

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Декан факультета радиотехники и  
электроники  /В.А. Небольсин/

« 25 » ноября 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**«Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике»**

Направление подготовки (специальность) 11.03.01 «Радиотехника»

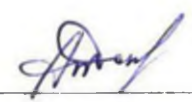
Профиль (специализация) «Радиотехнические средства передачи,  
приема и обработки сигналов»

Квалификация выпускника бакалавр

Срок освоения образовательной программы 4 года / 4 года 11 месяцев

Форма обучения Очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы  / А.Б. Токарев /

Заведующий кафедрой  
радиотехники  /А.В. Останков/

Руководитель ОПОП  /А.В. Останков/

Воронеж 2022

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов базового объема знаний, позволяющего подходить к решению инженерных радиотехнических задач со статистических позиций; освоение типовых методов обнаружения радиосигналов.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Для достижения цели ставятся задачи:

1.2.1. Изучение математического аппарата, применяемого при вероятностном описании случайных процессов.

1.2.2. Освоение базовых методов статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем.

1.2.3. Получение навыка использования методов оптимального обнаружения и различения сигналов на фоне помех.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОНОН

Дисциплина (модуль) «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ НО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 – способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПК-4 – способен учитывать современные тенденции развития радиоэлектроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности

Код компетенции	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знает специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели;

	<b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками;
	<b>владеет</b> базовыми методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, а также оптимального приема сигналов на фоне помех.
ПК-4	<b>знает</b> математические методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем;
	<b>умеет</b> использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем;
	<b>владеет</b> методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике» составляет 8 зачетных(е) единиц(ы).

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	
<b>Контактная работа по видам занятий (всего)</b>	134	80	54	
В том числе:				
Лекции		40	18	
Практические занятия (ПЗ)		40	18	
Лабораторные работы (ЛР)		-	18	
<b>Самостоятельная работа</b>	118	64	54	
Часы на контроль	36	-	36	
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	нет			
Контрольная работа (есть, нет)	нет			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)		Зачет	Экзамен	
Общая трудоемкость	час	288	144	144
	зач. ед.	8	4	4

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		5	6	
<b>Контактная работа по видам занятий (всего)</b>	32	12	20	
В том числе:				
Лекции	14	8	6	
Практические занятия (ПЗ)	10	4	6	
Лабораторные работы (ЛР)	8	-	8	
<b>Самостоятельная работа</b>	243	128	115	
Часы на контроль	13	4	9	
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	нет			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет	нет	
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)		Зачет	Экзамен	
Общая трудоемкость	час	288	144	144
	зач. ед.	8	4	4

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
<b>4 семестр</b>			<b>40</b>	<b>40</b>		<b>64</b>	<b>144</b>
1	Вероятностное описание случайных величин	Область применения теории вероятностей. Случайные события и их классификация. Понятие вероятности Алгебраический и геометрический методы расчета вероятности. Вероятности пересечения и объединения зависимых и независимых событий. Формула полной вероятности. Теорема о гипотезах. Случайные величины и их классификация. Ряд распределения. Функция распределения вероятностей случайной величины и ее свойства. Плотность распределения вероятностей случайных величин и ее свойства. Типовые распределения случайных	22	32		30	84

		<p>величин.</p> <p>Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание и его физический смысл.</p> <p>Дисперсия и среднеквадратическое отклонение случайной величины.</p> <p>Примеры расчета математического ожидания и дисперсии. Мода и медиана случайной величины.</p> <p>Функциональное преобразование одной случайной величины при однозначной обратной функции преобразователя.</p> <p>Функциональное преобразование одной случайной величины при многозначной обратной функции преобразователя.</p>					
2	Вероятностное описание систем случайных величин	<p>Понятие системы случайных величин. Матрица распределения вероятностей двух ДСВ. Функция распределения системы из двух СВ.</p> <p>Плотность распределения вероятностей системы двух НСВ.</p> <p>Условные законы распределения вероятностей.</p> <p>Ковариационный и корреляционный момент; коэффициент корреляции случайных величин.</p> <p>Закон распределения суммы, разности, произведения и частного двух величин.</p>	8	8		16	32
3	Основы математической статистики	<p>Характеристическая функция СВ и ее свойства.</p> <p>Неравенство Чебышева. Теоремы Чебышева. Центральная предельная теорема Ляпунова.</p> <p>Задачи математической статистики. Точечная оценка параметров СВ и требования к ней.</p> <p>Точность оценки, доверительная вероятность (надежность).</p> <p>Доверительный интервал.</p>	10			18	28
<b>5 семестр</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>108</b>
4	Вероятностное описание случайных процессов	<p>Вероятностное описание и числовые характеристики случайных процессов (СП). Классификация СП: нестационарные, стационарные в широком и узком смысле, а также эргодические случайные процессы.</p> <p>Корреляционное и спектральное описание СП. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и его свойства.</p>	8	10	18	24	58

