю функции потерь. Оценивание при квадратичной функции потерь. Оценивание при прямоугольной функции потерь. Оценивание по методу максимального правдоподобия.
21. Оценки амплитуды сигнала, времени задержки, частоты (доплеровского смещения частоты). Апостериорное среднее как оценка параметра сигнала. Многоканальные устройства оценивания параметров сигналов.
22. Оптимальные дискриминаторы параметров сигналов. Оптимальные фильтры в устройствах обнаружения. Синтез оптимальных фильтров. Оптимальная фильтрация по критерию минимума среднеквадратичной ошибки. Фильтр Калмана.
23. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье.
24. Свойства дискретного преобразования Фурье. Многомерное дискретное преобразование Фурье.
25. Дискретная свертка и ее вычисление.
26. Круговая свертка. Использование ДПФ для вычисления круговой свертки. Линейная свертка. Секционированные свертки. Методы быстрого вычисления круговой свертки.
27. Некоторые перспективные алгоритмы вычисления ДПФ.
28. Алгоритм Винограда. Использование эффективных методов поворота вектора (КОРДИК). Специальные виды ДПФ.
29. Квантование сигналов в цифровых фильтрах.
30. Модели процесса квантования. Детерминированные оценки ошибок квантования. Вероятностные оценки ошибок квантования. Учет квантования сигналов в структурных схемах цифровых фильтров. Оценки ошибок (шумов) квантования выходного сигнала в цифровом фильтре.
31. Адаптивные дискретные и цифровые фильтры.
32. Критерии настройки адаптивных фильтров и методы определения значений их параметров. Адаптивный фильтр-компенсатор помех. Точный алгоритм настройки нерекурсивного адаптивного фильтра по минимуму СКО.
33. Настройка нерекурсивного адаптивного фильтра по минимуму СКО с помощью градиентного метода. Адаптивный фильтр – линейное предсказывающее устройство.
34. Цифровые методы спектрального анализа.

35. Классификация методов. Метод периодограмм. Основные свойства оконных функций. Принципы выбора оконной функции. Методы спектрального анализа, основанные на линейном моделировании. Модели авторегрессии и скользящего среднего. Оценивание частоты по результатам спектрального анализа.

Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

#### **4.1.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР**

Не планируется.

#### **4.1.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)**

1. Эхо-дефектоскоп.
2. Теневой (зеркально-теневой) дефектоскоп.
3. Уровнемер жидких и сыпучих материалов.
4. Расходомер жидкостей.
5. Малогабаритный измеритель расстояний.
6. Толщиномер.
7. Прибор для поиска скрытой проводки.



## 4.2 Форма обучения: заочная

Уровень базового образования: среднее общее.

Срок обучения 5л.

Семестр	Трудоем- кость, час./ зач. ед.	Лек- ции, час.	Практи- ческие занятия, час.	Лабора- торные работы, час.	Консуль- тация, час.	Конт- роль, час.	Всего (контак- тная работа), час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., зач., зач. с оп.)
7	162 / 4,5	4	4	8	2	0,6	18,6	134,75	Экз.(8,65)
8	126 / 3,5	4	6		2	2,25	14,25	108	Зач. с оп.(3,75)
<b>Итого</b>	<b>288 / 8</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>2,85</b>	<b>32,85</b>	<b>242,75</b>	<b>12,4</b>

### 4.2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником							Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	КП / КР	Консультация	Контроль		
1	Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.	7	4	4	8					134,75	отчет, тестирование, контрольная работа
Всего за семестр		162	4	4	8	+		2	0,6	134,75	Экз.(8,65)
2	Методы анализа, фильтрации, обнаружения и оценки параметров сигналов в различных технических системах	8	4							3,25	отчет, тестирование,
3	Практическая реализация	8		6						104,75	отчет, тестирование, курсовая работа

Всего за семестр	126	4	6			+	2	2,25	108	Зач. с оц.(3,75)
Итого	288	8	10	8			4	2,85	242,75	12,4

## 4.2.2. Содержание дисциплины

### 4.2.2.1. Перечень лекций

#### Семестр 7

*Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.*

##### Лекция 1.

Роль теории обнаружения и фильтрации сигналов в задачах неразрушающего контроля. Основные методы реализации неразрушающего контроля. Физические основы построения и функционирования устройств неразрушающего контроля. Физические основы методов неразрушающего контроля. Основные модели сигналов и сообщений. Временное и частотное представление сигналов. Основные диапазоны частот сигналов, используемых в устройствах неразрушающего контроля, особенности их распространения. Излучающие системы (преобразователи) и их характеристики (2 часа).

