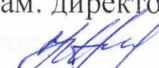


**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Северо-Кавказский филиал
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

Утверждаю
Зам. директора по УР

Н.А. Андреева
«31» 03 2025 г.

Б1.О.26 Анализ случайных процессов

рабочая программа дисциплины

Кафедра

Общенаучной подготовки

Направление подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль

Защищенные инфокоммуникационные системы

Формы обучения

очная, заочная

**Распределение часов дисциплины по семестрам (для очной формы обучения (ОФО)),
курсам (для заочной формы обучения (ЗФО))**

Вид учебной работы	ОФО		ЗФО	
	ЗЕ	часов/сем.	ЗЕ	часов/курс
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе (по семестрам, курсам):	3	108/4	3	108/2
Контактная работа, в том числе (по семестрам, курсам):		54/4		14/2
Лекции		24/4		6/2
Лабораторных работ				
Практических занятий		30/4		8/2
Семинаров				
Самостоятельная работа		54/4		94/2
Контроль				
Число контрольных работ (по курсам)				1/2
Число КР (по семестрам, курсам)				
Число КП (по семестрам, курсам)				
Число зачетов с разбивкой (по семестрам, курсам)		1/4		1/2
Число экзаменов с разбивкой (по семестрам, курсам)				

Программу составил:

Ст. преподаватель кафедры ОНП Докучаев С.А.

Рабочая программа дисциплины **Анализ случайных процессов**

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. N 930.

Составлена на основании **учебных планов**

направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Защищенные инфокоммуникационные системы», одобренных Учёным советом СКФ МТУСИ, протокол № 8 от 31.03.2025 г., и утвержденных директором СКФ МТУСИ 31.03.2025 г.

Одобрена на заседании кафедры
Общенаучной подготовки

Протокол от 31.03 2025 г. № 8

И.о. зав. кафедрой  Е.А. Денисов

1. Цели изучения дисциплины

Целями изучения дисциплины «Анализ случайных процессов» являются: освоение общих принципов стохастического динамического описания информационно-коммуникационных процессов и объектов; построение соответствующих математических моделей для их анализа.

2. Планируемые результаты обучения

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающегося способности решать профессиональные задачи в соответствии с *технологическим* видом профессиональной деятельности.

Результатом освоения дисциплины являются сформированные у обучающегося следующие компетенции:

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (в части, обеспечиваемой дисциплиной)	
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	
Знать:	
основные понятия теории случайных процессов и теории массового обслуживания, особенности этих моделей, методы их анализа	
Уметь:	
вычислять вероятностные характеристики и исследовать свойства различных случайных процессов, исследовать качество функционирования систем массового обслуживания; использовать методы асимптотического анализа	
Владеть:	
навыками использования методов анализа случайных процессов и математической формализации прикладных задач	
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	
Знать:	
основные методы и средства проведения экспериментальных исследований	
Уметь:	
выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	
Владеть:	
способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Требования к предварительной подготовке обучающегося (предшествующие дисциплины, модули, темы):	
1	Б1.О.04 «Высшая математика»
2	Б1.О.15 «Теория вероятностей и математическая статистика»
3	Б1.О.10 «Введение в информационные технологии»
4	Б1.О.05 «Линейная алгебра и аналитическая геометрия»
Последующие дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо:	
1	Б1.В.01 «Общая теория связи»
2	Б1.В.03 «Цифровая обработка сигналов»

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Очная форма обучения, 4 года

Код зан.	Тема и краткое содержание занятия	Вид зан.	Кол. часов	Компетенции	УМИО
Курс 2, Семестр 4					
Модуль 1. Случайные процессы – (26+28=54)					
1.1	<u>Лекция 1. Основные понятия и определения. Характеристики случайных процессов</u> Определение случайного процесса (СП); сечение и реализация СП. Определение и свойства основных вероятностных характеристик СП: 1) математическое ожидание, 2) дисперсия, 3) среднее квадратическое отклонение, 4) корреляционная функция, 5) нормированная корреляционная функция.	Лек.	4	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.2	<u>Практическое занятие 1. Вычисление вероятностных характеристик случайных процессов</u> Вычисление основных вероятностных характеристик СП: 1) математическое ожидание, 2) дисперсия, 3) среднее квадратическое отклонение, 4) корреляционная функция, 5) нормированная корреляционная функция. Вычисление основных взаимных характеристик двух СП: 1) взаимная корреляционная функция, 2) нормированная корреляционная функция.	ПЗ	4	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.3	<u>Лекция 2. Характеристики производной от случайного процесса</u> Работа дифференциатора: 1) определение и свойства производной СП, 2) математическое ожидание производной СП, 3) взаимная корреляционная функция СП и его производной, 4) корреляционная функция и дисперсия производной СП	Лек.	4	ОПК-1	Л1.1
1.4	<u>Практическое занятие 2. Вычисление аналитических характеристик на выходе дифференциатора</u> Вычисление аналитических характеристик на выходе дифференциатора: 1) математическое ожидание производной СП, 2) взаимная корреляционная функция СП и его производной, 3) корреляционная функция и дисперсия производной СП. Вычисление аналитических характеристик с помощью табличного процессора MS Office Excel.	ПЗ	4	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.5	<u>Лекция 3. Характеристики интеграла от случайно-</u>	Лек.	4	ОПК-1	Л1.1

	<u>го процесса</u> Работа интегратора: 1) определение и свойства интеграла СП, 2) математическое ожидание интеграла СП, 3) взаимная корреляционная функция СП и его интеграла, 4) корреляционная функция и дисперсия интеграла СП.				
1.6	<u>Практическое занятие 3. Вычисление аналитических характеристик на выходе интегратора</u> Вычисление аналитических характеристик на выходе интегратора: 1) математическое ожидание интеграла СП, 2) взаимная корреляционная функция СП и его интеграла, 3) корреляционная функция и дисперсия интеграла СП. Вычисление аналитических характеристик с помощью табличного процессора MS Office Excel.	ПЗ	4	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.7	Классификация случайных процессов. Канонические разложения СП. Интегральные канонические представления СП. Комплексные СП.	СРС	10	ОПК-1	ЛЗ.1
1.8	Потоки событий. Их свойства и классификация. Потоки Пальма. Основные свойства потоков Пальма. Потоки Эрланга. Предельные теоремы теории потоков.	СРС	10	ОПК-1	ЛЗ.1
1.9	Подготовка к рубежному контролю.	СРС	8	ОПК-1	ЛЗ.1
1.10	<u>Практическое занятие 4. Контрольная работа №1</u>	ПЗ	2	ОПК-1	Л2.1
Модуль 2. Теория массового обслуживания – (28+26=54)					
2.1	<u>Лекция 4. Марковские процессы</u> Определение марковского процесса. Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем (цепи Маркова). Простые и сложные цепи. Граф состояний. Предельные вероятности состояний.	Лек.	4	ОПК-2	Л2.1
2.2	<u>Лекция 5. Основные понятия теории массового обслуживания</u> Понятие систем массового обслуживания (СМО) и их классификация. Граф состояний СМО, предельные вероятности состояний СМО, уравнения Колмогорова.	Лек.	4	ОПК-2	Л2.1
2.3	Построение графа состояний СМО. Вычисление предельных вероятностей состояний СМО с помощью уравнений Колмогорова.	СРС	4	ОПК-2	ЛЗ.1
2.4	<u>Лекция 6. СМО с отказами</u> Процессы гибели и размножения. Одноканальные и многоканальные СМО с отказами. Показатели эффективности СМО с отказами. Формулы Эрланга.	Лек	4	ОПК-2	Л1.1
2.5	<u>Практическое занятие 5. СМО с отказами</u> Вычисление предельных вероятностей состояний и	ПЗ	4	ОПК-2	ЛЗ.1