		Частотный и временной методы анализа энергетических характеристик стационарных сигналов после прохождения через линейные цепи. Преобразование случайных процессов в нелинейных безынерционных цепях. Связь между плотностями вероятностей входного и выходного процессов; преобразование числовых характеристик. Расчет корреляционной функции и спектральной плотности мощности при нелинейном безынерционном преобразовании.					
5	Оптимальная линейная фильтрация сигналов	Оптимальная фильтрация случайных сигналов с известными спектральными характеристиками. Оптимальная линейная фильтрация сигналов известной формы на фоне белого шума. Согласованный фильтр. Проблема синхронизации при согласованной фильтрации радиосигналов. Квазиоптимальные фильтры. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы на фоне помехи с неравномерной спектральной плотностью мощности.	6	8		18	32
6	Сигналы, применяемые в радиотехнических системах различного назначения	Корреляционный анализ детерминированных сигналов. Понятие базы ансамбля сигналов. Сложные сигналы. Методы синтеза сложных видеосигналов и радиосигналов. Свойства сложных сигналов.	4			12	16
		Контроль					36
<b>Итого</b>			<b>58</b>	<b>58</b>	<b>18</b>	<b>118</b>	<b>288</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
<b>5 семестр</b>			<b>8</b>	<b>4</b>		<b>128</b>	<b>140</b>
1	Вероятностное описание случайных величин	Понятие вероятности. Алгебраический и геометрический методы расчета вероятности. Вероятности пересечения и объединения зависимых и независимых событий. Формула полной вероятности.	6	4		78	88

		<p>Теорема о гипотезах.</p> <p>Случайные величины и их классификация. Ряд распределения. Функция распределения вероятностей случайной величины и ее свойства.</p> <p>Плотность распределения вероятностей случайных величин и ее свойства.</p> <p>Типовые распределения случайных величин.</p> <p>Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание и его физический смысл.</p> <p>Дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной величины.</p> <p>Примеры расчета математического ожидания и дисперсии. Мода и медиана случайной величины.</p> <p>Функциональное преобразование одной случайной величины при однозначной обратной функции преобразователя.</p> <p>Функциональное преобразование одной случайной величины при многозначной обратной функции преобразователя.</p>					
2	Вероятностное описание систем случайных величин	<p>Понятие системы случайных величин. Матрица распределения вероятностей двух ДСВ. Функция распределения системы из двух СВ.</p> <p>Плотность распределения вероятностей системы двух НСВ.</p> <p>Условные законы распределения вероятностей.</p> <p>Ковариационный и корреляционный момент; коэффициент корреляции случайных величин.</p> <p>Закон распределения суммы, разности, произведения и частного двух величин.</p>	2	-		24	26
3	Основы математической статистики	<p>Характеристическая функция СВ и ее свойства.</p> <p>Неравенство Чебышева. Теоремы Чебышева. Центральная предельная теорема Ляпунова.</p> <p>Задачи математической статистики. Точечная оценка параметров СВ и требования к ней.</p>	-			26	26
<b>6 семестр</b>			<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>115</b>	<b>135</b>
4	Вероятностное описание случайных	Вероятностное описание и числовые характеристики случайных процессов (СП). Классификация СП:	4	4	8	75	91

