

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 № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория вероятностей и математическая статистика

Уровень высшего образования
Специалитет

Направление подготовки / специальность
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы
Радиотехнические системы и комплексы сбора и обработки информации

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.13 Теория вероятностей и математическая статистика относится к обязательной части 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
ОПК-1: Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии	ОПК-1.1: Разбирается в основных разделах математических и естественно-научных дисциплин. ОПК-1.2: Применяет основные законы естественно-научных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований	ОПК-1.1: Знать: 1) предмет теории вероятностей; 2) методы математического описания количественных показаний различных измерителей результатов статистически устойчивого эксперимента; 3) вероятностные свойства одномерных и многомерных случайных величин; 4) числовые характеристики одномерных и многомерных случайных величин; 5) различные типы зависимостей между случайными величинами; 6) предмет математической статистики; 7) соотношение между предметом теории вероятностей и предметом математической статистики; 8) основные задачи математической статистики; Уметь: разбираться в основных разделах математических и естественно-научных дисциплин Владеть: навыком применения предмета теории вероятностей и	Контрольная работа Тест	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

		<p>математической статистики при решении практических задач</p> <p>ОПК-1.2: Знать: методы теории вероятностного моделирования, теории вероятностей и математической статистики Уметь: строить адекватные вероятностные модели экспериментов и их количественных измерителей Владеть: способностью к разработке методов изучения реальных случайных процессов с не полностью известными условиями их проведения или наблюдения</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	49
Промежуточная аттестация	45 экзамен

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора	Всего	

			торные работы), часы		
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Методы построения теоретико-множественной модели случайных экспериментов.	9	3	1	4	5
Тема 2. Вероятностные модели классических случайных экспериментов.	10	3	2	5	5
Тема 3. Вероятностные модели произвольных случайных экспериментов.	10	3	2	5	5
Тема 4. Вероятностные модели условных случайных экспериментов.	10	3	2	5	5
Тема 5. Количественные характеристики статистически устойчивых экспериментов.	11	4	2	6	5
Тема 6. Числовые характеристики измерителей элементарных исходов случайных опытов.	10	3	2	5	5
Тема 7. Наиболее распространенные дискретные и непрерывные случайные величины.	11	4	2	6	5
Тема 8. Элементы математической статистики.	9	3	1	4	5
Тема 9. Точечное и интервальное оценивание неизвестного параметра.	9	3	1	4	5
Тема 10. Проверка статистических гипотез.	8	3	1	4	4
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	49

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Предусмотрены консультации по лекционному курсу и по практике. Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам и монографиям, указанным в списке литературы раздела 6. Самостоятельная работа также заключается в решении практических задач, проектов и выполнении ответов на вопросы самоконтроля. Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях на компьютере, используя электронный дистанционный учебный материал по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика». Самостоятельная работа контролируется преподавателем как во время аудиторных занятий, так и во время внеаудиторной работы, в том числе с использованием консультаций по электронной почте.

Самостоятельная работа в рамках практических занятий включает в себя ознакомление с теоретическим материалом по методическому пособию, указанному в списке литературы раздела 6 (основная литература, [7]) и выполнение ответов на вопросы самоконтроля. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя также выполнение домашних практических заданий по дисциплине; самостоятельное изучение конспектов лекций, доказательство ряда утверждений, сформулированных в лекциях и подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа контролируется преподавателем, как во время аудиторных занятий, так и во время внеаудиторной работы (осуществляется выборочная проверка домашних работ после каждого практического занятия). При выполнении студентами домашних и контрольных работ, используются приведенные в разделе 6 учебно-методические пособия и практикумы.

В течение всего периода изучения «Теории вероятностей и математической статистики» студенты решают указанные преподавателем задачи из учебно-методического пособия или

практикума, соответствующего теме изучаемого раздела дисциплины. Подготовка к экзамену осуществляется с использованием конспектов лекций, презентацию лекций и учебной литературы, список которой приведен в разделе 6.