	определение показателей эффективности одноканальных и многоканальных СМО с отказами.				
2.6	Показатели эффективности СМО с ожиданием. Одноканальные СМО с неограниченной очередью. Достаточное условие существования предельных вероятностей. Формулы Литтла.	СРС	4	ОПК-2	ЛЗ.1
2.7	Граф состояний многоканальных СМО с неограниченной очередью. Достаточное условие существования предельных вероятностей.	СРС	4	ОПК-2	ЛЗ.1
2.8	<u>Практическое занятие 6. Одноканальные и многоканальные СМО с неограниченной очередью</u> Вычисление предельных вероятностей состояний и определение показателей эффективности одноканальных и многоканальных СМО с неограниченной очередью.	ПЗ	4	ОПК-2	Л2.1
2.9	Показатели эффективности СМО с ограничением на длину очереди или время ожидания обслуживания.	СРС	4	ОПК-2	Л2.1 ЛЗ.1
2.10	Понятие о статистическом моделировании СМО (метод Монте-Карло).	СРС	4	ОПК-2	Л2.1 ЛЗ.1
2.11	<u>Практическое занятие 7. СМО с ограниченной очередью</u> Вычисление предельных вероятностей состояний и определение показателей эффективности СМО с ограниченной очередью.	ПЗ	4	ОПК-2	Л2.1 ЛЗ.1
2.12	Подготовка к рубежному контролю.	СРС	6	ОПК-2	Л2.1 ЛЗ.1
2.13	<u>Практическое занятие 8. Контрольная работа №2</u>	ПЗ	4	ОПК-2	Л2.1
	Зачет				
	Итого		108		

4.2 Заочная форма обучения (всего 108 часов, 14 аудиторных)

Код зан.	Тема и краткое содержание занятия	Вид зан.	Кол. часов	Компетенции	УМИО
Курс 2					
Модуль 1. Случайные процессы – (8+46=54)					
1.1	<u>Лекция 1. Основные понятия и определения. Характеристики случайных процессов</u> Определение случайного процесса (СП). Вероятностные и аналитические характеристики СП. Характеристики производной и интеграла от СП.	Лек.	4	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.2	Характеристики суммы двух случайных процессов. Определение и свойства основных взаимных характеристик двух СП: 1) взаимная корреляционная функция, 2) нормированная корреляционная функция.	СРС	10	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.3	<u>Практическое занятие 1. Вычисление вероятностных характеристик случайных процессов</u> Вычисление основных вероятностных характеристик СП. Прохождение СП через дифференциатор. Прохождение СП через интегратор.	ПЗ	4	ОПК-1	Л1.1 Л2.1 ЛЗ.1

1.4	Классификация случайных процессов. Канонические разложения СП. Интегральные канонические представления СП. Комплексные СП.	СРС	10	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.5	Потоки событий. Их свойства и классификация. Потоки Пальма. Основные свойства потоков Пальма. Потоки Эрланга. Предельные теоремы теории потоков.	СРС	10	ОПК-1	Л1.1 Л2.1
1.6	Выполнение контрольной работы	СРС	16	ОПК-1	Л1.1 Л3.1
Модуль 2. Теория массового обслуживания – (6+48=54)					
2.1	<u>Лекция 2. Основные понятия теории массового обслуживания</u> Понятие системы массового обслуживания (СМО). Определение марковского процесса. Граф состояний СМО, уравнения Колмогорова, предельные вероятности состояний СМО.	Лек.	2	ОПК-2	Л2.1
2.2	<u>Практическое занятие 2. Вычисление предельных вероятностей состояний</u> Элементы теории массового обслуживания: вычисление предельных вероятностей состояний системы с помощью уравнений Колмогорова.	ПЗ	4	ОПК-2	Л2.1 Л3.1
2.3	Процессы гибели и размножения. Одноканальные и многоканальные СМО с отказами. Формулы Эрланга.	СРС	12	ОПК-2	Л2.1
2.4	Одноканальная СМО с неограниченной очередью. Многоканальная СМО с неограниченной очередью. Формулы Литтла. СМО с ограниченной очередью.	СРС	16	ОПК-2	Л2.1
2.5	Выполнение контрольной работы	СРС	20	ОПК-2	Л3.1
	Зачет				
	Итого		108		

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Рекомендуемая литература				
5.1.1 Основная литература				
Код	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол.
Л1.1	Булинский, А. В.	Теория случайных процессов.	Москва: Физматлит, 2005.	Э1
5.1.2 Дополнительная литература				
Код	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол.
Л2.1	Сизых, В. В.	Случайные процессы. Примеры и задачи. Т. 5. Оценка сигналов, их параметров и спектров. Основы теории информации: Уч. пос.	Москва : Гор. линия-Телеком, 2012	Э2
5.1.3 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося				
Код	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол.
Л3.1	Докучаев С.А.	Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Анализ	Ростов н/Д. СКФ МТУСИ. 2025.	Э3

		случайных процессов»		
5.2 Электронные образовательные ресурсы				
Э1	https://znanium.com/catalog/product/544606			
Э2	https://znanium.ru/catalog/product/504311			
Э3	https://elib.mtuci.ru/ для зарегистрированных пользователей корпоративной почты СКФ МТУСИ			
5.3 Программное обеспечение				
П.1	MS Excel			
П.2	LibreOffice Calc			

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

6.1 МТО лекционных занятий	
1	Лекционная аудитория, оснащенная проектором, ПК (ноутбуком), экраном.
6.2 МТО практических занятий	
1	Учебные аудитории, оборудованные компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СКФ МТУСИ
6.3 МТО рубежных контролей, зачетов, экзаменов	
1	Учебные аудитории, оборудованные компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СКФ МТУСИ
6.4 МТО самостоятельной работы студентов	
1	Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СКФ МТУСИ

7. Оценочные материалы

Оценочные материалы и перечень видов оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

8. Методические рекомендации по освоению дисциплины

Методические рекомендации по освоению дисциплины представлены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

9. Особенности реализации дисциплины при обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Рабочая программа дисциплины при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на ауди-

торных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме.

При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам. Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорнодвигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

10. Дополнения и изменения в Рабочей программе
Лист актуализации рабочей программы дисциплины
Б1.О.26 «Анализ случайных процессов»
для использования в 20___/20___ учебном году

Утверждаю

Зам. директора по УР _____

«___» _____ 20___ г.

Направление: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль: Защищенные инфокоммуникационные системы

Формы обучения: очная, заочная

(Возможны следующие варианты):

а) Рабочая программа действует без изменений.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

3).....

Разработчик (и): _____

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«___» _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____

Протокол № _____ от «___» _____ 20___ г.