	процессов	нестационарные, стационарные в широком и узком смысле, а также эргодические случайные процессы. Корреляционное и спектральное описание СП. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и его свойства. Частотный и временной методы анализа энергетических характеристик стационарных сигналов после прохождения через линейные цепи. Преобразование случайных процессов в нелинейных безынерционных цепях. Связь между плотностями вероятностей входного и выходного процессов; преобразование числовых характеристик.					
5	Оптимальная линейная фильтрация сигналов	Оптимальная фильтрация случайных сигналов с известными спектральными характеристиками. Оптимальная линейная фильтрация сигналов известной формы на фоне белого шума. Согласованный фильтр. Проблема синхронизации при согласованной фильтрации радиосигналов. Квазиоптимальные фильтры. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы на фоне помехи с неравномерной спектральной плотностью мощности.	2	2		40	44
		Контроль					13
		<b>Итого</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>243</b>	<b>288</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы
<b>5 семестр</b>	
2-4	Вероятностные характеристики случайных процессов
6-8	Энергетические характеристики случайных процессов
10-12	Преобразование случайных процессов в линейных радиотехнических цепях
14-16	Нелинейные преобразования случайных процессов
17-18	Завершающее занятие для завершения защиты результатов исследований

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ



Учебным планом по дисциплине «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике» не предусмотрено выполнение курсового проекта (работы).

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знает специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Готовность представить аргументированные рассуждения в области вероятностного описания явлений и процессов	Неспособность представить аргументированные рассуждения, относящиеся к вероятностному описанию явлений и процессов
	умеет подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками	Решение стандартных практических задач в соответствии с индивидуальным вариантом задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеет базовыми методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, а также оптимального приема сигналов на фоне помех	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ПК-4	<b>знает</b> математические методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Готовность представить аргументированные рассуждения в области моделирования систем и устройств	Неспособность представить аргументированные рассуждения по изучавшимся математическим методам
	<b>умеет</b> использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем	Решение стандартных практических задач в соответствии с индивидуальным вариантом задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>владеет</b> методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения:

«зачтено»;

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	<b>знает</b> специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его изложению на зачете и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность при незначительной помощи использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки самостоятельного решения практических
	<b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями	Умение использовать		

	радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками	статистические модели при выполнении практических расчетов и на зачете	практических занятий, а также при решении практических задач на зачете	задач оказываются у него малорезультативными
	<b>владеет</b> базовыми методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, а также оптимального приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических занятий и на зачете		
ПК-4	<b>знает</b> математические методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем	Знание учебного материала и готовность к его изложению на зачете и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность при незначительной помощи использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических занятий, а также при решении практических задач на зачете	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки самостоятельного решения практических задач оказываются у него малорезультативными
	<b>умеет</b> использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем	Умение использовать статистические модели при выполнении практических расчетов и на зачете		
	<b>владеет</b> методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических занятий и на зачете		

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	<b>знает</b> специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям	Знание учебного материала и готовность к его изложению на экзамене и применению в рамках выполнения заданий на практических и лабораторных	Студент демонстрирует полное понимание учебного материала, ярко выраженную способность	Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность	Студент демонстрирует частичное понимание материала, способность при получении сторонней	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий.

	и сигналам статистические модели	занятиях	самостоятельно использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	при незначительной помощи использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	помощи к выполнению практических и лабораторных занятий. Попытки самостоятельного решения практических задач демонстрируют нестабильность результатов	Попытки самостоятельного решения практических задач оказываются у него малорезультативными
	<b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками	Умение использовать статистические модели при выполнении практических расчетов, проведении лабораторных работ и на экзамене				
	<b>владеет</b> базовыми методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, а также оптимального приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				
ПК-4	<b>знает</b> специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его изложению на экзамене и применению в рамках выполнения заданий на практических и лабораторных занятиях	Студент демонстрирует полное понимание учебного материала, ярко выраженную способность самостоятельно использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность при незначительной помощи использовать знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	Студент демонстрирует частичное понимание материала, способность при получении сторонней помощи к выполнению практических и лабораторных занятий. Попытки самостоятельного решения практических задач демонстрируют нестабильность результатов	Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки самостоятельного решения практических задач оказываются у него малорезультативными
	<b>умеет</b> использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем	Умение производить расчет и анализ радиотехнических цепей в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				
	<b>владеет</b> методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

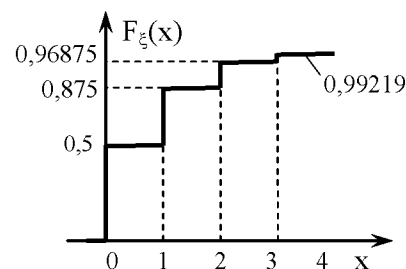
1. Если кодовые комбинации, состоящие из двух десятичных цифр, могут равномерно принимать любые значения, начиная с «00» до «99», то вероятность наблюдения кодовых комбинаций, принадлежащих диапазону от «21» до «39» (включительно), составит