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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Вопросы:	Код компетенции (согласно РПД)
1. Пусть x_1, x_2, \dots, x_n суть результаты n независимых повторных наблюдений над случайной величиной ξ , распределенной по закону Пуассона с неизвестным параметром $\theta > 0$. Для оценки θ выбрали функцию вида $\theta_n^* = \theta_n^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = n^{-1}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$ от результатов наблюдений. Определить, являются ли эта оценка несмещенной.	ОПК-1
2. Пусть x_1, x_2, \dots, x_n суть результаты n повторных независимых наблюдений над случайной величиной ξ , интегральная функция распределения которой $F(x; \theta)$ известна с точностью до параметра $\theta, \theta \in \Theta \subset \mathbb{R}$. И пусть оценка $\theta_n^* = \theta_n^*(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ есть несмещенная оценка для θ , причем $D(\theta_n^*(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)) < \infty$. Определить, является ли $(\theta_n^*(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n))^2$ несмещенной оценкой θ^2 .	ОПК-1
3. Пусть x_1, x_2, \dots, x_n — результаты n повторных независимых наблюдений над случайной величиной ξ , функция распределения которой $F(x; \theta_1, (\theta_2)^2)$ известна с точностью до параметров θ_1 и θ_2 , где $\theta_1 = M\xi, (\theta_2)^2 = D\xi$. Для оценки параметра θ_2 выбрали функцию вида $\theta_n^* = \theta_n^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = (n-1)^{-1/2}[(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2]^{1/2}$, где величина $\bar{x} = n^{-1}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$. Определить, является ли выбранная оценка параметра θ_2 несмещенной.	ОПК-1
4. Пусть x_1, x_2, \dots, x_n — результаты n повторных независимых наблюдений над нормальной случайной величиной ξ с нулевым математическим ожиданием и неизвестной дисперсией $\theta = D\xi$. В качестве оценки параметра θ выбрана статистика вида $\theta_n^*(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n) = n^{-1}[(\xi_1)^2 + (\xi_2)^2 + \dots + (\xi_n)^2]$. Определить, является ли данная оценка эффективной.	ОПК-1
5. Методом моментов найти оценку неизвестных параметров $\theta_2 > \theta_1$ случайной величины ξ , плотность распределения $f_\xi(x; \theta_1, \theta_2)$ которой равна нулю при $x \notin (\theta_1, \theta_2)$ и равна величине вида $(\theta_2 - \theta_1)^{-1}$ при $x \in (\theta_1, \theta_2)$. Методом моментов найти оценку неизвестных параметров θ_1 и $0 < \theta_2 < 1$ непрерывной случайной величины ξ , плотность распределения $f_\xi(x; \theta_1, \theta_2)$ которой определяется формулой $\theta_2 f_1(x) + (1 - \theta_2) f_1(x - \theta_1)$, где $f_1(x) = (2\pi)^{-1/2} \exp\{-x^2/2\}$.	ОПК-1

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Тип — одиночный выбор.

Пусть $\xi(\omega)$ является одномерной случайной величиной на (Ω, \mathcal{F}) . Определить соотношение между событиями, которое является ошибочным.

- Событие $\{\omega: \xi(\omega) \geq a\} = \Omega \setminus \{\omega: \xi(\omega) < a\}$.
- Событие $\{\omega: \xi(\omega) > a\} \neq \Omega \setminus \left(\bigcap_{i=1}^{\infty} \{\omega: \xi(\omega) < a + 1/i\} \right)$.
- Событие $\{\omega: a \leq \xi(\omega) < b\} \in \mathcal{F}$.
- Событие $\{\omega: \xi(\omega) = a\} = \bigcap_{i=1}^{\infty} \{\omega: \xi(\omega) < a + 1/i\} \setminus \{\omega: \xi(\omega) < a\}$.

2. Пусть $c \in R$ и $\xi(\omega)$, $\eta(\omega)$ являются случайными величинами. Определить утверждение, которое будет ошибочным.

- Функция $c\xi(\omega)$ является случайной величиной.
- Функция $c(\xi(\omega) + \eta(\omega))$ является случайной величиной.
- Функция $c(\xi(\omega) - \eta(\omega))$ является случайной величиной.
- Функция $|\xi(\omega)|$ не является случайной величиной.

3. Тип — множественный выбор.

Пусть $F(x)$ является интегральной функцией распределения случайной величины ξ . Определить правильные соотношения.

- Имеет место соотношение $F(+\infty) \neq 1$.
- Имеет место соотношение $F(-\infty) = 0$.
- Имеет место соотношение $F(+\infty) = 1$.
- Имеет место соотношение $F(-\infty) \neq 0$.

4. Тип — проверка ответов.

