

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан \_\_\_\_\_ Матросов В.В.

« 29 » \_\_\_\_\_ июня 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Б1.В.ДВ.07.01 Оптимальная обработка сигналов  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
специалитет  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы  
Системы подвижной цифровой защищенной связи  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)  
специалист  
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения  
очная  
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2018

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Оптимальная обработка сигналов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», преподается в 10 семестре (на 5 курсе).

### Целями освоения дисциплины являются:

- Изучение основных статистических методов, применяемых в теоретических и экспериментальных исследованиях телекоммуникационных систем;
- Подробное изучение постановки и решения задач оптимальной обработки сигналов в системах связи.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции<br>(код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций  |
|--|---|
| <i>ПК-3. Способность оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств.<br/>Этап освоения <u>завершающий</u></i> | <i><b>З1 (ПК-3)</b> Знать</i> технические возможности телекоммуникационных систем и сетей связанные с оптимальной обработкой сигналов.<br><i><b>У1 (ПК-3)</b> Уметь</i> оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов. |
| <i>ПК-4. Способность участвовать в разработке компонентов телекоммуникационных систем.<br/>Этап освоения <u>завершающий</u></i>  | <i><b>У1 (ПК-4)</b> Уметь</i> разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанных с оптимальной обработкой сигналов.  |

## 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 75 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),<br><br>форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе   |                           |                            |       |   |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы<br>из них |                           |                            |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|  |              | Занятия лекционного типа  | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего |   |
| Раздел 1. Обнаружение сигналов.  | 54           | 16  |                           |                            | 16    | 38  |
| Раздел 2. Оценка параметров сигналов.  | 53           | 16  |                           |                            | 16    | 37  |
| В т.ч. текущий контроль  | 2            | 2   |                           |                            | 2     |   |
| Промежуточная аттестация – экзамен   |              |   |                           |                            |       |   |

#### 4. Образовательные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий.

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

В рамках данного учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний Intel, Nokia Siemens Networks и др. с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, решения прикладных задач с помощью компьютерных симуляций, стимулирования внеаудиторной работы.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе зачета по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования:

ПК-3: Способность оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств.

| Индикаторы компетенции   | ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ   |   |   |  |   |   |   |
|--|---|---|---|--|---|---|---|
|  | «плохо»   | «неудовлетворительно»   | «удовлетворительно»   | «хорошо»   | «очень хорошо»  | «отлично»   | «превосходно»   |
| <u>Знания</u><br><br><i>Знать</i><br>технические возможности телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов             | Отсутствие знаний о технических возможностях телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Наличие грубых ошибок в знании технических возможностей телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов | Знание основных технических возможностей телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов с рядом ошибок | Знание технических возможностей телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов с рядом ошибок         | Знание технических возможностей телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов с незначительными погрешностями | Знание технических возможностей телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов без ошибок и погрешностей | Знание основных и дополнительных технических возможностей телекоммуникационных систем и сетей связанных с оптимальной обработкой сигналов |
| <u>Умения</u><br><br><i>Уметь</i><br>оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их | Полное отсутствие умения оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению систем и сетей, их   | Отсутствие умения оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их   | Умение оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и  | Умение оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и | Умение оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и          | Умение оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и    | Умение свободно оценивать технические возможности и вырабатывать рекомендации по построению телекоммуникационных систем и сетей, их       |

|   |   |  |   |   |  |  |  |
|---|---|--|---|---|--|--|--|
| элементов и устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов. | телекоммуникационных систем и сетей, их элементов и устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | элементов и устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов | устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов с рядом ошибок | устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов с незначительными ошибками | устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов с незначительными погрешностями | устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов | элементов и устройств, связанные с оптимальной обработкой сигналов |
| Шкала оценок по проценту правильных контрольных заданий             | 0-20%   | 20-50%   | 50-70%  | 70-80%  | 80-90%   | 90-99%   | 100%   |

**ПК-4:** Способность участвовать в разработке компонентов телекоммуникационных систем.

| Индикаторы компетенции  | ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ   |   |  |  |  |  |   |
|---|---|---|--|--|--|--|---|
|   | «плохо»   | «неудовлетворительно»   | «удовлетворительно»  | «хорошо»   | «очень хорошо»   | «отлично»  | «превосходно»   |
| <b>Умения</b><br><br><i>Уметь</i> разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов | Полное отсутствие умения разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | Отсутствие умения разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов | Умение в целом разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов | Умение разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов при наличии незначительных ошибок | Умение разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов с рядом незначительных погрешностей | Умение разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов | Умение свободно разрабатывать компоненты телекоммуникационных систем, связанные с оптимальной обработкой сигналов |
| Шкала оценок по проценту правильных контрольных   | 0-20%   | 20-50%  | 50-70%   | 70-80%   | 80-90%   | 90-99%   | 100%  |

|         |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|
| заданий |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|