A. 0,21. B. 0,39. C\* 0,19. D. 0,31. E. 0,99.

2. Если на временном интервале длительностью в 1 секунду произвольно выбрать точку, делящую этот интервал на 2 части, то вероятность того, что длительность меньшей части составит не более чем 0,1 секунды, будет равна

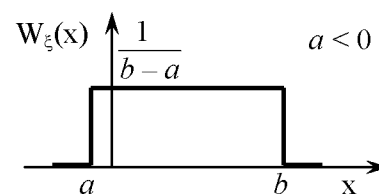
A. 0,1. B\* 0,2. C. 0,3. D. 0,5. E. 1,0.

3. При функции распределения случайной величины  $\xi$ , представленной на рисунке справа, вероятность наблюдения в опыте значений случайной величины, меньших 1,5, т.е.  $P\{\xi < 1,5\}$  составит



A. 0,0. B. 0,5. C\* 0,875. D. 0,968. E. 1,0.

4. Вероятность принятия случайной величиной  $\xi$ , характеризуемой представленной на рисунке справа плотностью вероятности, отрицательных значений, т.е.  $P\{\xi < 0\}$  составит

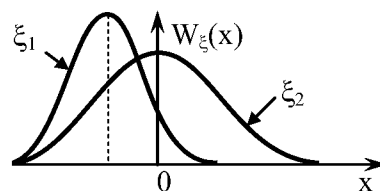


A\*  $\frac{-a}{b-a}$ . B. 0,0. C.  $\frac{1}{b-a}$ . D.  $b-a$ . E. 1,0.

5. Нормально распределенное случайное напряжение  $\xi$  с математическим ожиданием 2 В и эффективным значением 3 В, характеризуется плотностью распределения вероятности

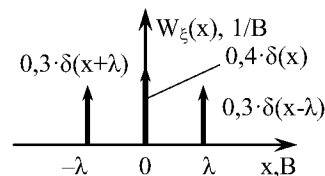
A.  $\frac{1}{3} \cdot e^{-\frac{(x-2)^2}{2}}$ . B\*  $\frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 3} \cdot e^{-\frac{(x-2)^2}{2 \cdot 3^2}}$ . C.  $\frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-3)^2}{2 \cdot 2^2}}$ . D.  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-3)^2}{2 \cdot 2^2}}$ .

6. Для двух случайных величин, плотности вероятности которых представлены на рисунке справа, относительно их дисперсий можно утверждать



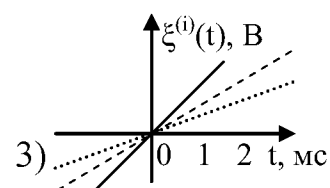
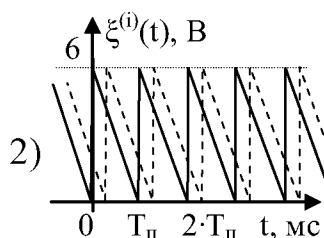
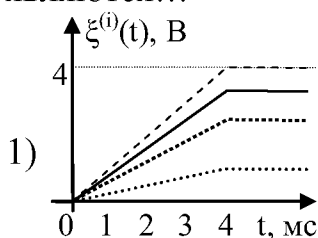
- A.  $D\{\xi_2\} = 0$ . B.  $D\{\xi_1\} < 0$ . C\*  $D\{\xi_1\} < D\{\xi_2\}$ . D.  $D\{\xi_1\} = D\{\xi_2\}$ . E.  $D\{\xi_1\} > D\{\xi_2\}$

7. Представленная на рисунке справа плотность вероятности случайного процесса  $\xi(t)$  указывает, что этот процесс



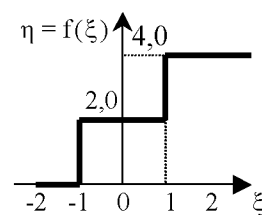
- A. Является нормальным белым шумом.  
 B\* Представляет собой сигнал, принимающий в каждый момент времени одно трёх разрешенных значений ( $-\lambda$ ; 0 и  $\lambda$ ) и, возможно, перепрыгивающий между этими уровнями в случайные моменты времени.  
 C. Представляет собой сумму трёх гармонических колебаний разных частот.  
 D. Представляет собой сигнал из трёх импульсов очень малой длительности.

