

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория информации

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.06 Теория информации относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|--|---|------------------------------------|--|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ПК-1: Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам | <p>ПК-1.1: Знает методы обработки и интерпретации данных научных исследований</p> <p>ПК-1.2: Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований</p> <p>ПК-1.3: Имеет практический опыт сбора, обработки и интерпретации данных научных исследований</p> | <p>ПК-1.1: Знает основы теории информации необходимые для решения задач профессиональной деятельности, связанных с цифровой обработкой сигналов</p> <p>ПК-1.2: Умеет применять теоретические основы теории информации для решения задач профессиональной деятельности, связанных с цифровой обработкой сигналов</p> <p>ПК-1.3: Владеет методами статистической обработки и анализа данных</p> | Собеседование | <p>Экзамен: Контрольные вопросы Задачи</p> |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | очная |
|---|-------|
| Общая трудоемкость, з.е. | 5 |
| Часов по учебному плану | 180 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |

| | |
|--|---------------|
| - занятия лекционного типа | 48 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| - КСР | 2 |
| самостоятельная работа | 44 |
| Промежуточная аттестация | 54 Экзамен |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | |
|---|--------------|--|--|-------------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | |
| Тема 1. Элементы теории случайных процессов. | 40 | 16 | 10 | 26 | 14 |
| Тема 2. Спектрально - корреляционный анализ случайных процессов. | 38 | 16 | 10 | 26 | 12 |
| Тема 3. Элементы теории информации и кодирования. | 28 | 10 | 8 | 18 | 10 |
| Тема 4. Пропускная способность дискретных каналов связи с шумами. | 18 | 6 | 4 | 10 | 8 |
| Аттестация | 54 | | | | |
| КСР | 2 | | | 2 | |
| Итого | 180 | 48 | 32 | 82 | 44 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Элементы теории случайных процессов.

Тема 2. Спектрально - корреляционный анализ случайных процессов.

Тема 3. Элементы теории информации и кодирования.

Тема 4. Пропускная способность дискретных каналов связи с шумами.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий /лабораторных работ в форме практической подготовки отводится очная форма обучения - 4 ч.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

– во время лекций и практических занятий формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях и практических занятиях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Определение случайного процесса. Понятие статистического ансамбля. Вероятностное описание случайного процесса с помощью многомерных плотностей вероятности. Основные свойства многомерных плотностей вероятности случайного процесса.
2. Двумерная условная плотность вероятности случайного процесса и ее основные свойства. Зависимость условной плотности вероятности от разности времен для процесса с конечным вероятностным последствием. Многомерные условные плотности вероятности, их свойства и связь с многомерными безусловными плотностями вероятности.
3. Классификация случайных процессов по их вероятностному последствию. Совершенно случайные процессы и марковские процессы, их описание. Уравнение Смолуховского для условной плотности вероятности марковского процесса.
4. Многомерная характеристическая функция случайного процесса и ее основные свойства.
5. Моментные функции случайного процесса. Среднее значение и корреляционная функция. Связь моментных функций с характеристической функцией.