## 6.2. Описание шкал оценивания

Используется традиционная семибалльная шкала оценивания, утвержденная приказом ректора ННГУ от 10.10.2002 №229\_ОД.

| №<br>пп | Оценка, её<br>обозначение и<br>соответствующий<br>ей числовой балл | Определение (уровень подготовки,<br>характеризуемый оценкой)                   | Средний %<br>студентов,<br>получивших<br>указанную<br>оценку |
|---------|--|--|--|
| 1       | Превосходно<br>(прев; 5,5)   | Превосходная подготовка с очень<br>незначительными погрешностями               | 10%  |
| 2       | Отлично<br>(отл; 5)  | Подготовка, уровень которой существенно<br>выше среднего с некоторыми ошибками | 25%  |
| 3       | Очень хорошо<br>(очхор; 4,5)                                       | В целом хорошая подготовка с рядом<br>заметных ошибок                          | 30%  |
| 4       | Хорошо<br>(хор; 4)   | Хорошая подготовка, но со значительными<br>ошибками                            | 25%  |
| 5       | Удовлетворительно<br>(уд; 3)                                       | Подготовка, удовлетворяющая<br>минимальным требованиям                         | 10%  |
| 6       | Не<br>удовлетворительно<br>(неуд; 2)                               | Необходима дополнительная подготовка<br>для успешного прохождения испытания    |  |
| 7       | Плохо (плох; 1)  | Подготовка совершенно недостаточная  |  |

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- контрольные задания.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- устное собеседование.

**6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции**

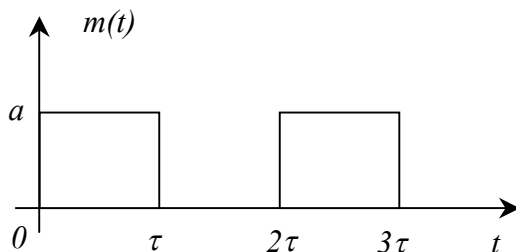
Примеры контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (ПК-3):

1. Классификация задач оптимальной обработки сигналов.
2. Обнаружение детерминированных полезных сигналов на фоне гауссовских помех.
3. Согласованный фильтр. Характеристики согласованного фильтра. Отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра.
4. Обобщение результатов в случае коррелированных шумов
5. Оптимальное обнаружение радиосигнала со случайной начальной фазой и случайной амплитудой.
6. Точность оценок МП. Дисперсия оптимальной оценки в первом приближении при большом отношении сигнал/шум.

Для оценки сформированности компетенций ПК-3 и ПК-4 служат практические контрольные задания (ПКЗ). Примеры типовых ПКЗ:

1. На вход фильтра, согласованного с сигналом  $m(t)$  (см. рис.), поступает аддитивная смесь сигнала и "белого" шума  $x(t)=m(t)+\xi(t)$  ( $K\xi[\tau]=D\xi\delta(\tau)$ ).

Найти импульсную переходную характеристику, отклик на полезный сигнал, корреляционную функцию шумовой составляющей на выходе, отношение сигнал/шум на выходе и предложить схему реализации фильтра.



2. Пусть наблюдается единичный отсчет  $x[0]=A+w[0]$ , где  $w[0] \sim N(0, \sigma^2)$ . Найти границу Крамера-Рао для постоянной  $A$ .
3. Пусть наблюдаются сумма сигнала и шума  $X[n]=A\cos(2\pi f_0 n + \Phi) + w[n]$ ,  $n=0, 1, 2, \dots, N-1$ , где  $w[n]$  - БГШ,  $w[n] \sim N(0, \sigma^2)$ , а амплитуда  $A$  и частота  $f_0$  считаются известными. Найти оценку фазы  $\Phi$ .

#### 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

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

а) основная литература:

1. Тихонов В.Н. Оптимальный прием сигналов. М.: Радио и связь, 1983.
2. Тихонов В.Н., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

[http://www.rfwave.unn.ru/sites/default/files/bolkhovskaya\\_2015\\_detection\\_theory\\_basis.pdf](http://www.rfwave.unn.ru/sites/default/files/bolkhovskaya_2015_detection_theory_basis.pdf)

#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ННГУ,

- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Автор (ы) \_\_\_\_\_ О.В. Болховская

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_ И.Ю. Грязнова

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Мальцев

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» июня 2020 года, протокол № 03/20.