8. Среди представленных на рисунках случайных процессов стационарными являются...

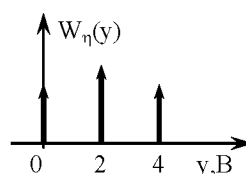


- A. только первый. B\* только второй. C. только третий.  
 D. первый и второй. E. второй и третий. F. первый и третий.

9. При воздействии нормального случайного процесса  $\xi(t)$  на нелинейный преобразователь с представленной на рисунке справа характеристикой процесс  $\eta(t)$  на выходе преобразователя будет обладать



- A. Равномерным законом распределения.  
 B. Релеевским законом распределения.  
 C\* Плотностью вероятности, имеющей вид  $\rightarrow$   
 D. Экспоненциальным законом распределения.



10. Спектральная плотность мощности случайного процесса  $S_{\eta}(\omega)$  на выходе линейной цепи может быть рассчитана по спектральной плотности мощности

воздействия  $S_{\xi}(\omega)$  и комплексному коэффициенту передачи цепи  $\dot{K}(\omega)$  по правилу

$$\begin{aligned} \text{A. } S_{\eta}(\omega) &= S_{\xi}(\omega) / \dot{K}(\omega). & \text{B. } S_{\eta}(\omega) &= S_{\xi}(\omega) \cdot \dot{K}(\omega). & \text{C. } S_{\eta}(\omega) &= S_{\xi}(\omega) + \dot{K}(\omega). \\ \text{D. } S_{\eta}(\omega) &= \dot{K}^2(\omega) \cdot S_{\xi}(\omega). & \text{E* } S_{\eta}(\omega) &= |\dot{K}(\omega)|^2 \cdot S_{\xi}(\omega) \end{aligned}$$

11. Под эффектом нормализации случайных процессов при их прохождении через линейные цепи понимается...

A\* возникновение нормального закона распределения у случайного процесса на выходе цепи, если воздействующий процесс является широкополосным, а цепь – узкополосная.

B. нормировка по уровню значений случайного процесса, наблюдаемого на выходе узкополосной линейной цепи.

C. осуществление детектирования узкополосного случайного процесса при его прохождении через широкополосную линейную цепь.

D. отсутствие аномально больших по величине выбросов реализаций, наблюдаемых на выходе линейной цепи.

12. Критерием оптимальности обработки сигналов в аналоговых системах связи является обеспечение...

A. точное совпадение сигнала, получаемого в результате фильтрации, с исходным сигналом, формируемым передатчиком системы.

B. максимально достижимой вероятности обнаружения сигнала, излучавшегося передатчиком, на приёмной стороне канала связи.

C\* минимизация среднеквадратической погрешности, характеризующей отличие принятого сигнала от сигнала, излучавшегося передатчиком.

D. равенства нулю интенсивности шумовой составляющей обрабатываемой смеси принятого полезного сигнала и шума.

13. Критерием оптимальности обработки сигналов при цифровой передаче информации в системах связи...

A. минимизация среднеквадратической погрешности отличия принятого сигнала от сигнала, излучавшегося передатчиком.

B\* обеспечение максимально возможного отношения сигнал-шум  $q$  на выходе оптимального фильтра и, соответственно, на входе порогового устройства в заранее выбранный момент времени

C. максимизация отклика на полезный сигнал на выходе обрабатывающего линейного фильтра.

D. равенства нулю интенсивности шумовой составляющей обрабатываемой смеси принятого полезного сигнала и шума.

14. При приёме случайного полезного сигнала, характеризуемого спектральной плотностью мощности  $S(\omega)$ , на фоне аддитивного шума, характеризуемого спектральной плотностью мощности  $N(\omega)$ , комплексный коэффициент передачи оптимального фильтра Колмогорова-Винера определяется выражением

$$\begin{aligned} \text{A. } \dot{K}(\omega) = S(\omega) / N(\omega). \quad \text{B}^* \dot{K}(\omega) = \frac{S(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. \quad \text{C. } \dot{K}(\omega) = \frac{N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. \\ \text{D. } \dot{K}(\omega) = \frac{S(\omega) \cdot N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. \quad \text{E. } \dot{K}(\omega) = \frac{S(\omega) + N(\omega)}{S(\omega) \cdot N(\omega)} \end{aligned}$$