Пусть $F(x)$ является интегральной функцией распределения сингулярной случайной величины $\xi(\omega): \Omega \rightarrow [0,1]$. Вычислить значение функции $F(x)$ при: 1) $x = 10/27$; 2) $x = 20/27$; 3) $x = 22/27$.

Ответ для задачи 1): $F(10/27) = 1/2$;

ответ для задачи 2): $F(20/27) = 5/8$;

ответ для задачи 3): $F(22/27) = 3/4$.

5. Тип — множественный выбор.

Монета наудачу бросается один раз на поверхность пола. Определить правильные утверждения.

- Для симметричной монеты этот эксперимент является предметом математической статистики.
- Для симметричной монеты этот эксперимент является предметом теории построения вероятностных моделей.
- Для несимметричной монеты этот эксперимент является предметом теории построения вероятностных моделей.
- Для несимметричной монеты этот эксперимент является предметом математической статистики.

6. Тип — одиночный выбор.

Пусть известны не все условия проведения статистически устойчивого эксперимента E . Определить правильное утверждение.

- Изучение искоемых характеристик эксперимента E не связано с его испытанием.
- Построение адекватной вероятностной модели не требует проведение эксперимента.
- Задание вероятностно-статистической модели эксперимента E не связано с его проведением.
- Определение статистических законов распределения количественных характеристик эксперимента E не требует результатов измерений.

7. Тип — множественный выбор.

Пусть известны не все условия проведения статистически устойчивого эксперимента E . Определить верные высказывания.

- Определение статистических законов распределения случайных величин не является одной из основных задач статистики.
- Определение выборочных законов распределения случайных величин есть одна из основных задач математической статистики.
- Определение эмпирических законов распределения случайных величин есть одна из основных задач математической статистики.
- Оценка неизвестных параметров законов распределения случайных величин есть одна из основных задач математической статистики.

8. Тип — множественный выбор.

Пусть известны не все условия проведения статистически устойчивого эксперимента E . Определить верные высказывания.

- Определение эмпирических числовых характеристик случайных величин есть одна из основных задач математической статистики.
- Определение выборочных числовых характеристик случайных величин есть одна из основных задач математической статистики.
- Генеральная совокупность есть основное понятие в математической статистике.
- Выборочная совокупность не является основным понятием в математической статистике.

9. Тип — одиночный выбор.

Пусть известны не все условия проведения статистически устойчивого эксперимента E . Определить верное утверждение.

- Генеральная совокупность не является основным понятием в математической статистике.
- Вариационный ряд есть основное понятие в статистике.
- Статистический ряд не является основным понятием в математической статистике.
- Информационно-статистическая таблица не является основным понятием в математической статистике.

10. Тип — множественный выбор.

Пусть известны не все условия проведения статистически устойчивого эксперимента E . Определить ошибочные утверждения.

- Число исходов выборочной совокупности больше числа исходов генеральной совокупности.
- Число наблюдаемых исходов эксперимента меньше числа исходов генеральной совокупности.
- Число элементов вариационного ряда не меньше числа элементов статистического ряда.
- Число элементов группированного статистического ряда не больше числа элементов статистического ряда.

11. Тип — множественный выбор.

Пусть над статистически устойчивым экспериментом E проведено n испытаний, и $\mu(n, A)$ определяет число наблюдений результата A . Определить верные высказывания.

- Статистическая вероятность $P_n^*(A)$ любого события A является аналогом теоретической вероятности $P(A)$.
- Относительная частота $\mu(n, A)/n$ события A не сходится по вероятности к величине $P(A)$.
- Статистическая вероятность $P_n^*(A)$ любого события A равна величине $\mu(n, A)/n$.
- При любых значениях $\epsilon, \delta > 0$ и $n \geq (\delta\epsilon^2)^{-1}p(1-p) + 1$ имеет место $P(\{\omega: |n^{-1}\mu(A, n) - p| < \epsilon\}) < 1 - \delta$.

12. Тип — одиночный выбор.

Пусть над статистически устойчивым экспериментом E проведено n испытаний, и $F_n^*(x)$ является статистической интегральной функцией распределения случайной величины ξ . Определить верное утверждение.