Заведующий кафедрой _____

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1.1. Индикаторы достижения компетенций, процедуры и шкалы их оценивания

Показатели компетенции	Критерии оценивания	Шкалы оценивания (в баллах)
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности		
Знать:		
основные понятия теории случайных процессов и теории массового обслуживания, особенности этих моделей, методы их анализа	Тест 1	<u>Модуль 1:</u> 0÷10 «Неудовлетворительно» - 0–3 «Удовлетворительно» - 4-5 «Хорошо» - 6-7 «Отлично» - 8-10
Уметь:		
вычислять вероятностные характеристики и исследовать свойства различных случайных процессов, исследовать качество функционирования систем массового обслуживания; использовать методы асимптотического анализа	Практические занятия 1-3	<u>Модуль 1:</u> 0÷20 «Неудовлетворительно» - 0–7 «Удовлетворительно» - 8-11 «Хорошо» - 12-15 «Отлично» - 16-20
Владеть:		
навыками использования методов анализа случайных процессов и математической формализации прикладных задач	Контрольная работа №1	<u>Модуль 1:</u> 0÷20 «Неудовлетворительно» - 0–7 «Удовлетворительно» - 8-11 «Хорошо» - 12-15 «Отлично» - 16-20
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных		
Знать:		

основные методы и средства проведения экспериментальных исследований	Тест 2	<u>Модуль 2:</u> 0÷10 «Неудовлетворительно» - 0-4 «Удовлетворительно» - 5-6 «Хорошо» - 7-8 «Отлично» - 9-10
Уметь:		
выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	Практические занятия 5-7	<u>Модуль 2:</u> 0÷20 «Неудовлетворительно» - 0-7 «Удовлетворительно» - 8-11 «Хорошо» - 12-15 «Отлично» - 16-20
Владеть:		
способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	Контрольная работа №2	<u>Модуль 2:</u> 0÷20 «Неудовлетворительно» - 0-7 «Удовлетворительно» - 8-11 «Хорошо» - 12-15 «Отлично» - 16-20
<u>Зачет:</u>		<u>0÷100</u> <u>«Не зачтено» - 0-40</u> <u>«Зачтено» - 41-100</u>

1.2 Оценочные материалы: типовые контрольные задания и иные материалы

1.2.1 Оценочные средства для очной формы обучения

Модуль 1

Модуль содержит 3 лекционных и 4 практических занятия, на последнем из которых дается контрольная работа №1. Знание лекционного материала оценивается с помощью теста, состоящего из 10 вопросов, максимальное количество баллов за него составляет 10. За выполненные и защищенные практические занятия № 1,2 студент получает максимум по 6 баллов, за практическое занятие № 3 – 8 баллов (всего 20 баллов). Максимальное количество баллов за контрольную работу №1, включающую 2 задания, составляет 20. Общее максимальное количество баллов за модуль 1 составляет 50.

1) Типовые тестовые задания (ОПК-1):

1. Математическая наука, изучающая закономерности случайных явлений в динамике их развития,- это

- 1) случайный анализ
- 2) оказуалистика

- 3) теория случайных явлений
- 4) теория случайных процессов

2. Теория случайных процессов - это

- 1) наука, изучающая закономерности случайных явлений в динамике их развития
- 2) наука, изучающая закономерности случайных процессов вне процесса изменений
- 3) раздел теории вероятностей
- 4) то же самое, что и теория случайных функций

3. В природе не существует

- 1) случайных процессов
- 2) в точности детерминированных процессов
- 3) процессов, для которых случайность играет основную роль
- 4) процессов, на ход которых случайные факторы слабо влияют

4. Какие метеорологические характеристики представляют собой случайные процессы?

- 1) Температура
- 2) Давление атмосферное
- 3) Скорость ветра
- 4) Влажность

5. Является ли направление ветра случайным процессом с точки зрения теории?

- 1) Да, только если оно отклоняется от прогнозируемого
- 2) Да, является
- 3) Нет
- 4) Нет, только скорость ветра является случайным процессом

6. Работа любой автоматизированной системы управления

- 1) представляет собой процесс, обусловленный возможными ошибками операторов
- 2) представляет собой процесс, обусловленный случайными процессами поступления информации и запросов
- 3) представляет собой исключительно детерминированный процесс
- 4) представляет собой случайный процесс

7. Аргумент, обозначающий случайный процесс,

- 1) обозначается символом t
- 2) обозначается символом x
- 3) может подразумевать любой случайный фактор
- 4) как правило, подразумевает время

8. Величина, которая в результате опыта со случайным исходом принимает то или иное значение, - это

- 1) контраргумент случайного процесса
- 2) элемент случайного процесса
- 3) случайный параметр

- 4) случайная величина

9. Сечение случайного процесса - это

- 1) константа
- 2) случайная величина $X(t_0)$, в которую обращается случайный процесс при $t < t_0$
- 3) случайная величина $X(t_0)$, в которую обращается случайный процесс при $t = t_0$
- 4) случайная величина $X(t_0)$, в которую обращается случайный процесс при $t > t_0$

10. Случайный процесс $X(t)$ - это

- 1) процесс, значение которого при любом фиксированном значении $t = t_0$ является случайной величиной $X(t_0)$
- 2) процесс, значение которого при любом фиксированном значении $t = t_0$ больше 1
- 3) процесс, значение которого при любом фиксированном значении $t = t_0$ меньше 1
- 4) процесс, значение которого фиксировано при любых значениях t

11. Реализация случайного процесса $X(t)$

- 1) неслучайная функция
- 2) случайная величина $X(t_0)$, в которую обращается случайный процесс при $t < t_0$
- 3) случайная функция
- 4) неслучайная функция $x(t)$, в которую превращается случайный процесс $X(t)$ в результате опыта

12. Конкретный вид, принятый случайным процессом $X(t)$,- это

- 1) константа
- 2) реализация случайного процесса
- 3) решение случайного процесса
- 4) стагнация случайного процесса

13. Семейство реализаций случайного процесса

- 1) обозначается как $x_1(t), x_2(t) \dots x_i(t)$
- 2) обозначается как $X(t_0)$
- 3) обозначается как $x(t_0)$
- 4) обозначается как $X(t_0) \dots X(t)$

14. Семейство реализаций случайного процесса

- 1) наблюдаются числовые значения
- 2) несколько различных реализаций случайного процесса
- 3) результат проведения нескольких опытов
- 4) основной экспериментальный материал

15. Случайный процесс - это

- 1) соответствует случайному явлению в динамике
- 2) система случайных величин
- 3) бесконечное множество пересечений
- 4) система всех сечений случайных процессов

16. Виды случайных процессов «по времени» - это

- 1) процесс с ускоренным временем
- 2) процесс без учета времени
- 3) процесс с дискретным временем
- 4) процесс непрерывным временем

17. Виды случайных процессов «по состоянию» - это

- 1) одномерные процессы с непрерывными состояниями
- 2) многомерные процессы с непрерывными состояниями
- 3) процессы с прерванными состояниями
- 4) процессы с дискретными состояниями

18. Возможные классы случайных процессов - это

- 1) процессы с дискретными состояниями и дискретным временем
- 2) процессы с непрерывными состояниями и непрерывным временем
- 3) процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем
- 4) процессы с непрерывными состояниями и дискретным временем

19. Полной исчерпывающей характеристикой случайной величины является

- 1) сечение
- 2) плотность распределения
- 3) закон распределения
- 4) ряд распределения

20. Для дискретной случайной величины закон распределения может быть задан

- 1) плотностью распределения
- 2) сечением
- 3) семейством распределений
- 4) рядом распределения