6. Ковариационная функция случайного процесса. Дисперсия. Понятия некоррелированности и статистической независимости двух значений случайного процесса. Коэффициент корреляции.
7. Гауссовские случайные процессы, их n -мерная характеристическая функция и плотность вероятности. Информация, необходимая для полного описания гауссовского случайного процесса.
8. Ковариационная матрица n отсчетов случайного процесса и ее основные свойства.
9. Основные свойства гауссовских случайных процессов. Выражение n -мерных моментных функций гауссовского случайного процесса с нулевым средним значением через ковариационную функцию.
10. Стационарные случайные процессы. Понятия стационарности в узком и широком смысле, их взаимоотношение.
11. Эргодичность случайных процессов. Вывод необходимых и достаточных условий эргодичности по отношению к среднему значению.
12. Достаточное условие эргодичности случайного процесса по отношению к одномерной плотности вероятности. Экспериментальное определение одномерной плотности вероятности эргодического случайного процесса.
13. Общее описание совокупности двух случайных процессов. Понятие статистической независимости двух случайных процессов. Взаимные корреляционная и ковариационная функции. Понятие некоррелированности двух случайных процессов.
14. Энтропия как мера степени неопределенности дискретной случайной системы. Единицы измерения энтропии. Основные свойства энтропии.
15. Теорема о максимальном значении энтропии для системы с двумя состояниями и произвольным числом состояний.
16. Энтропия сложной системы. Свойство аддитивности энтропии для сложной системы, состоящей из нескольких статистически независимых подсистем
17. Количество информации, как мера снятой неопределенности. Среднее количество информации, содержащееся в принятом сообщении Y о переданном сообщении X , основные свойства, связь с энтропией. “Потерянная” и “шумовая” информация.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями ИЛИ Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками ИЛИ В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок ИЛИ Хорошая подготовка, но со значительными ошибками ИЛИ Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям |
| не зачтено | Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания ИЛИ Подготовка совершенно недостаточная |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|---|--|--|---|--|---|--|
| | не зачтено | | | зачтено | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|-------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |

| | | |
|-------------------|----------------------------|--|
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Свойства корреляционной функции произвольного нестационарного случайного процесса.
2. Свойства корреляционной функции стационарного случайного процесса (K-свойства). Типичные примеры корреляционных функций стационарных случайных процессов. Понятие времени корреляции.
3. Дифференцирование случайного процесса. Корреляционная функция и среднее значение производной от нестационарного случайного процесса.
4. Среднее значение и корреляционная функция интегрального преобразования случайного процесса.
5. Спектральная плотность энергии случайных сигналов I-ой группы, функция корреляции I-го рода, ее свойства. Преобразование спектральной плотности энергии и функции корреляции случайных сигналов I-ой группы при прохождении их через линейные системы.
6. Сигналы II-ой группы. Спектральная плотность мощности. Соответствие между спектральной плотностью мощности и корреляционной функцией для стационарных случайных процессов (формула Винера-Хинчина).
7. Ширина спектра случайного процесса, ее связь со временем корреляции.
8. Узкополосные случайные процессы. Схема обработки узкополосного случайного процесса, квадратурные составляющие и их корреляционные функции.
9. Преобразование спектральной плотности мощности и функции корреляции II-го рода при прохождении случайного процесса через линейную систему. Приближение «белого шума». Квазистатическое приближение.
10. Совместные функции корреляции (I и II-го рода) и спектральные плотности (энергии и мощности). Спектральная плотность мощности на выходе суммирующей цепочки.

11. Взаимная спектральная плотность мощности и функция когерентности. Функция когерентности сигналов на входе и выходе линейной системы.
12. Корреляционная функция спектральных компонент случайного процесса и ее свойства.
13. Спектрально-корреляционный анализ нелинейных безынерционных преобразований случайных гауссовских процессов с помощью ковариационного ряда.
14. Формулировка задачи оптимального обнаружения сигнала на фоне шума при дискретных наблюдениях. Отношение правдоподобия. Его универсальность. Понятие достаточной статистики.
15. Оптимальное обнаружение детерминированного сигнала на фоне аддитивного гауссовского шума. Дискретные наблюдения.
16. Оптимальное обнаружение детерминированного сигнала на фоне аддитивного “белого” гауссовского шума. Непрерывные наблюдения.
17. Согласованный фильтр, его импульсная переходная характеристика и коэффициент передачи. Характеристики сигнала и отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра.
18. Двоичный симметричный канал связи. Зависимость количества информации передаваемого по этому каналу связи от вероятности ошибок.
19. Кодирование дискретных сообщений в отсутствие помех. Постановка задачи кодирования, обратимость и экономность кода. Средняя длина кодового слова.
20. Дискретные каналы связи с помехами. Стационарные каналы связи без памяти, их описание.
21. Пропускная способность дискретных стационарных каналов связи без памяти.
22. Пропускная способность дискретных каналов связи симметричных по входу. Каналы связи симметричные по входу и выходу, их пропускная способность.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|-------------------|--|
| превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично» |
| очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо» |
| удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне |

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| | «удовлетворительно» |
| неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» |
| плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача 1.