- Статистическая функция распределения $F_n^*(x) = P_n^*(A_x)/n$, где случайное событие $A_x = \{\omega: \xi(\omega) < x\}$.
- Выборочная функция распределения $F_n^*(x) = \mu(n, A_x)/n$, где событие $A_x = \{\omega: \xi(\omega) < x\}$.
- При $k = 0, 1, \dots, n$ и $x \in (x_k^*, x_{k+1}^*]$ эмпирическая функция распределения вида $F_n^*(x) = k/n$, где $x_0^* = -\infty, x_{n+1}^* = +\infty$ и последовательность $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ является вариационным рядом для величины ξ .
- При $k = 0, 1, \dots, n$ и $x \in (x_k^*, x_{k+1}^*)$ статистическая функция распределения $F_n^*(x) = k/n$, при этом $x_0^* = -\infty, x_{n+1}^* = +\infty$ и последовательность $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ является вариационным рядом для случайной величины ξ .

13. Тип — множественный выбор.

Пусть вектор (x_1, x_2, \dots, x_n) есть реализация случайной повторной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ и последовательность $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ является вариационным рядом. Определить верные утверждения над статистически устойчивым экспериментом E .

- Статистическое математическое ожидание определяется по формуле $M^*(\xi) = n^{-1}(\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n)$.
- Значение выборочного математического ожидания $M^*(\xi)$ есть $n^{-1}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$.
- Значение эмпирического математического ожидания $M^*(\xi)$ вычисляется с помощью следующей формулы $n^{-1/2}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$.
- Статистическая дисперсия $D^*(\xi)$ равна $M^*(\xi - M^*(\xi))^2$.
- Эмпирическая дисперсия $D^*(\xi)$ удовлетворяет следующему условию $D^*(c\xi) = c^2 D^*(\xi)$.

14. Тип — множественный выбор.

Пусть вероятностно-статистическая модель случайной величины ξ задается скалярным параметрическим семейством $\wp_\xi = \{F_\xi(x; \theta); \theta \in \Theta\}$. Определить верные высказывания.

- Статистика есть измеримая функция $\theta_n^* = \theta_n^*(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ от случайной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$.
- Оценка неизвестного скалярного параметра θ есть статистика $\theta_n^* = \theta_n^*(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ от случайной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$, множество значений которой совпадает с множеством значений оцениваемого параметра θ .
- Основными ограничениями оценок неизвестного скалярного параметра являются несмещенность, состоятельность и эффективность.
- Статистическая дисперсия $D^*(\xi)$ является несмещенной оценкой дисперсии $D\xi$ случайной величины ξ при неизвестном математическом ожидании $M\xi$.
- Пусть для семейства распределений Релея с параметром θ плотность вероятностей $f_\xi(x; \theta) = x\theta^2 \exp\{-x^2/2\theta^2\}$ при $x > 0$ и $f_\xi(x; \theta) = 0$ при $x \leq 0$. Тогда метод моментов дает оценку вида $\theta^*(x) = (\sum_{i=1}^n x_i^2 / 2n)^{1/2}$.

15. Тип — множественный выбор.

Пусть вектор $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ есть значение повторной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ и вероятностно-статистическая модель случайной величины ξ задается скалярным параметрическим семейством вида $\wp_\xi = \{F_\xi(x; \theta); \theta \in \Theta\}$. Определить верные высказывания.

- Если $\underline{\theta}(\xi)$, $\bar{\theta}(\xi)$ суть две статистики, $\underline{\theta}(\xi) < \bar{\theta}(\xi)$ и вероятность $P_\theta(\underline{\theta}(\xi) < \theta < \bar{\theta}(\xi)) \geq \gamma$ для некоторого параметра $\theta \in \Theta$, то величина γ является надежностью интервального оценивания.
- Пусть $\underline{\theta}(\xi)$, $\bar{\theta}(\xi)$ суть две статистики, $\underline{\theta}(\xi) < \bar{\theta}(\xi)$ и вероятность $P_\theta(\underline{\theta}(\xi) < \theta < \bar{\theta}(\xi)) \geq \gamma$ для всех значений параметра $\theta \in \Theta$. Тогда $(\underline{\theta}(\xi), \bar{\theta}(\xi))$ является доверительным интервалом оценки неизвестного параметра.
- Пусть при известной дисперсии σ^2 статистическое среднее $M^*(\xi)$ является оценкой $\theta^*(\xi)$ параметра $M\xi = \theta$, то при заданной надежности $\gamma \in (0, 1)$ и точности $\varepsilon > 0$ неравенство $n < (\Phi^{-1}(\gamma))^2 \sigma^2 / \varepsilon^2$ определяет достаточный объем n повторной выборки, где $\Phi(x)$ есть функция Лапласа и $\Phi^{-1}(\cdot)$ — обратная ей функция.
- Пусть статистика $(n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n (\xi_i - M^*(\xi))^2$ является оценкой $\theta^*(\xi)$ неизвестного параметра $D\xi = \theta$, то при заданной надежности $\gamma \in (0, 1)$ и точности $\varepsilon > 0$ неравенство $n \geq 1 + 2(\theta^*(\mathbf{x}) \Phi^{-1}(\gamma))^2 / \varepsilon^2$ определяет достаточный объем n повторной выборки этой оценки, где $\Phi(x)$ есть функция Лапласа и $\Phi^{-1}(\cdot)$ — обратная ей функция.