21. Для непрерывной случайной величины закон распределения может быть задан

- 1) рядом распределения
- 2) плотностью распределения
- 3) семейством распределений
- 4) сечением

22. $F(t, x) = \{X(t) < x\}$

- 1) трехмерный закон распределения случайного процесса
- 2) двумерный закон распределения случайного процесса
- 3) закон распределения случайного процесса
- 4) одномерный закон распределения случайного процесса

23. Двумерный закон распределения - это

- 1) функция четырех аргументов
- 2) функция двух аргументов
- 3) совместная функция распределения двух сечений
- 4) более полная характеристика, чем одномерный закон распределения

24. К характеристикам случайного процесса $X(t)$ относится

- 1) конечный момент n -го порядка случайного процесса
- 2) начальный момент n -го порядка случайного процесса
- 3) дисперсия случайного процесса
- 4) его математическое ожидание

25. Математическое ожидание случайного процесса

- 1) неслучайная функция $m_X(t)$ которая при любом значении аргумента t равна математическому ожиданию соответствующего сечения случайного процесса
- 2) выражается формулой $m_X(t) = M\{X(t)\}$
- 3) неслучайная функция $D_X(t)$, которая при любом значении аргумента t равна сечению соответствующего случайного процесса $X(t)$
- 4) равна математическому ожиданию ее квадрата минус квадрат математического ожидания

26. Дисперсия случайного процесса $X(t)$

- 1) неслучайная функция $D_X(t)$, которая при любом значении аргумента t равна сечению соответствующего случайного процесса $X(t)$
- 2) неслучайная функция $m_X(t)$ которая при любом значении аргумента t равна математическому ожиданию соответствующего сечения случайного процесса
- 3) равна математическому ожиданию ее квадрата минус квадрат математического ожидания
- 4) выражается формулой $m_X(t) = M\{X(t)\}$

27. Дисперсия случайной величины

- 1) выражается формулой $m_X(t) = M\{X(t)\}$
- 2) неслучайная функция $D_X(t)$, которая при любом значении аргумента t равна сечению соответствующего случайного процесса $X(t)$
- 3) неслучайная функция $m_X(t)$ которая при любом значении аргумента t равна математическому ожиданию соответствующего сечения случайного процесса
- 4) равна математическому ожиданию ее квадрата минус квадрат математического ожидания

28. Центрированным случайным процессом называется процесс, который получится, если

- 1) из случайного процесса $X(t)$ вычесть его математическое ожидание
- 2) случайного процесса $X(t)$ вычесть квадрат его математического ожидания
- 3) к случайному процессу $X(t)$ прибавить его математическое ожидание
- 4) из случайного процесса $X(t)$ вычесть его дисперсию

29. Средним квадратичным отклонением случайного процесса называется

- 1) арифметическое значение корня квадратного из дисперсии случайного процесса
- 2) арифметическое значение корня квадратного из математического ожидания
- 3) степень линейной зависимости между двумя случайными величинами
- 4) ковариация

30. Ковариацией называют

- 1) арифметическое значение корня квадратного из математического ожидания
- 2) степень линейной зависимости между двумя случайными величинами
- 3) арифметическое значение корня квадратного из дисперсии случайного процесса
- 4) семейство реализаций

31. При равенстве аргументов $t=t'$

- 1) корреляционная функция неизменна
- 2) корреляционная функция равна квадрату дисперсии случайного процесса
- 3) корреляционная функция равна 0
- 4) корреляционная функция равна дисперсии случайного процесса

32. Корреляционная функция

- 1) асимметрична относительно своих аргументов
- 2) симметрична относительно своих аргументов
- 3) является положительно определенной
- 4) неопределенна

33. При равенстве аргументов $t=t'$ нормированная корреляционная функция

- 1) равна дисперсии случайного процесса
- 2) равна 1
- 3) неопределенна
- 4) равна 0

34. Нормированная корреляционная функция

- 1) по модулю не превосходит единицу
- 2) асимметрична относительно своих аргументов
- 3) симметрична относительно своих аргументов
- 4) неопределенна

35. Взаимной корреляционной функцией двух случайных процессов называют

- 1) неслучайная функция $m_X(t)$ которая при любом значении аргумента t равна математическому ожиданию соответствующего сечения случайного процесса
- 2) неслучайную функцию двух аргументов, которая при каждой паре их значений равна ковариации сечений этих случайных процессов
- 3) неслучайная функция $D_X(t)$, которая при любом значении аргумента t равна сечению соответствующего случайного процесса $X(t)$
- 4) случайную функцию двух аргументов, которая при каждой паре их значений равна ковариации сечений этих случайных процессов

36. При одновременной перемене мест индексов и аргументов взаимная корреляционная функция

- 1) по модулю больше 1
- 2) не меняется

- 3) меняется
- 4) равно 0

37. При равенстве индексов $j=i$ взаимная корреляционная функция

- 1) равна 0
- 2) равна корреляционной функции случайного процесса
- 3) меньше корреляционной функции случайного процесса
- 4) больше корреляционной функции случайного процесса

38. Случайные процессы $X_i(t)$, $X_j(t)$, в которых их взаимно коррелированная функция $R_{ij}(t_1, t_2)$ равна нулю при любых значениях аргументов t_1, t_2 , называют

- 1) конвергентными
- 2) процессами с некоррелированными составляющими
- 3) некоррелированными
- 4) взаимно коррелированными

39. Векторный случайный процесс, в котором матрица взаимно коррелированных функций диагональная, т.е. $R_{ij}(t_1, t_2) = 0$

- 1) взаимно коррелированными
- 2) процессами с некоррелированными составляющими
- 3) конвергентными
- 4) некоррелированными

2) Задания для контрольной работы №1 (ОПК-1):

1. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = \frac{D_x \cos(at_2 + bt_1)}{t_1 + ct_2}$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$. Проверить полученные результаты с помощью табличного процессора MS Excel.

Значения a, b, c взять из следующей таблицы по вариантам:

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	2	4	2	1	4	3	1	4	7	6
b	3	5	8	5	6	4	2	5	8	5
c	7	8	9	9	2	5	3	6	9	4

2. На вход интегрирующего устройства поступает случайный процесс $X(t)$ у которого:

$$M_x(t) = \cos^2 t$$

$$K_x(t_1, t_2) = \cos \omega t_1 \cdot \sin \omega t_2$$

Найти дисперсию случайного процесса на выходе интегратора. Проверить полученные результаты с помощью табличного процессора MS Excel.

Значения ω взять из следующей таблицы по вариантам:

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ω	2	4	6	8	10	8	6	4	2	3

3) Контрольные задания к ПЗ (ОПК-1)

• ПЗ 1:

1. Записать определение случайного процесса, его сечения и реализации.
2. Дать определение математического ожидания СП, перечислить его свойства.
3. Записать определение корреляционной функции СП, перечислить ее свойства.
4. Записать формулу, связывающую дисперсию и корреляционную функцию СП.
5. Записать формулу для вычисления нормированной корреляционной функции.
6. Записать определение взаимной корреляционной функции, перечислить ее свойства.
7. Записать формулу для вычисления нормированной взаимной корреляционной функции.
8. Записать формулу для вычисления математического ожидания суммы двух СП.
9. Записать формулу для вычисления корреляционной функции суммы двух СП.