##### Лекция 2.

Приемные устройства, параметры модуляции, структурные схемы. Передающие устройства, виды модуляции, структурные схемы. Индикаторные устройства для отображения результатов неразрушающего контроля. Методы определения местоположения точечных дефектов, протяженных дефектов и неоднородностей. Частотный метод измерения расстояния. Структурная схема уровнемера с частотным методом измерения расстояния. Энергетические соотношения в измерительных системах неразрушающего контроля (2 часа).

#### Семестр 8

*Раздел 2. Методы анализа, фильтрации, обнаружения и оценки параметров сигналов в различных технических системах*

##### Лекция 3.

Случайные функции и процессы. Основные определения и классификация. Методы описания случайных процессов. Моментные функции. Основные виды распределений (гауссовское, равномерное, рэлеевское, Райса, Лапласа, хи-квадрат) и их характеристики. Гауссовские процессы. Классификация случайных процессов. Корреляционная функция случайного процесса и ее свойства. Корреляционная функция детерминированных сигналов. Понятие о функции неопределенности. Основы спектральной теории случайных процессов. Линейные и нелинейные системы. Методы экспериментального анализа сигналов и полей. Оценка статистических характеристик случайного процесса по выборочным значениям. Анализ распределения вероятностей. Апостериорная плотность распределения вероятностей. Постановка задачи обнаружения. Количественная оценка качества обнаружения. Вероятности перебраковки и недобраковки изделий. Критерии оптимального обнаружения. Структурные схемы обнаружителей. Обнаружение детерминированного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Согласованный фильтр и корреляционный приемник. Расчет характеристик обнаружения известного сигнала. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой и амплитудой. Обнаружение пачки когерентных импульсов с известными параметрами. Обнаружение протяженных дефектов. Обнаружение сигналов на фоне негауссовских помех. Обнаружение сигналов на фоне коррелированного шума. Особенности обнаружения сигналов в теневых дефектоскопах. Обнаружение протяженных дефектов. Последовательный обнаружитель. Достоверность результатов обнаружения. Постановка задачи оптимального оценивания параметра сигнала и дефекта, его порождающего. Основы теории оценок параметров сигналов (2 часа).

##### Лекция 4.

Фильтрация сигналов на фоне помех. Постановка задачи фильтрации. Оптимальные фильтры устройств обнаружения. Согласованные фильтры. Общие понятия о цифровой обработке сигналов. Процедуры дискретизации. Выбор времени дискретизации в различных

радиотехнических системах с цифровой обработки информации. Восстановление сигналов, погрешности восстановления. Теорема Котельникова. Спектры дискретных сигналов. Применение оконных функций при цифровой фильтрации (2 часа).

#### **4.2.2.2. Перечень практических занятий**

##### **Семестр 7**

*Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.*

##### **Практическое занятие 1.**

Анализ технического задания, выданного студенту. Выбор, обоснование и расчет тактико-технических характеристик устройства (разрешающей способности, точности и других характеристик) (2 часа).

##### **Практическое занятие 2.**

Энергетический расчет устройства, включая расчет дальности действия, реализуемого и порогового отношения сигнал-шум, расчет характеристик обнаружения (2 часа).

##### **Семестр 8**

*Раздел 3. Практическая реализация*

##### **Практическое занятие 3.**

Выбор, обоснование и расчет структурной схемы. Выбор, описание работы функциональной схемы. Выбор и описание устройства отображения информации (2 часа).

##### **Практическое занятие 4.**

Расчет тактико-технических характеристик устройства с учетом устройства отображения информации (2 часа).

##### **Практическое занятие 5.**

Выбор схемы настройки, юстировки и контроля работоспособности, разработка требований к источнику питания (2 часа).

#### **4.2.2.3. Перечень лабораторных работ**

##### **Семестр 7**

*Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов. Основные принципы построения устройств неразрушающего контроля.*

##### **Лабораторная 1.**

Исследование методов определения числовых характеристик случайных процессов (4 часа).

##### **Лабораторная 2.**

Исследование методов оценивания параметров сигналов при наличии шума (4 часа).