16. Тип — множественный выбор.

Пусть вектор $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ есть значение повторной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ и вероятностно-статистическая модель случайной величины ξ задается скалярным параметрическим семейством вида $\wp_\xi = \{F_\xi(x; \theta); \theta \in \Theta\}$. Определить верные высказывания.

- Если $\underline{\theta}(\xi)$, $\bar{\theta}(\xi)$ суть две статистики, $\underline{\theta}(\xi) < \bar{\theta}(\xi)$ и вероятность $P_\theta(\underline{\theta}(\xi) < \theta < \bar{\theta}(\xi)) \geq \gamma$ для некоторого параметра $\theta \in \Theta$, то величина γ является надежностью интервального оценивания.

• Пусть $\theta(\xi)$, $\bar{\theta}(\xi)$ суть две статистики, $\theta(\xi) < \bar{\theta}(\xi)$ и вероятность $\mathbf{P}_\theta(\theta(\xi) < \theta < \bar{\theta}(\xi)) \geq \gamma$ для всех значений параметра $\theta \in \Theta$. Тогда $(\theta(\xi), \bar{\theta}(\xi))$ является доверительным интервалом оценки неизвестного параметра.

• Пусть при известной дисперсии σ^2 статистическое среднее $M^*\xi$ является оценкой $\theta^*(\xi)$ параметра $M\xi = \theta$, то при заданной надежности $\gamma \in (0, 1)$ и точности $\varepsilon > 0$ неравенство $n < (\Phi^{-1}(\gamma))^2 \sigma^2/\varepsilon^2$ определяет достаточный объём n повторной выборки, где $\Phi(x)$ есть функция Лапласа и $\Phi^{-1}(\bullet)$ — обратная ей функция.

Пусть статистика $(n-1)^{-1} \sum_{i=1}^n (\xi_i - M^*\xi)^2$ является оценкой $\theta^*(\xi)$ неизвестного параметра $D\xi = \theta$, то при заданной

надежности $\gamma \in (0, 1)$ и точности $\varepsilon > 0$ неравенство $n \geq 1 + 2(\theta^*(x) \Phi^{-1}(\gamma))^2/\varepsilon^2$ определяет достаточный объём n повторной выборки этой оценки, где $\Phi(x)$ есть функция Лапласа и $\Phi^{-1}(\bullet)$ — обратная ей функция.

17. Тип — множественный выбор.

Пусть вектор $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ есть значение повторной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ и вероятностно-статистическая модель случайной величины ξ задается семейством $\varphi_\xi = \{F_\xi(x)\}$ из всех её допустимых интегральных функций распределения $F_\xi(x)$. Гипотеза H_0 о предполагаемых свойствах законов распределения для величины ξ определяет подмножество $\varphi_\xi(H_0) = \{F_\xi(x | H_0)\}$ множества φ_ξ . Определить верные высказывания?

• Если изучается некоторый случайный признак ξ с неизвестной интегральной функцией распределения $F_\xi(x)$, то утверждение H_0 о том, что $F_\xi(x)$ совпадает с некоторой известной функцией $F(x)$ является простой гипотезой.

• Алгоритм, согласно которому проверяемая гипотеза H_0 принимается или отвергается, не является решающей функцией проверки этой гипотезы.

• Пусть $T = \{t : t = t^*(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in X^n\}$ есть множество всех возможных значений статистики $t^* = t^*(\xi)$ и критическое множество $T_{\text{кр}, \alpha}(H_0) = T_{\text{кр}, \alpha} \subset T$ маловероятных значений статистики $t^* = t^*(\xi)$ такое, чтобы для выбранного достаточно малого $\alpha > 0$ условная вероятность $\mathbf{P}(\{\omega : t^*(\xi) \in T_{\text{кр}, \alpha} | H_0\}) \leq \alpha$. Тогда при $t^*(\mathbf{x}) \in T_{\text{кр}, \alpha}$ выдвинутая гипотеза H_0 отклоняется.