• ПЗ 2:

1. Записать определение дифференцируемого случайного процесса и его производной.
2. Записать формулу для вычисления математического ожидания производной СП.
3. Записать формулу для вычисления корреляционной функции производной СП.
4. Записать формулу для определения взаимной корреляционной функции СП и его производной

• ПЗ 3:

1. Записать определение интеграла СП.
2. Записать формулу для вычисления математического ожидания интеграла СП.
3. Записать формулу для вычисления корреляционной функции интеграла СП.
4. Записать формулу для определения взаимной корреляционной функции СП и его интеграла.

Модуль 2

Модуль содержит 3 лекционных и 4 практических занятия, на последнем из которых дается контрольная работа №2. Знание лекционного материала оценивается с помощью теста, состоящего из 10 вопросов, максимальное количество баллов за него составляет 10. За выполненные и защищенные практические занятия № 5,6 студент получает максимум по 6 баллов, за практическое занятие № 7 – 8 баллов (всего 20 баллов). Максимальное количество баллов за контрольную работу №2, включающую 1 задание, составляет 20. Общее максимальное количество баллов за модуль 2 составляет 50.

1) Типовые тестовые задания (ОПК-2):

1. Процесс с дискретным временем - это

- 1) процесс, в котором переходы системы из состояния в состояние могут происходить в любой момент t наблюдаемого множества
- 2) случайный процесс, в любой момент времени t множество его состояний счетно
- 3) одномерный случайный процесс, сечение которого в любой момент t представляет собой непрерывную случайную величину
- 4) система, в которой он протекает может менять свои состояния только в моменты $t_1, t_2, \dots, t_i$ число которых конечно

2. Одномерный процесс с непрерывными состояниями - это

- 1) процесс, в котором переходы системы из состояния в состояние могут происходить в любой момент t наблюдаемого множества
- 2) случайный процесс, в любой момент времени t множество его состояний счетно
- 3) случайный процесс, сечение которого в любой момент t представляет собой непрерывную случайную величину
- 4) система, в которой он протекает может менять свои состояния только в моменты $t_1, t_2, \dots, t_i$ число которых конечно

3. Процесс с дискретными состояниями - это

- 1) процесс, в котором переходы системы из состояния в состояние могут происходить в любой момент t наблюдаемого множества
- 2) одномерный случайный процесс, сечение которого в любой момент t представляет собой непрерывную случайную величину
- 3) система, в которой он протекает может менять свои состояния только в моменты $t_1, t_2, \dots, t_i$ число которых конечно
- 4) случайный процесс, в любой момент времени t множество его состояний счетно

4. Процесс с непрерывным временем - это

- 1) одномерный случайный процесс, сечение которого в любой момент t представляет собой непрерывную случайную величину
- 2) система, в которой он протекает может менять свои состояния только в моменты $t_1, t_2, \dots, t_i$ число которых конечно
- 3) случайный процесс, в любой момент времени t множество его состояний счетно
- 4) процесс, в котором переходы системы из состояния в состояние могут происходить в любой момент t наблюдаемого множества

5. Процесс, для которого характерно, что для любого t множество возможных значений случайного вектора, определяющего состояние системы несчетно,- это

- 1) процесс с непрерывным временем
- 2) процесс с дискретными состояниями
- 3) многомерный процесс с непрерывными состояниями
- 4) одномерный процесс с непрерывными состояниями

6. Состояние космической ракеты, выводимой на орбиту, следует отнести к такому понятию, как

- 1) процесс с непрерывным временем
- 2) одномерный процесс с непрерывными состояниями
- 3) многомерный процесс с непрерывными состояниями
- 4) процесс с дискретными состояниями

7. Напряжение $U(t)$ питания ЭВМ в момент t следует отнести к такому понятию, как

- 1) многомерный процесс с непрерывными состояниями
- 2) процесс с непрерывным временем
- 3) одномерный процесс с непрерывными состояниями
- 4) процесс с дискретными состояниями

8. Процесс обстрела цели в моменты t_1, t_2 , в ходе которого цель может менять свои состояния (цела, повреждена, разрушена),- это

- 1) многомерный процесс с непрерывными состояниями
- 2) процесс с дискретным временем
- 3) процесс с дискретными состояниями
- 4) процесс с непрерывным временем

9. Последовательность однородных событий, появляющихся одно за другим в случайный момент времени,- это

- 1) событийная сеть
- 2) цепь событий
- 3) поток событий
- 4) матрица событий

10. Поток событий - это

- 1) поток электрических импульсов, поступающих от мозга в мышцу для ее возбуждения
- 2) последовательность однородных событий
- 3) поток автомашин, подъезжающих на автозаправочную станцию
- 4) последовательность полностью идентичных событий

11. Всякий факт, который в опыте со случайным исходом может произойти или не произойти,- это

- 1) запрограммированное событие
- 2) случайное событие
- 3) поток событий
- 4) неслучайное событие

12. Основаниями для классификации потока событий могут быть

- 1) взаимная зависимость событий
- 2) взаимная независимость событий
- 3) законы распределения интервалов между событиями
- 4) субъективное мнение исследователя

13. Регулярный поток событий - это

- 1) поток событий, в котором интервалы между событиями строго одинаковы и равны определенной случайной величине
- 2) поток, у которого случайные интервалы между соседними по времени событиями представляют собой случайные величины
- 3) поток изменений минутной цифры на электронных часах
- 4) поток событий, в котором интервалы между событиями строго одинаковы и равны определенной неслучайной величине

14. Поток с ограниченным последствием - это

- 1) поток событий, в котором интервалы между событиями строго одинаковы и равны определенной случайной величине
- 2) поток событий, в котором интервалы между событиями строго одинаковы и равны определенной неслучайной величине
- 3) поток изменений минутной цифры на электронных часах
- 4) поток, у которого случайные интервалы между соседними по времени событиями представляют собой случайные величины

15. К свойствам потока событий не относят

- 1) наличие последствий
- 2) плотность
- 3) ординарность
- 4) интенсивность

16. Среднее число событий, приходящееся на единицу времени, для элементарного участка

- 1) плотность
- 2) ординарность
- 3) интенсивность
- 4) наличие последствий

17. Стационарный поток с ограниченным последствием называется

- 1) броуновским потоком
- 2) потоком Пуассона
- 3) потоком Пальма
- 4) потоком Кюри

18. Характеристики простого процесса восстановления:

- 1) продолжительность времени от начала $t=0$ до первого отказа (восстановления)
- 2) продолжительность времени до момента включения первого элемента
- 3) число восстановлений $X(t)$, имевших место на участке времени $(0, t)$
- 4) функция восстановления $? (t)$

19. Характеристики простого процесса восстановления:

- 1) плотность восстановления
- 2) «возраст» элемента Q , достигнутый им в произвольный момент времени, никак не связанный с потоком восстановления
- 3) плотность элемента Q

4) «остаточное время жизни» элемента R

20. Поток Эрланга n-го порядка с параметром I

- 1) может быть получен из простейшего потока путем его «рассеивания»
- 2) может быть получен, если в потоке с интенсивностью I сохранять как основные, так и промежуточные события
- 3) может быть получен, если в потоке с интенсивностью I сохранять каждые вторые события, а промежуточные выбрасывать
- 4) называется поток Пальма, у которого интервалы между событиями распределены по закону Эрланга n-го порядка

21. Сумма независимых пуассоновских потоков есть

- 1) поток Пальма
- 2) пуассоновский поток
- 3) поток Эрланга- Пуассона
- 4) поток Эрланга