#### **4.2.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Принципы построения систем неразрушающего контроля.
2. Основные тактико-технические характеристики различных устройств неразрушающего контроля.
3. Системы отображения информации в устройствах неразрушающего контроля и дистанционного наблюдения.
4. Оптимальное обнаружение сигналов в устройствах неразрушающего контроля.
5. Эхо-дефектоскопы, теневые дефектоскопы, зеркально-теневые дефектоскопы, уровнемеры, приборы для поиска скрытой проводки, толщиномеры, малогабаритные измерители расстояний, расходомеры и т.п.
6. Характеристики разрешающей способности сигналов. Характеристики устройств фильтрации и обнаружения сигналов на фоне помех. Алгоритмы обработки сигналов (обнаружение, фильтрация, оценивание параметров сигнала, измерение статистических характеристик процессов).

7. Методика разработки по полученным алгоритмам структурной и функциональной схемы. Расчет разрешающей способности, отношения сигнал-шум или сигнал-помеха.

8. Расчет характеристик фильтров и характеристик обнаружения в теневых или эхо-дефектоскопах, уровнемерах, дальномерам, расходомерам и т.п. при различных начальных условиях.

9. Расчет предельно достижимой (потенциальной) точности измерения параметров сигналов.

10. Расчет вероятностных характеристик перебраковки и недобраковки изделий. Анализ и оптимизация устройств неразрушающего контроля или их отдельных функциональных узлов.

11. Характеристики случайных процессов.

12. Основные модели сигналов. Расчет параметров зондирующих сигналов.

13. Расчет основных характеристик дефектоскопов. Расчет энергетических характеристик и дальности действия дефектоскопов.

14. Определение характеристик случайных процессов на выходе динамических систем.

15. Определение корреляционных функций случайных процессов.

16. Определение спектральных характеристик случайных процессов.

17. Синтез оптимальных обнаружителей сигналов.

18. Расчет характеристик обнаружения сигналов.

19. Синтез оптимальных оценок по методу максимального правдоподобия.

20. Статистические характеристики случайных процессов. Определение числовых характеристик случайных процессов. Математические модели случайных процессов и сигналов в устройствах неразрушающего контроля. Методы выборочного анализа сигналов и полей.

21. Оценка статистических характеристик случайного процесса по выборочным значениям. Измерение числовых характеристик и корреляционной функции. Измерение функции распределения, плотности распределения вероятностей, спектральной плотности.

22. Априорная и апостериорная плотности распределения вероятностей. Функция и функционал правдоподобия при наличии белого гауссовского шума. Сложные и простые гипотезы. Методы экспериментального и теоретического исследования характеристик и качества работы устройств неразрушающего контроля.

23. Вероятности, используемые для количественной оценки качества обнаружения. Критерии оптимального обнаружения. Установка порогов в обнаружителе. Структура оптимального обнаружителя с использованием логарифма отношения правдоподобия. Характеристики обнаружения и рабочие характеристики.

24. Обнаружение детерминированного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой. Обнаружение сигнала с неизвестной начальной фазой и амплитудой. Обнаружение пачки когерентных импульсов с известными и неизвестными параметрами.

25. Использование безынерционных нелинейных преобразователей для построения обнаружителей сигналов на фоне негауссовских помех. Обнаружение сигналов на фоне коррелированного шума. Обеляющий фильтр.

26. Задачи оптимального оценивания параметров сигнала и фильтрации процессов.

27. Эффективные, несмещенные оценки. Критерии оптимальности измерения параметров. Функции потерь, применяемые при оценивании параметров сигнала. Неравенство Крамера-Рао и его роль в теории оценивания.

28. Синтез байесовских оценок. Расчет среднего риска при оценивании параметров. Оценивание при простой функции потерь. Оценивание при линейной по модулю функции потерь. Оценивание при квадратичной функции потерь. Оценивание при прямоугольной функции потерь. Оценивание по методу максимального правдоподобия.

29. Оценки амплитуды сигнала, времени задержки, частоты (доплеровского смещения частоты). Апостериорное среднее как оценка параметра сигнала. Многоканальные устройства оценивания параметров сигналов.