15. При обнаружении на фоне аддитивного белого шума полностью известного сигнала, характеризуемого комплексной спектральной плотностью  $\dot{G}_u(\omega)$ , решение следует принимать на основе сравнения в момент времени  $t_0$  с порогом отклика согласованного фильтра, комплексный коэффициент передачи которого определяется выражением

$$\begin{aligned} \text{A. } \dot{K}_{NO}(\omega) = A \cdot |\dot{G}_u(\omega)|^2. \quad \text{B. } \dot{K}_{NO}(\omega) = A / \dot{G}_u(\omega). \\ \text{C. } \dot{K}_{NO}(\omega) = |\dot{G}_u(\omega)|^2 \cdot e^{+j\omega t_0} \quad \text{D}^* \dot{K}_{NO}(\omega) = A \cdot \dot{G}_u(\omega) \cdot e^{-j\omega t_0} \end{aligned}$$

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

*Не предусмотрено учебным планом*

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

*Не предусмотрено учебным планом*

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Понятие вероятности. Алгебраический и геометрический методы расчета вероятностей.
2. Классификация событий. Расчет вероятностей сложных событий (пересечения, объединения событий).
3. Понятие гипотезы. Формула полной вероятности и формула Байеса.
4. Дискретные случайные величины и типовые способы записи их законов распределения.
5. Непрерывные случайные величины; их функция распределения и плотность распределения вероятностей значений СВ.
6. Числовые характеристики случайных величин. Определения и свойства математического ожидания и дисперсии случайной величины.
7. Числовые характеристики ДСВ и НСВ. Понятия моды и медианы случайной величины.
8. Изменение законов распределения вероятностей при функциональном преобразовании случайных величин.
9. Расчет числовых характеристик случайных величин, получаемых путём функционального преобразования.



10. Типовые варианты представления законов распределения для системы двух СВ.
11. Свойства законов распределения для зависимых и независимых СВ. Условные плотности распределения вероятностей каждой из двух СВ.
12. Числовые характеристики случайных величин, образующих систему. Ковариационный и корреляционный моменты, а также коэффициент корреляции системы двух СВ.
13. Плотность распределения вероятностей полярных координат двумерной СВ, декартовы координаты которой распределены по нормальному закону и обладают одинаковой дисперсией.
14. Законы распределения суммы, разности, произведения и частного двух СВ.
15. Предельные теоремы теории вероятностей. Неравенство Чебышева. Центральная предельная теорема Ляпунова.
16. Требования, предъявляемые к оценкам числовых характеристик случайных величин. Оценки математического ожидания и дисперсии случайных величин.

### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Вероятности пересечения и объединения зависимых и независимых событий.
2. Формула полной вероятности и ее смысл.
3. Теорема о гипотезах и ее смысл.
4. Понятие дискретной случайной величины (ДСВ). Ряд распределения вероятностей значений СВ.
5. Понятие непрерывной случайной величины (НСВ). Плотность распределения вероятностей значений СВ.
6. Функция распределения вероятностей значений ДСВ и НСВ и ее смысл.
7. Числовые характеристики ДСВ и НСВ. Свойства математического ожидания и дисперсии случайной величины.
8. Изменение закона распределения вероятностей СВ при ее функциональном преобразовании. Числовые характеристики функции СВ.
9. Функция и плотность распределения вероятностей значений системы двух СВ.
10. Зависимые и независимые СВ. Условные плотности распределения вероятностей каждой из двух СВ.
11. Числовые характеристики (математическое ожидание и дисперсия) каждой из величин, образующих систему СВ. Смешанные числовые характеристики (ковариационный и корреляционный моменты, а также коэффициент корреляции) системы двух СВ.
12. Плотность распределения вероятностей полярных координат двумерной СВ, декартовы координаты которой распределены по нормальному закону и обладают одинаковой дисперсией.
13. Числовые характеристики (математическое ожидание и дисперсия) полярных координат системы двух СВ, декартовы координаты которой распределены по нормальному закону и обладают одинаковой дисперсией и нулевым матожиданием.
14. Законы распределения вероятностей функции (суммы, разности, произведения и частного) двух СВ.