22. Граф состояний - это

- 1) характеристика случайного процесса
- 2) наглядная схема
- 3) характеристика случайной величины
- 4) характеристика семействам распределений

23. Вид графов состояний - совокупность точек (вершин графа) с соединяющими некоторые из них отрезками (ребрами графа):

- 1) ориентированный
- 2) реалистичный
- 3) аморфный
- 4) неориентированный

24. Вид графов состояний - совокупность точек (вершин графа) с соединяющими некоторые из них ориентированными отрезками (стрелками):

- 1) реалистичный
- 2) ориентированный
- 3) неориентированный
- 4) направленный

25. Характеристики марковского случайного процесса:

- 1) случайный процесс, протекающий в системе с непрерывными состояниями
- 2) вероятность каждого из состояний системы в будущем не зависит от ее поведения в прошлом
- 3) для любого момента времени t_0 вероятность каждого из состояний системы в будущем зависит только от ее состояния в настоящем
- 4) случайный процесс, протекающий в системе с дискретными состояниями

26. Если переходные вероятности не зависят от номера шага, цепь Маркова называется

- 1) элементарной
- 2) однородной
- 3) непрерывной
- 4) дискретной

27. Какие вероятности не зависят от номера шага, а устанавливаются с возрастанием номера шага и установлением стационарного режима?

- 1) Предельные (финальные)
- 2) Номинальные
- 3) Строгие
- 4) Максимальные

28. Условия существования стационарного режима для системы S с числом состояний n , в котором протекает цепь Маркова,- это

- 1) цепь Маркова должна быть цикличной
- 2) множество состояний W должно быть эргодическим
- 3) цепь Маркова должна быть достаточно хорошо перемешиваемой
- 4) цепь Маркова должны быть однородной

29. Для стационарного режима суммарный поток вероятности, переводящий систему S в состояние s_j из других состояний,

- 1) равен суммарному потоку вероятности, выводящему систему из состояния s_j
- 2) больше суммарного потока вероятности, выводящему систему из состояния s_j
- 3) равен квадрату суммарного потока вероятности, выводящему систему из состояния s_j
- 4) меньше суммарного потока вероятности, выводящему систему из состояния s_j

30. Система обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами для вероятностей $p_i(t)$ - это

- 1) уравнения Кюри
- 2) уравнения Колмогорова
- 3) уравнения Пуассона
- 4) уравнения Эрланга

31. Согласно уравнениям Колмогорова

- 1) производная вероятности любого состояния равна сумме потоков, выводящих систему из этого состояния
- 2) производная вероятности любого состояния равна сумме потоков вероятности, переводящих систему в это состояние
- 3) производная вероятности любого состояния равна сумме потоков вероятности, переводящих систему в это состояние, минус сумма всех потоков вероятности, выводящих систему из этого состояния
- 4) производная вероятности любого состояния равна сумме потоков вероятности, переводящих систему в это состояние, плюс сумма всех потоков вероятности, выводящих систему из этого состояния

32. Если хотя бы одна из интенсивностей в матрице зависит от времени, то марковский про-

цесс называют

- 1) неоднородным
- 2) интенсивным
- 3) неинтенсивным
- 4) однородным

33. Если все интенсивности потоков не зависят от аргумента t , то марковский процесс называют

- 1) интенсивным
- 2) неоднородным
- 3) однородным
- 4) неинтенсивным

34. Функция $f(t)$ называется

- 1) изображением
- 2) временной
- 3) аргументальной
- 4) оригиналом

35. Функция $F(p)$ называется

- 1) изображением
- 2) аргументальной
- 3) оригиналом
- 4) временной

36. Марковский процесс гибели и размножения - это

- 1) изменения этого процесса могут происходить строго по графику
- 2) случайный процесс, который может принимать только целые неотрицательные значения
- 3) случайный процесс который может принимать только целые отрицательные значения
- 4) изменения этого процесса могут происходить в любой момент времени t

37. Марковский процесс гибели и размножения

- 1) в любой момент времени может увеличиться на единицу
- 2) в любой момент времени может уменьшиться на единицу
- 3) не может остаться неизменным
- 4) может остаться неизменным

38. Для марковского процесса гибели и размножения характерны

- 1) пуассоновские потоки гибели
- 2) потоки размножения
- 3) потоки гибели
- 4) пуассоновские потоки размножения

39. Процесс чистого размножения - это

- 1) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех потоков гибели равна нулю
- 2) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех размножения максимальна
- 3) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех размножения больше интенсивности всех потоков гибели
- 4) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех потоков гибели равна интенсивности потоков размножения

40. Процесс чистой гибели - это

- 1) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех размножения меньше интенсивности всех потоков гибели
- 2) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех потоков гибели максимальна
- 3) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех размножения равна 0
- 4) такой процесс гибели и размножения, у которого интенсивность всех потоков гибели равна интенсивности потоков размножения

2) Задания для контрольной работы №2 (ОПК-2):

Динамическая система массового обслуживания может находиться в четырех состояниях. Интенсивности потоков заявок и их обслуживания показаны на следующем размеченном графе состояний и численно приведены в таблице 1 по вариантам. Требуется найти предельные вероятности пребывания системы массового обслуживания в каждом из состояний.

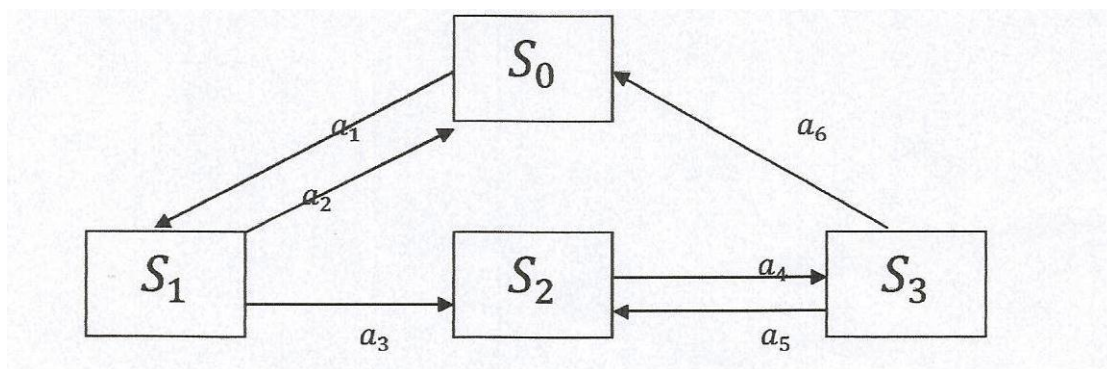


Таблица 1

Вариант	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
0	2	3	1	4	5	2
1	1	2	3	4	5	6
2	6	5	4	3	2	1
3	2	8	4	3	5	7

4	1	2	4	5	3	2
5	2	4	6	8	10	12
6	1	3	5	7	5	3
7	2	4	3	5	7	1
8	3	2	1	5	4	3
9	2	5	8	3	2	5

3) Контрольные задания к ПЗ (ОПК-2)

• ПЗ 5:

1. Записать определение СМО с отказами.
2. Построить граф состояний СМО с отказами.
3. Записать формулы Эрланга.
4. Записать формулы для вычисления показателей эффективности СМО с отказами.