30. Оптимальные дискриминаторы параметров сигналов. Оптимальные фильтры в устройствах обнаружения. Синтез оптимальных фильтров. Оптимальная фильтрация по критерию минимума среднеквадратичной ошибки. Фильтр Калмана.
31. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье.
32. Свойства дискретного преобразования Фурье. Многомерное дискретное преобразование Фурье.
33. Дискретная свертка и ее вычисление.
34. Круговая свертка. Использование ДПФ для вычисления круговой свертки. Линейная свертка. Секционированные свертки. Методы быстрого вычисления круговой свертки.
35. Некоторые перспективные алгоритмы вычисления ДПФ.
36. Алгоритм Винограда. Использование эффективных методов поворота вектора (КОРДИК). Специальные виды ДПФ.
37. Квантование сигналов в цифровых фильтрах.
38. Модели процесса квантования. Детерминированные оценки ошибок квантования. Вероятностные оценки ошибок квантования. Учет квантования сигналов в структурных схемах цифровых фильтров. Оценки ошибок (шумов) квантования выходного сигнала в цифровом фильтре.
39. Адаптивные дискретные и цифровые фильтры.
40. Критерии настройки адаптивных фильтров и методы определения значений их параметров. Адаптивный фильтр-компенсатор помех. Точный алгоритм настройки нерекурсивного адаптивного фильтра по минимуму СКО.
41. Настройка нерекурсивного адаптивного фильтра по минимуму СКО с помощью градиентного метода. Адаптивный фильтр – линейное предсказывающее устройство.
42. Цифровые методы спектрального анализа.
43. Классификация методов. Метод периодограмм. Основные свойства оконных функций. Принципы выбора оконной функции. Методы спектрального анализа, основанные на линейном моделировании. Модели авторегрессии и скользящего среднего. Оценивание частоты по результатам спектрального анализа.
- Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

#### **4.2.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР**

1. Проектирование устройства фильтрации сигнала с использованием САПР СВЧ У.

#### **4.2.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)**

1. Эхо-дефектоскоп.
2. Теневой (зеркально-теневой) дефектоскоп.
3. Уровнемер жидких и сыпучих материалов.
4. Расходомер жидкостей.
5. Малогабаритный измеритель расстояний.
6. Толщиномер.
7. Прибор для поиска скрытой проводки.

### **5. Образовательные технологии**

В процессе изучения дисциплины применяется контактная технология преподавания (за исключением самостоятельно изучаемых студентами вопросов). При проведении занятий применяется имитационный или симуляционный подход, когда преподавателем разбирается на конкретном примере проблемная ситуация, все шаги решения задачи студентам демонстрируются при помощи мультимедийной техники. Затем студенты самостоятельно решают аналогичные задания. Так же при проведении занятий применяется частично-поисковый метод: студенты осуществляют поиск решения поставленной проблемы (задачи). При этом, постановочные задачи опираются на уже имеющиеся у студентов знания и умения, полученные в предшествующих темах.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных материалов (средств) приведены в приложении.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **7.1. Основная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Сириченко, А. В. Методы получения и обработки измерительной информации. Цифровая фильтрация сигналов : практикум / А. В. Сириченко. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2020. — 28 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - <https://www.iprbookshop.ru/106887.html>
2. Умняшкин, С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие / С. В. Умняшкин. — 6-е изд. — Москва : Техносфера, 2021. — 550 с. — ISBN 978-5-94836-617-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - <https://www.iprbookshop.ru/118606.html>
3. Данилов В.А. Вопросы теории обнаружения сигналов в негауссовских помехах [Электронный ресурс]: монография/ Данилов В.А., Данилова Л.В., Львов В.Л.— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, 2017.— 240 с. - <http://www.iprbookshop.ru/89515.html>

### **7.2. Дополнительная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Прикладные методы цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах : учебное пособие / П. П. Клименко, В. Т. Корниенко, А. М. Макаров [и др.]. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. — 130 с. — ISBN 978-5-9275-3802-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - <https://www.iprbookshop.ru/117161.html>
2. Коберниченко, В. Г. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие для СПО / В. Г. Коберниченко. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2021. — 148 с. — ISBN 978-5-4488-1125-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - <https://www.iprbookshop.ru/104913.html>
3. Борисов, А. В. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», профиль — «Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств» / А. В. Борисов, А. А. Шауэрман. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019. — 142 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - <https://www.iprbookshop.ru/102147.html>

### **7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

В образовательном процессе используются информационные технологии, реализованные на основе информационно-образовательного портала института ([www.mivlgu.ru/iop](http://www.mivlgu.ru/iop)), и инфокоммуникационной сети института:

- предоставление учебно-методических материалов в электронном виде;
- взаимодействие участников образовательного процесса через локальную сеть института и Интернет;
- предоставление сведений о результатах учебной деятельности в электронном личном кабинете обучающегося.