На вход квадратичного детектора $y=ax^2$ подается гауссовский случайный процесс $x(t)$ с корреляционной функцией

$$K_x[\tau] = \sigma_x^2 e^{-\frac{|\tau|}{T_0}} \cos(\omega_0 \tau)$$

Найти корреляционную функцию, спектральную плотность мощности и одномерную плотность вероятности на выходе детектора.

Задача 2

На входе приемника наблюдается сигнал $x(t)$, состоящий из аддитивной смеси постоянного полезного сигнала m и маскирующего его аддитивного стационарного гауссовского шума $x(t)$: $x(t)=lm+x(t)$. Вероятность наличия сигнала ($l=1$) равна p , а отсутствия ($l=0$) – $q=1-p$.

Производится N выборок выходного процесса через одинаковый интервал Dt , превышающий время корреляции шума. Найти алгоритм обработки отсчетов, минимизирующий полную вероятность ошибки обнаружения сигнала. Проанализировать, как зависит минимальная вероятность ошибки $P_{ош}$ от таких параметров, как N , s_x , m , положив $P=0,5$ (m – известная детерминированная константа).

Задача 3

Случайный процесс $x(t)$ представляет собой сумму квадратурных составляющих:

$$x(t)=A_c(t)\cos\omega_0 t+A_s(t)\sin\omega_0 t$$

где $A_c(t)$ и $A_s(t)$ - статистически независимые гауссовы случайные процессы с равными нулю средними значениями и с одинаковыми дисперсиями s_2 . Этот же случайный процесс может быть записан в следующем виде:

$$x(t)=A(t)\cos[\omega_0 t-j(t)],$$

где $j(t)$ - случайная фаза процесса $x(t)$, а

- случайная амплитуда.

Найти вероятностные распределения

а) случайного процесса $x(t)$

б) случайной амплитуды $A(t)$

в) случайной фазы $j(t)$

Задача 4

На вход нелинейного безынерционного элемента с характеристикой

$$y = 2x \cdot 1(x) = \begin{cases} 2x, & x > 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

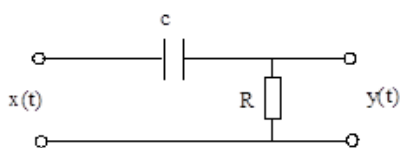
подается случайный телеграфный процесс, принимающий два значения $+a$, $-a$ с равной вероятностью. Смена знака происходит в случайные моменты времени. Вероятность того, что на временном интервале длительности T произойдет ровно m смен знаков описывается законом Пуассона и равна

$$P(m, T) = \frac{(\lambda T)^m}{m!} e^{-\lambda T}$$

Найти корреляционную функцию и спектральную плотность мощности процесса на входе и выходе нелинейного безынерционного элемента.

Задача 5

На вход дифференцирующей цепочки (см. рис) подается стационарный шум $x(t)$ с известной корреляционной функцией $K_x[t]$ и спектром $S_x(w)$. Найти спектр и корреляционную функцию на выходе цепочки.



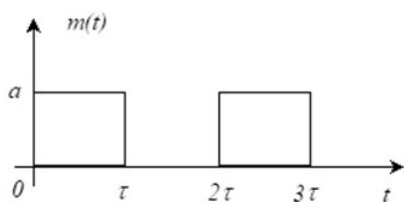
В качестве примера рассмотреть случай $K_x[\tau] = \sigma_x^2 e^{-\frac{|\tau|}{\tau_0}}$

и определить условия, при которых цепочка действительно дифференцирует $y(t) \approx \dot{x}(t)$ входной процесс, т.е.