• ПЗ 6:

1. Записать определение одноканальной и многоканальной СМО с неограниченной очередью.
2. Построить граф состояний одноканальной и многоканальной СМО с неограниченной очередью.
3. Записать формулы Литтла.
4. Записать формулы для вычисления показателей эффективности одноканальной и многоканальной СМО с неограниченной очередью.

• ПЗ 7:

1. Записать определение СМО с ограниченной очередью.
2. Построить граф состояний СМО с ограниченной очередью.
3. Записать формулы Литтла.
4. Записать формулы для вычисления показателей эффективности СМО с ограниченной очередью.

1.2.2 Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Анализ случайных процессов»

(промежуточная аттестация):

Теоретический вопрос (ОПК-1):

1. Случайные функции и случайные процессы. Способы задания. Предмет изучения случайных процессов. (Задачи анализа и синтеза).
2. Свойство спектральной плотности стационарного случайного процесса.
3. Математическое ожидание случайного процесса и его свойства.
4. Дисперсия случайного процесса и ее свойства.
5. Корреляционная функция случайного процесса и ее свойства.
6. Нормализованная корреляционная функция случайного процесса и ее свойства.
7. Взаимная корреляционная функция двух случайных процессов и ее свойства.
8. Нормализованная взаимная корреляционная функция двух случайных процессов и

ее свойства.

9. Сходимость в среднеквадратичном. Понятие производной случайного процесса
10. Сходимость в среднеквадратичном. Понятие интеграла случайного процесса.
11. Корреляционная функция интеграла случайного процесса.
12. Взаимная корреляционная функция случайного процесса и его интеграла.
13. Понятие стационарного случайного процесса.
14. Корреляционная функция стационарного случайного процесса и ее свойства.
15. Стационарно связанные случайные процессы.
16. Производная стационарного случайного процесса.
17. Интеграл от стационарного случайного процесса.
18. Понятие об эргодических стационарных случайных процессах.
19. Дискретный спектр стационарно случайного процесса вида гармоник.
20. Спектральная плотность стационарного случайного процесса. Формулы Винера - Хинчина.
21. Нормированная спектральная плотность стационарного случайного процесса.
22. Взаимная спектральная плотность двух стационарных случайных процессов.
23. Стационарный белый шум и его корреляционная функция.
24. Стационарная линейная динамическая система.
25. Частотная характеристика линейной динамической системы.
26. Связь между входным и выходным стационарными случайными процессами в линейной динамической системе.
27. Моделирование технических систем управления.

1. Первое практическое задание (ОПК-1):

1. Задан случайный процесс:

$$X(t) = ue^{4t} \sin 3t$$

u – случайная величина, $M(u) = 8$

Найдите математическое ожидание

$$Y(t) = \int_0^t X(s)ds$$

2. Найдите дисперсию:

$$Y(t) = \int_0^t X(s)ds$$

если $K_x(t_1, t_2) = t_1 t_2 e^{4t_1 + 5t_2}$

3. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = 4e^{-\frac{1}{2}(t_2 - t_1)^2}$$

и математическим ожиданием:

$$M_x(t) = 2 \sin t$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$.

4. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = 2e^{-0.3(t_2 - t_1)^2}$$

и математическим ожиданием:

$$M_x(t) = 12 \sin 2t$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$.

5. Найти нормализованную взаимную корреляционную функцию случайных процессов:

$$X(t) = 3tU \text{ и } Y(t) = (t+2)U, \text{ где } U - \text{случайная величина, } D(U) = 3$$

6. Дана:

$$K_x(t_1, t_2) = e^{-(t_1 - 2t_2)^2}$$

Найти: R_{xx}'

7. Дана:

$$K_x(t_1, t_2) = t_1 t_2 e^{2t_2 - 3t_1}$$

Найти: R_{xx}'

8. Дано:

$$M_x(t) = t^2 + t + 3$$

Найти математическое ожидание

$$Y(t) = t^2 X'(t) + 2t + 3$$

9. Дана:

$$K_x(t_1, t_2) = 2t_1 t_2 e^{2t_1 + 4t_2}$$

Найти: R_{xx}'

10. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = \frac{D_x \sin(t_2 - t_1)}{t_1 + t_2 + 3}$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$.

11. Задана корреляционная функция:

$$K_x(t_1, t_2) = t_1 t_2 e^{-|t_1 - t_2|}$$

Найти нормированную корреляционную функцию.

12. Зная математическое ожидание:

$$M_x(t) = 4t^3 + 2t^2 - t + 7$$

случайного процесса $X(t)$, найти математическое ожидание процесса:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

13. Задано математическое ожидание:

$$M_x(t) = t^3 + 2t + 3$$

случайного процесса $X(t)$, найти математическое ожидание случайного процесса:

$$Y(t) = t^2 X'(t) + t^3$$

14. Зная математическое ожидание:

$$M_x(t) = 2t^3 - t^2 + 6$$

случайного процесса $X(t)$, найти математическое ожидание процесса:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

15. На вход интегрирующего устройства поступает случайный процесс $X(t)$ у которого:

$$M_x(t) = \cos^2 t$$

$$K_x(t_1, t_2) = \sin \omega t_1 \sin \omega t_2$$

Найти дисперсию случайного процесса на выходе интегратора.

16. Дана:

$$K_x(t_1, t_2) = e^{-(5t_2 - 3t_1)^2}$$

Найти: R_{xx} .

17. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = \frac{D_x \sin(t_1 + t_2)}{2t_1 + t_2}$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$.

18. На вход интегрирующего устройства поступает случайный процесс $X(t)$ у которого:

$$M_x(t) = \sin^2 t$$

$$K_x(t_1, t_2) = \cos \omega t_1 \cos \omega t_2$$

Найти дисперсию случайного процесса на выходе интегратора.

19. Найти дисперсию:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

Если $K_x(t_1, t_2) = t_1 t_2 e^{2t_1 + 3t_2}$

20. Найти дисперсию:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

если $K_x(t_1, t_2) = t_1 t_2 e^{t_2 - t_1}$

21. Найти дисперсию:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

Если $K_x(t_1, t_2) = t_1 t_2 e^{t_1 - 2t_2}$

22. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = 5e^{-\frac{1}{2}(t_1 - t_2)^2} \quad \text{и математическим ожиданием: } M_x(t) = 4 \cos t$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$.

23. Задана корреляционная функция:

$$K_x = e^{-(t_1 - t_2)}$$

Найти: R_{xx} .

24. Задан случайный процесс:

$$X(t) = Ue^{3t} \cos 2t \quad \text{где } U - \text{Случайная величина } M(U)=8$$

Найти математическое ожидание:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

25. Задан случайный процесс:

$$X(t) = Ue^{8t} \sin 3t \quad \text{где } U - \text{Случайная величина } M(U)=6$$

Найти математическое ожидание:

$$Y(t) = \int_0^t X(s) ds$$

26. На вход дифференциатора подается сигнал, корреляционная функция которого:

$$K_x(t_1, t_2) = t_1 e^{t_1 + 2t_2}$$

Найти разброс значений сигнала на выходе прибора.

27. На вход интегратора поступает сигнал с корреляционной функцией:

$$K_x(t_1, t_2) = e^{t_1 + 2t_2}$$

Найти корреляционную функцию на выходе устройства.