Информационные справочные системы:

Информационно-образовательный портал МИВЛГУ <http://www.mivlgu.ru/iop/>

Национальный Открытый Университет "Интуит" <http://www.intuit.ru/>

Образовательный математический сайт - <https://hub.exponenta.ru/>  
Математический форум Math Help Planet <http://mathhelpplanet.com/viewforum.php?f=22>  
Программное обеспечение:  
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition (Договор №436 от 11.11.2014 года)  
Mathworks Academic new Product в составе: Matlab Simulink signal processing toolbox  
DSP systems (договор №1 от 10.01.2014г.)  
Open Office (Бесплатное ПО)

#### **7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

iprbookshop.ru  
mivlgu.ru  
intuit.ru  
mathhelpplanet.com  
mivlgu.ru/iop

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

Лаборатория СВЧ устройств и дистанционных методов получения информации  
Блок измерительный П5-34 – 1 шт.; Вольтметр В7-28 – 1 шт.; Генератор сигналов ВЧ Г4-83 – 1 шт.; Генератор сигналов специальной формы Г6-27 – 1 шт.; Источник питания Б5-7 – 1 шт.; Генератор импульсный Г5-63 – 1 шт.; Генератор сигналов высокочастотный Г4-83 – 1 шт.; Осциллограф С1-64 – 1 шт.; Осциллограф С1-64 – 1 шт.; Генератор качающейся частоты ГК4-44 – 1 шт.; Частотомер резонансный Ч2-33 – 1 шт.; Макет самолетной РЛС – 1 шт.; Компьютер Kraftway Credo KC 36 – 1 шт.; Проектор Проектор мультимедийный HD; Экран переносной на треноге Projecta ProView (160\*160) Matte White S.

### **9. Методические указания по освоению дисциплины**

Для успешного освоения теоретического материала обучающийся: знакомится со списком рекомендуемой основной и дополнительной литературы; уточняет у преподавателя, каким дополнительным пособиям следует отдать предпочтение; ведет конспект лекций и прорабатывает лекционный материал, пользуясь как конспектом, так и учебными пособиями.

На практических занятиях пройденный теоретический материал подкрепляется решением задач по основным темам дисциплины. Занятия проводятся в компьютерном классе, используя специальное программное обеспечение. Каждой подгруппе обучающихся преподаватель выдает задачу, связанную с разработкой и программной реализацией алгоритмов обработки информации. В конце занятия обучающие демонстрируют полученные результаты преподавателю и при необходимости делают работу над ошибками.

До выполнения лабораторных работ обучающийся изучает соответствующий раздел теории. Перед занятием студент знакомится с описанием заданий для выполнения работы, внимательно изучает содержание и порядок проведения лабораторной работы. Лабораторная работа проводится в компьютерном классе. Обучающиеся выполняют индивидуальную задачу компьютерного моделирования в соответствии с заданием на лабораторную работу. Полученные результаты исследований сводятся в отчет и защищаются по традиционной методике в классе на следующем лабораторном занятии. Необходимый теоретический материал, индивидуальное задание, шаги выполнения лабораторной работы и требование к отчету приведены в методических указаниях, размещенных на информационно-образовательном портале института.

Самостоятельная работа оказывает важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется обучающимся самостоятельно. Каждый обучающийся самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием дисциплины. Он выполняет внеаудиторную работу и изучение разделов, выносимых на самостоятельную работу, по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий. Самостоятельная работа оказывает

важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется обучающимся самостоятельно. Каждый обучающийся самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием дисциплины. Он выполняет внеаудиторную работу и изучение разделов, выносимых на самостоятельную работу, по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями на курсовую работу. Обучающийся выбирает одну из указанных в перечне тем курсовых работ, исходя из своих интересов, наличия соответствующих литературных и иных источников. В ходе выполнения курсовой работы преподаватель проводит консультации обучающегося. На заключительном этапе обучающийся оформляет пояснительную записку к курсовой работе и выполняет ее защиту в присутствии комиссии из преподавателей кафедры.

Форма заключительного контроля при промежуточной аттестации – зачет с оценкой. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине разработаны фонд оценочных средств и балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов. Оценка по дисциплине выставляется в информационной системе и носит интегрированный характер, учитывающий результаты оценивания участия студентов в аудиторных занятиях, качества и своевременности выполнения заданий в ходе изучения дисциплины и промежуточной аттестации.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
*12.03.01 Приборостроение* и профилю подготовки *Приборы и системы*  
Рабочую программу составил д.т.н., профессор *Ростокин Илья*  
*Николаевич* \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры *УКТС*

протокол № 39 от 10.06.2020 года.