Задача 6

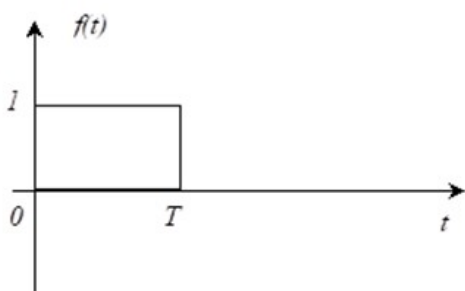
На вход фильтра, согласованного с сигналом $m(t)$ (см. рис.), поступает аддитивная смесь сигнала и "белого" шума $x(t) = m(t) + \xi(t)$ ($K_x[t] = D_x \delta(t)$).

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



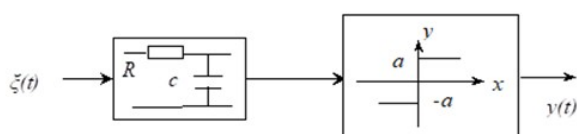
Задача 7

Найти общее выражение для спектра энергии и функции корреляции 1-го рода процесса на выходе интегрирующей RC – цепочки, на вход которой подается прямоугольный импульс (форма импульса $f(t)$ показана на рисунке). Проанализировать эти выражения в предельных случаях $T \ll RC$, $T \gg RC$.



Задача 8

На вход последовательно соединенных RC – цепочки и симметричного ограничителя $y=2a \times 1(x)$ -а поступает «белый» гауссовский шум $\xi(t)$ (см.рис.). . Найти одномерную плотность вероятности и корреляционную функцию процесса $y(t)$ на выходе ($\langle \xi(t) \rangle = 0$).



Задача 9

Передаваемое по каналу связи сообщение X состоит из двух букв: «А» и «Б». Вероятности $p(A) = p(B) = 1/2$. На выходе канала связи с равной вероятности вместо буквы «А» слышатся звуки «А» или «О», а вместо «Б» звуки «Б» или «П». Найти передаваемое количество информации на один символ, «шумовую» и «потерянную» информацию.

Задача 10

Передаваемое по каналу связи сообщение X состоит из четырех равновероятных букв: «А», «О», «Б», «П». Из-за помех на выходе канала связи различается только гласный и согласный звук. Определить количество информации, передаваемой по такому каналу связи. Сравнить результат с предыдущей задачей.

Задача 11

Закодировать двоичным кодом по методам Шеннона-Фано Хаффмана сообщение стационарного дискретного источника, использующего алфавит из четырех букв А, Б, В, Г вероятность появления которых $p(A) = 0,4$, $p(B) = 0,3$, $p(V) = 0,2$, $p(\Gamma) = 0,1$. Произвести побуквенное кодирование и кодирование блоками из двух букв. Сравнить экономности полученных кодов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично» |
| очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо» |
| удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» |
| плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Тихонов Василий Иванович. Статистическая радиотехника. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. :

Радио и связь, 1982. - 624 с. : ил. - 2.90., 95 экз.

2. Сборник задач по статистической радиофизике : учеб. пособие / Горьк. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Горький : [б. и.], 1988. - 74 с. - 0.15., 164 экз.

3. Рытов Сергей Михайлович. Введение в статистическую радиофизику : учеб. для вузов. Ч. 1. Случайные процессы. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 494 с. : рис. - 1.25., 125 экз.

4. Левин Борис Рувимович. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 3. - М. : Советское радио, 1976. - 288 с. - 1.37., 30 экз.

Дополнительная литература:

1. Зачевицкая Лариса Петровна. Измерение простейших характеристик случайных процессов : [учеб. пособие] / Горьк. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Горький : ГГУ, 1986. - 67 с. : ил. - 0.15., 188 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Мальцев Александр Александрович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Мальцев Александр Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.