15. Предельные теоремы теории вероятностей (неравенство Чебышева, центральная предельная теорема Ляпунова).
16. Оценки математического ожидания и дисперсии. Требования, предъявляемые к оценкам числовых характеристик случайных величин.
17. Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Числовые характеристики случайных процессов.
18. Многомерные функции распределения и плотности распределения вероятностей случайных процессов и их свойства.
19. Строго стационарные случайные процессы и процессы, стационарные в широком смысле. Признаки стационарности случайных процессов.
20. Эргодические случайные процессы и экспериментальные способы оценки их числовых и вероятностных характеристик.
21. Нормальный эргодический случайный процесс, его числовые характеристики.
22. Корреляционная функция эргодического СП; ее свойства и методы экспериментального измерения. Понятие интервала корреляции СП.
23. Спектральная плотность мощности эргодического СП. Экспериментальное измерение спектральной плотности мощности СП. Понятие ширины спектра СП.
24. Спектральная плотность мощности и корреляционная функция эргодического СП; их свойства и связь между ними.
25. Белый шум. Его энергетические и корреляционные характеристики.
26. Узкополосный нормальный эргодический процесс. Огибающая и фаза этого процесса, их плотность распределения. (Прохождение узкополосного нормального процесса через линейный амплитудный детектор).
27. Узкополосный нормальный эргодический процесс. Числовые характеристики огибающей и фазы этого процесса. (Прохождение узкополосного нормального процесса через линейный амплитудный детектор).
28. Аддитивная смесь регулярного гармонического сигнала и узкополосного нормального СП. Плотность распределения значений огибающей. (Воздействие смеси гармонического сигнала и узкополосного нормального шума на линейный амплитудный детектор).
29. Частотный метод определения спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного процесса на выходе линейной цепи.
30. Временной метод определения спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного процесса на выходе линейной цепи.
31. Шумовая полоса пропускания линейной цепи. Связь шумовой полосы с полосой пропускания по ослаблению коэффициента передачи.
32. Плотность вероятности процесса на выходе нелинейной безынерционной цепи.
33. Числовые характеристики СП на выходе нелинейной безынерционной цепи.
34. Предельно достижимое отношение сигнал/шум на выходе линейной цепи при оптимальном обнаружении сигнала известной формы в условиях действия белого шума (согласованная фильтрация).
35. Согласованный фильтр; импульсная характеристика и комплексный коэффициент передачи согласованного фильтра.

36. Проблема синхронизации при когерентном обнаружении сигнала известной формы. Некогерентное обнаружение сигналов, его достоинства и недостатки.
37. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Оптимальный фильтр и его комплексный коэффициент передачи.
38. Квазиоптимальные фильтры; их достоинства и недостатки в сравнении с согласованными фильтрами.
39. Оптимальное выделение сигналов неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Коэффициент передачи оптимального фильтра.
40. Оптимальная фильтрация сигнала неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Минимально достижимая среднеквадратическая ошибка фильтрации сигнала.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 теоретических вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 5 баллов, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

Зачет проводится в виде опроса по трем лабораторным работам и теоретическому материалу. Максимальное количество набранных баллов – 15.

Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал более 9 баллов и выше - иначе ставится оценка «Незачтено».

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Вероятностное описание случайных величин	ПК-1, ПК-4	Устный опрос, зачет, экзамен
2	Вероятностное описание систем случайных величин	ПК-1, ПК-4	Устный опрос, зачет, экзамен
3	Основы математической статистики	ПК-1, ПК-4	Устный опрос, зачет, экзамен
4	Вероятностное описание случайных процессов	ПК-1, ПК-4	Устный опрос, экзамен

5	Оптимальная линейная фильтрация сигналов	ПК-1, ПК-4	Устный опрос, экзамен
6	Сигналы, применяемые в радиотехнических системах различного назначения	ПК-1, ПК-4	Устный опрос, экзамен

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При преподавании дисциплины «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике» в качестве формы оценки знаний студентов используются индивидуальные варианты заданий на практические и лабораторные занятия, а также задания на зачет/экзамен на бумажном носителе.

Задания к зачету включают теоретический вопрос и не менее 2 расчетных задач малой/средней сложности, относящихся к области знаний, определяемой перечнем вопросов к зачету (см. п. 7.2.2).