18. Тип — множественный выбор.

Пусть $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ есть значение повторной выборки $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ и вероятностно-статистическая модель величины ξ задается семейством $\varphi_\xi = \{F_\xi(x)\}$ из всех её допустимых интегральных функций $F_\xi(x)$. Предположим, что проведено разбиение множества значений величины ξ на r непересекающихся промежутков B_1, B_2, \dots, B_r и для $j = 1, 2, \dots, r$ случайная величина $v_j(\xi)$ подсчитывает число величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$, которые попадают в промежуток с номером j . Гипотеза H_0 о предполагаемых свойствах законов распределения для ξ определяет подмножество вида $\varphi_\xi(H_0) = \{F_\xi(x | H_0) : F_\xi(x | H_0) = F_0(x)\} = \{F_0(x)\}$ множества φ_ξ . Пусть также $t^* = t^*(\xi)$ является статистикой критерия согласия проверки гипотезы H_0 . Определить верные высказывания.

• Имеет место равенство $\sum_{j=1}^r v_j(\mathbf{x}) = n$.

• Пусть вероятность $p_j = \mathbf{P}(\xi \in B_j | F_\xi(x) = F_0(x))$, где $j = 1, 2, \dots, r$ и статистика $t_n^* = t_n^*(\xi) = \sum_{j=1}^r np_j^{-1}(v_j(\xi)/n - p_j)^2$. Тогда последовательность $t_n^*(\xi)$, $n = 1, 2, \dots$ сходится слабо к случайной величине

типа хи-квадрат с $(r+1)$ степенями свободы.

• Если вероятность $p_j = \mathbf{P}(\xi \in B_j | F_\xi(x) = F_0(x))$, где $j = 1, 2, \dots, r$ и статистика $t_n^* = t_n^*(\xi) = \sum_{j=1}^r np_j^{-1}(v_j(\xi)/n - p_j)^2$, то последовательность $t_n^*(\xi)$, $n = 1, 2, \dots$ сходится по распределению к случайной величине типа хи-квадрат с $(r-1)$ степенями свободы.

• Плотность $f_{\chi_r^2}(y)$ случайной величины хи-квадрат с r степенями свободы равна нулю при $y \leq 0$ и при $y > 0$ равна $(2^{r/2}\Gamma(r/2))^{-1}y^{r/2-1}\exp\{-y/2\}$, где гамма-функция Эйлера $\Gamma(c) = \int_0^\infty x^{c-1}\exp\{-x\}dx$, $\Gamma(1) = 1$, $\Gamma(c+1) = c\Gamma(c)$ и $\Gamma(1/2) = \pi^{1/2}$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в

	ответа		Выполнены все задания, но не в полном объеме	ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Задачи

Экзамен

Критерии оценивания (Задачи - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Типовые задания (Задачи - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-1
(Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии)

ЗАДАЧА № 1

В системе координат XOY нарисованы прямоугольник $\Pi = \{(x, y): -2 \leq x \leq 2, -3 \leq y \leq 4\}$, квадрат $K = \{(x, y): 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ и фигура Φ , ограниченная линиями: $y = x^2$, $y = 4$. В прямоугольник наудачу ставится точка. Найти вероятность того, что она попадет либо на квадрат K , либо на фигуру Φ .

Ответ: искомая вероятность равна $11/28$.

ЗАДАЧА № 2

В крупный маркет с 13 до 15 часов, равномерно в любой момент времени из этого интервала, должны подойти два фургона с продуктами. В зависимости от ситуации первый из них может занимать место разгрузки либо 30 минут с вероятностью 0.4, либо 45 минут с вероятностью 0.6. Найти вероятность того, что второму фургону придется ожидать освобождения места разгрузки, но не более 15 минут.

Ответ: искомая вероятность приблизительно равна 0,092.

ЗАДАЧА № 3

Стрелок, имея 4 патрона, производит выстрелы по мишени до первого попадания в нее или до израсходования всех патронов. Вероятность попадания в мишень при каждом выстреле, независимо от других, равна величине $\frac{1}{3}$. Пусть случайная величина ξ определяет число израсходованных патронов. Вычислить вероятность $P(2 < \xi \leq 4)$ двумя способами: а) через ряд распределения, б) через функцию распределения.