Заведующий кафедрой *УКТС* \_\_\_\_\_ *Дорофеев Н.В.*

(Подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии факультета

протокол № 9 от 11.06.2020 года.

Председатель комиссии *ФИТР* \_\_\_\_\_ *Белов А.А.*

(Подпись)

(Ф.И.О.)

**Фонд оценочных материалов (средств) по дисциплине**  
Обнаружение и фильтрация сигналов в системах контроля и управления

**1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине**

Вопросы для тестирования размещены в банке вопросов  
<https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=3224&cat=42200%2C140270>

**Общее распределение баллов текущего контроля по видам учебных работ для студентов**

Рейтинг-контроль 1	5 семестр: 2 лабораторные работы, 1 практическая работа; 6 семестр: 5 практических работ;	5 семестр:20; 6 семестр:20
Рейтинг-контроль 2	5 семестр: 2 лабораторные работы, 3 практические работы; 6 семестр: 6 практических работ;	5 семестр:20; 6 семестр:20
Рейтинг-контроль 3	5 семестр: 3 лабораторные работы, 2 практические работы, тестирование; 6 семестр: 6 практических работ, курсовая работа, тестирование.	5 семестр:20; 6 семестр:60
Посещение занятий студентом		0
Дополнительные баллы (бонусы)		0
Выполнение семестрового плана самостоятельной работы		0

**2. Промежуточная аттестация по дисциплине**

**Перечень вопросов к экзамену / зачету / зачету с оценкой.**

**Перечень практических задач / заданий к экзамену / зачету / зачету с оценкой (при наличии)**

Вопросы для тестирования размещены в банке вопросов  
<https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=3224&cat=42200%2C140270>

**Методические материалы, характеризующие процедуры оценивания**

Для оценивания сформированных у студента знаний, умений и навыков имеются типовые задания. Все типовые задания разбиты на 3 блока: блок 1 - для оценивания знаний, блок 2 - для оценивания умений, блок 3 - для оценивания навыков (владений). Каждый блок включает вопросы своего уровня сложности и оценивается определенным количеством баллов. Максимальный балл, который может набрать студент при правильном ответе на все вопросы, равняется 40.

Тест для оценки знаний, умений и навыков студента состоит из 15 вопросов и формируется на основе типовых заданий программным комплексом информационно-образовательного портала МИ ВлГУ в автоматическом режиме. Программный комплекс формирует индивидуальные задания для каждого зарегистрированного в системе студента и

устанавливает время прохождения тестирования. Результатом тестирования является процент правильных ответов, с учетом индивидуального семестрового рейтинга студента формируется экзаменационная оценка (дифференцированный зачет).

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине равна 100.

Оценка в баллах	Оценка по шкале	Обоснование	Уровень сформированности компетенций
Более 80	«Отлично»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	<b>Высокий уровень</b>
66-80	«Хорошо»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	<b>Продвинутый уровень</b>
50-65	«Удовлетворительно»	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	<b>Пороговый уровень</b>
Менее 50	«Неудовлетворительно»	Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки	<b>Компетенции не сформированы</b>

### 3. Задания в тестовой форме по дисциплине

Примеры заданий:

Какие методы используются при проектировании фильтров  
методы преобразования аналоговых фильтров в цифровые;  
прямые методы расчёта БИХ фильтров;

методы, использующие алгоритмы оптимизации;  
все перечисленные методы.

К основным типам аналоговых фильтров относятся  
фильтр Баттерворта;  
фильтр Чебышева(тип Т), инверсионный фильтр Чебышева (тип I);  
Золотарева -Кауэра (тип С);  
Все перечисленные выше фильтры.

Определите мертвую зону уровнемера при зондировании радиоволной, распространяющейся со скоростью  $c =$  м/с, и акустической волной, скорость которой м/с. Длительность импульса составляет  $= 1$  мкс, время восстановления приемного устройства –  $= 0,2$  мкс

---

Полный перечень тестовых заданий с указанием правильных ответов, размещен в банке вопросов на информационно-образовательном портале института по ссылке <https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=3224&cat=42200%2C140270>

Оценка рассчитывается как процент правильно выполненных тестовых заданий из их общего числа.