При проведении зачета разрешается использование:

- конспектов лекций;
- учебной литературы в бумажной форме;
- настольных микрокалькуляторов;
- приложения «Инженерный калькулятор» на ПЭВМ (при проведении зачета в аудитории, содержащей вычислительную технику)

Использование мобильных телефонов, планшетов, ноутбуков и/или иных устройств, предоставляющих беспроводную связь, не допускается.

Время подготовки к ответу по заданию составляет 30...45 мин. Затем осуществляется проверка уровня подготовки в ходе устной беседы с экзаменатором, на которую отводится до 15 минут, и выставляется оценка в соответствии с требованиями из п. 7.1.2.

Экзаменационный билет включают теоретический вопрос и не менее 2 расчетных задач малой/средней сложности, относящихся к области знаний, определяемой перечнем вопросов к зачету (см. п. 7.2.2).

При проведении экзамена разрешается использование:

- настольных микрокалькуляторов;
- приложения «Инженерный калькулятор» на ПЭВМ (при проведении зачета в аудитории, содержащей вычислительную технику)

Использование конспектов лекций или учебной литературы в любой форме, а также мобильных телефонов, планшетов, ноутбуков и/или иных устройств, предоставляющих беспроводную связь, не допускается.

Время подготовки к ответу по заданию составляет 45 мин. Затем осуществляется проверка уровня подготовки в ходе устной беседы с экзаменатором, на которую отводится до 15 минут, и выставляется оценка в соответствии с требованиями из п. 7.1.2.

## **8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Токарев А.Б. Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. Ч. 1. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Токарев А.Б. Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике. Часть 2: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Токарев А.Б. Вероятностные методы в радиотехнике. Ч. 1. – Воронеж, ВГТУ, 2005. – 173 с.
4. Токарев А.Б. Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике: сборник задач. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2020. – 128 с.
5. Токарев А.Б. Случайные процессы в радиотехнике: лабораторный практикум: учеб. пособие – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
6. Гоноровский И.С., Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Дрофа, 2006. – 719 с.
7. Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации / Е.Г. Лебедько – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 352 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1543](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1543)
8. Кацман, Ю.Я. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс]: учебник / Ю.Я. Кацман. – Томск : ТПУ, 2013. – 131 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82831>. – Загл. с экрана.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Специализированное ПО, разработанное на кафедре радиотехники ВГТУ, для проведения комплекса лабораторных работ по курсу «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике».

Офисный пакет приложений MicroSoftOffice, Веб-браузер Internet Explorer; Open Office Text; Open Office Calc. Свободно распространяемое ПО. Научная электронная библиотека elibrary (www.elibrary.ru)

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Дисплейный класс № 219, оснащенный 12 компьютерами со специализированными программными средствами для проведения лабораторных работ, разработанными на кафедре радиотехники ВГТУ.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ НО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков применения вероятностных методов при описании событий и явлений, при анализе случайных процессов, на решение задач анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, на получение навыка использования методов оптимального обнаружения и различения сигналов на фоне помех. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные занятия проводятся в режиме моделирования на ПЭВМ типовых случайных процессов, наблюдаемых в радиотехнических цепях. Они направлены на наглядное изучение взаимосвязи между параметрами радиотехнических цепей, формой реализаций сигналов и статистическими характеристиками формирующихся в радиотехнических устройствах случайных процессов.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой индивидуальных контрольных работ, устным опросом при защите результатов лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на зачете (4 семестр) и экзамене (5 семестр).

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки,

	<p>обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью словарей и справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, практическом или лабораторном занятии.</p>
Практические занятия	<p>Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Анализ решения образцовых задач в рекомендуемой литературе. Решение задач по предложенным образцам.</p>
Лабораторные занятия	<p>Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение теоретических материалов и подготовка домашних заданий к лабораторным работам. Выполнение исследований; при этом особое внимание следует уделить выявлению взаимосвязей между изменением параметров случайных процессов и/или обрабатывающих их цепей и формой реализаций и статистическими характеристиками наблюдаемых случайных процессов.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.</p>
Подготовка к экзамену	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, решение задач на практических занятиях и исследование случайных процессов на лабораторных занятиях.</p>

При наличии среди обучающихся студентов-инвалидов и лиц с ОВЗ особенности изучения ими дисциплины согласуются с преподавателем в индивидуальном порядке.