Ответ: искомая вероятность равна $4/9$.

ЗАДАЧА № 4

Найти закон распределения вероятностей случайной величины $\eta = \xi_1 - \xi_2$, если (ξ_1, ξ_2) – двумерная непрерывная случайная величина, имеющая двумерную плотность распределения вероятностей вида $f(x, y) = \begin{cases} e^{-(x+y)}, & x > 0, y > 0, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$

Ответ: функция распределения вероятностей случайной величины η равна

$$F_{\eta}(y) = \begin{cases} 2^{-1} \exp\{y\} & \text{при } y \leq 0, \\ 1 - 2^{-1} \exp\{-y\} & \text{при } y > 0 \end{cases}$$

и плотность вероятностей случайной величины η равна $f_{\eta}(y) = 2^{-1} \exp\{-|y|\}$ при $y \in R$.

ЗАДАЧА № 5

В лотерее участвуют 500 человек. Условия лотереи таковы, что каждый из её участников, покупая билет за 100 рублей, может с вероятностью 0.008 выиграть приз стоимостью 10000 рублей. Найти вероятность того, что а) организаторы лотереи получают прибыль; б) убытки организаторов составят 10000 рублей; в) вычислить также среднюю прибыль данной лотереи.

Ответ: а) вероятность того, что организаторы лотереи получают прибыль, равна 0, 62884;

б) вероятность того, что убытки организаторов составят 10000 рублей, равна 0,1042;

в) значение средней прибыли данной лотереи равно 10000.

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы

Оценка	Критерии оценивания
	одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии)

Вопросы	Код формируемой компетенции
1. Привести примеры статистически устойчивых экспериментов, на которых проиллюстрировать различные способы выбора элементарных исходов.	ОПК-1
2. Производится три выстрела по мишени. Пусть A_1 — попадание в мишень при первом выстреле, A_2 — при втором выстреле, A_3 — при третьем выстреле, A — ровно одно попадание. Выразить событие A через события A_1, A_2 и A_3 .	
3. Сформулировать основное отличие случайных величин от функций, которые рассматриваются в курсе математического анализа.	ОПК-1
4. Перечислить основные законы распределения дискретных, непрерывных, сингулярных и смешанных случайных величин.	ОПК-1
5. Пусть (Ω, \mathcal{F}) есть теоретико-множественная модель произвольного статистически устойчивого эксперимента E и A — некоторое случайное событие из \mathcal{F} . Рассмотрим отображение $\xi(\omega): \Omega \rightarrow R$, которое принимает значение единица при $\omega \in A$ и значение ноль при $\omega \notin A$. Доказать, что функция $\xi(\omega): \Omega \rightarrow R$, которую называют индикатором события A и обозначают через символ $I_A(\omega)$, является случайной величиной. Найти все вероятностные законы распределения случайной величины $I_A(\omega)$.	ОПК-1
6. Формула для вычисления выборочного корреляционного момента или выборочного смешанного центрального момента второго порядка случайных величин.	ОПК-1
7. Как используются относительная частота при проверки простой гипотезы о виде распределения случайной величины с помощью критерия согласия хи-квадрат Пирсона?	ОПК-1

Вопросы:	Код компетенции (согласно РПД)
1. Объясните главную причину, которая выделяет нормальный закон среди других законов непрерывного типа. Приведите формулировку правила «трёх сигм» и поясните его практическое значение.	ОПК-1
2. Построить вероятностную модель схемы Бернулли.	ОПК-1
3. Определение основных характеристик биномиальной случайной величины, используя для неё производящую функцию.	ОПК-1
4. Указать примеры случайных величин с пуассоновским законом распределения.	ОПК-1
5. Объяснить смысл параметров нормального закона распределения случайной величины.	ОПК-1
6. Что означает стандартная нормальная случайная величина.	ОПК-1
7. Пояснить связь теории вероятностей и математической статистики.	ОПК-1

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

Основная литература:

1. Федоткин Михаил Андреевич. Лекции по анализу случайных явлений : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Приклад. математика и информатика" и 010300 "Фундам. информатика и информ. технологии" / ННГУ. - М. : Физматлит, 2016. - 464 с. - ISBN 978-5-9221-1679-4 : 599.50., 250 экз.
2. Федоткин Михаил Андреевич. Модели в теории вероятностей : учебник. - М. : Физматлит : ННГУ, 2012. - 608 с. - (Библиотека Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского). - ISBN 978-5-9221-1384-7 : 600.00., 200 экз.
3. Свешников А. А. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций / Свешников А. А. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-0708-8.,

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799872&idb=0>.

4. Ширяев Альберт Николаевич. Вероятность : учеб. для вузов по физ.-мат. направлениям : в 2 кн. Кн. 1 : Элементарная теория вероятностей. Математические основания. Предельные теоремы. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во МЦНМО, 2004. - 520 с. - ISBN 5-94057-036-4. - ISBN 5-94057-105-0 (кн. 1) : 62.00., 1 экз.
5. Федоткин Михаил Андреевич. Основы прикладной теории вероятностей и статистики : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика и информатика" и по направлению "Прикладная математика и информатика". - М. : Высшая школа, 2006. - 368 с. : ил. - ISBN 5-06-005328-8 : 215.60., 183 экз.
6. Гнеденко Борис Владимирович. Курс теории вероятностей : [учебник]. - 7-е изд., испр. - М. : Эдиториал УРСС, 2001. - 320 с. - ISBN 5-8360-0400-5 : 166.80., 1 экз.
7. Зорин А. В. Моделирование случайных величин и проверка гипотез о виде распределения : учебно-методическое пособие / Зорин А. В., Зорин В. А., Федоткин М. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. - 19 с. - Рекомендовано методической комиссией Института ИТММ для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 010302 «Прикладная математика и информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730085&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Боровков Александр Алексеевич. Теория вероятностей : учеб. пособие для вузов. - М. : Наука, 1976. - 352 с. : ил. - 0.78., 2 экз.
2. Бочаров Павел Петрович. Теория вероятностей. Математическая статистика : Учебное пособие. - 2-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2005. - 296 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 5-9221-0633-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=617958&idb=0>.
3. Вентцель Елена Сегеевна. Теория вероятностей : учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений. - 11-е изд., стер. - М. : КноРус, 2010. - 664 с. - Предм. указ.: с. 655 - 658. - ISBN 978-5-406-00476-0 : 563.00., 1 экз.
4. Ивченко Григорий Иванович. Математическая статистика : [учеб. пособие для вузов]. - 2-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 1992. - 303, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-002317-6 (в пер.) : 21.88., 1 экз.
5. Колмогоров Андрей Николаевич. Основные понятия теории вероятностей. - 2-е изд. - М. : Наука, 1974. - 119 с. - (Теория вероятностей и математическая статистика). - 0.33., 2 экз.
6. Крамер Гаральд. Математические методы статистики / пер. с англ. А. С. Мониной и А. А. Петрова ; под ред. А. Н. Колмогорова. - 2-е изд., стер. - М. : Мир, 1975. - 648 с. : ил. - 2.87., 18 экз.
7. Прохоров Александр Владимирович. Задачи по теории вероятностей : Основные понятия. Предел. Теоремы. Случайные процессы : [учеб. пособие для ун-тов по специальности "Математика" и "Прикладная математика"]. - М. : Наука, 1986. - 326, [1] с. - 1.20., 3 экз.
8. Феллер Вильям. Введение в теорию вероятностей и ее приложения : в 2 т. Т. 1 / пер. с пересмотр. 3-го англ. изд. Ю. В. Прохорова ; предисл. А. Н. Колмогорова. - М. : Мир, 1984. - 527 с. : ил. - 2.60., 14 экз.
9. Феллер Вильям. Введение в теорию вероятностей и ее приложения : в 2 т. Т. 2 / пер. со 2-го англ. изд. Ю. В. Прохорова. - М. : Мир, 1984. - 751 с. : граф. - 3.50., 15 экз.

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

- 1) Интернет-ресурсы электронного портала Института ИТММ;
- 2) Пакет программ «МОНТЕ» – специализированное учебно-методическое программное обеспечение, разработанное на кафедре прикладной теории вероятностей и предназначенное для имитационного моделирования случайных статистически устойчивых экспериментов;
- 3) Общероссийский математический портал <http://www.mathnet.ru>

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 ФГОС ВО по специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Федоткин Михаил Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25 мая 2023 г., протокол № 04/23.