2. Второе практическое задание (ОПК-2):

1. На вход линейной стационарной динам системы, описываемой уравнением $7Y'(t) + Y'(t) = 3X'(t) + X(t)$. Подается стационарный случайный процесс $X(t)$ с

$$K_1(\tau) = 7e^{-3(\tau)}. \text{ Найти спектральную плотность на выходе системы.}$$

2. Найдите спектральную плотность стационарной случайной функции, зная ее корреляционную функцию:

$$K_x(\tau) = e^{-7|\tau|} \sin 2\tau$$

3. Найти спектральную плотность стационарного случайного процесса с корреляционной функцией вида:

$$K_x(\tau) = 6e^{-7|\tau|}$$

4. Найти спектральную плотность стационарного случайного процесса с корреляционной функцией вида:

$$K_x(\tau) = 2e^{-3|\tau|} \sin 7\tau$$

5. На вход линейной стационарной динамической системы описываемой уравнением:

$7Y'(t) + Y(t) = 3X'(t) + X(t)$ подается стационарный случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(\tau) = 2e^{-3|\tau|}$$

Найти спектральную плотность $S_y(\omega)$ на выходе системы.

6. Найти спектральную плотность стационарного случайного процесса вида:

$$K_x(\tau) = e^{-3|\tau|}$$

7. На вход линейной стационарной динамической системы описываемой уравнением:

$5Y'(t) + Y(t) = 7X'(t) + X(t)$ подается стационарный случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(\tau) = 2e^{-|\tau|}$$

Найти спектральную плотность $S_y(\omega)$ на выходе системы.

8. Найти спектральную плотность стационарной случайной функции, зная ее корреляционную функцию:

$$K_x(\tau) = 2e^{-7|\tau|} \cos 3\tau$$

9. Найти спектральную плотность стационарной случайной функции, зная ее корреляционную функцию:

$$K_x(\tau) = e^{-2|\tau|} \cos 3\tau$$

10. На вход линейной стационарной динамической системы описываемой уравнением:

$4Y'(t) + Y(t) = 2X'(t) + X(t)$ подается стационарный случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(\tau) = 3e^{-2|\tau|}$$

Найти спектральную плотность $S_y(\omega)$ на выходе системы.

11. Найти спектральную плотность стационарной случайной функции, зная ее корреляционную функцию:

$$K_x(\tau) = 5e^{-7|\tau|} \sin 2\tau$$

12. На вход линейной стационарной динамической системы описываемой уравнением:

$4Y'(t) + Y(t) = 3X'(t) + X(t)$ подается стационарный случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией:

$$K_x(\tau) = 3e^{-3|\tau|}$$

Найти спектральную плотность на выходе системы.

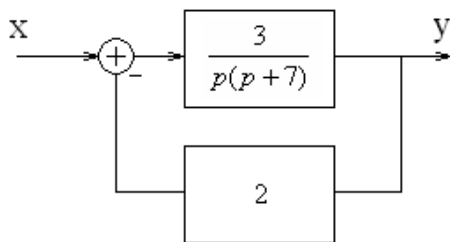
13. Стационарная линейная динамическая система:

$$5Y''(t) + 3Y'(t) + 7Y(t) = 2X''(t) + 7X(t)$$

описывается энергетической плотностью на входе: $S_x(\omega) = \frac{1}{\pi(1+\omega^2)}$

Найти спектральную плотность реакции.

14. На вход технического устройства, заданного схемой:

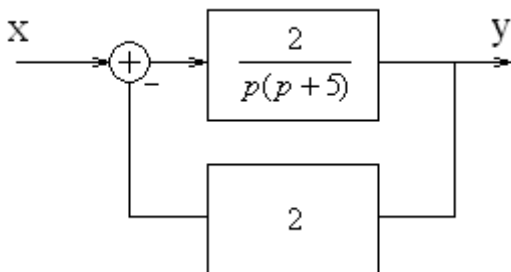


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = e^{-2|\tau|}$$

Рассчитайте энергетический спектр реакции.

15. На вход технического устройства, заданного схемой:

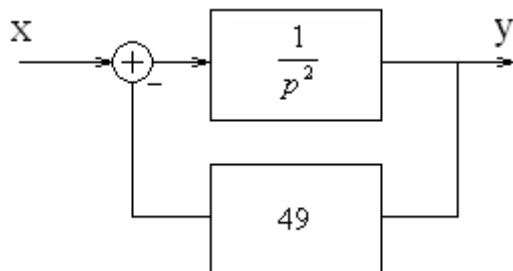


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = e^{-3|\tau|}$$

Рассчитайте энергетический спектр реакции.

16. На вход технического устройства, заданного схемой:

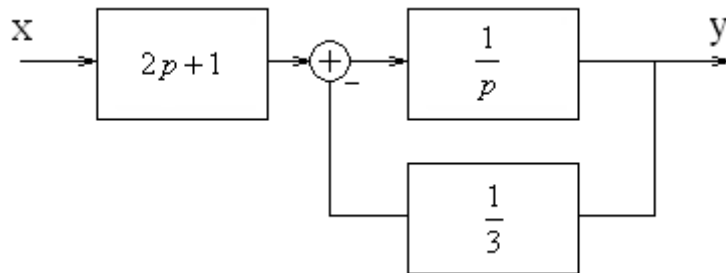


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = e^{-|\tau|}$$

Рассчитайте энергетический спектр реакции.

17. На вход технического устройства, заданного схемой:

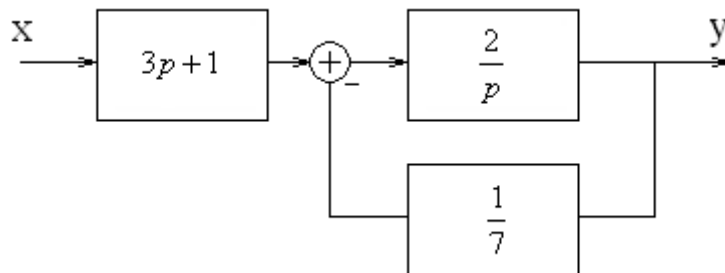


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 2e^{-3|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

18. На вход технического устройства, заданного схемой:

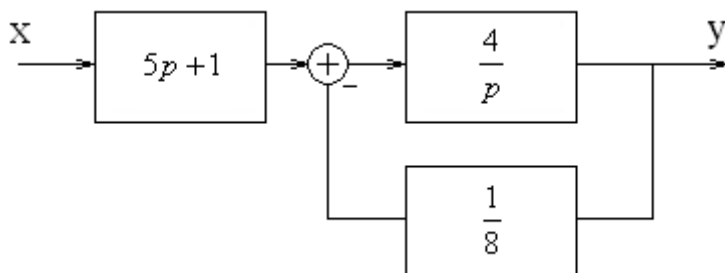


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 4e^{-3|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

19. На вход технического устройства, заданного схемой:

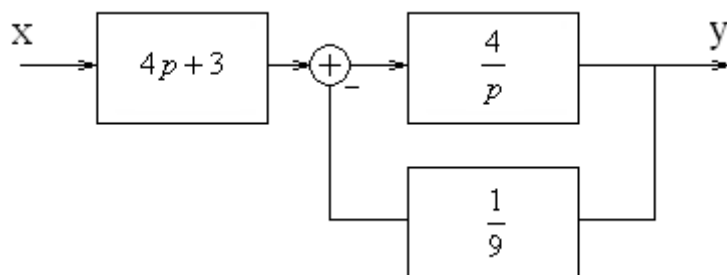


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = e^{-2|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

20. На вход технического устройства, заданного схемой:

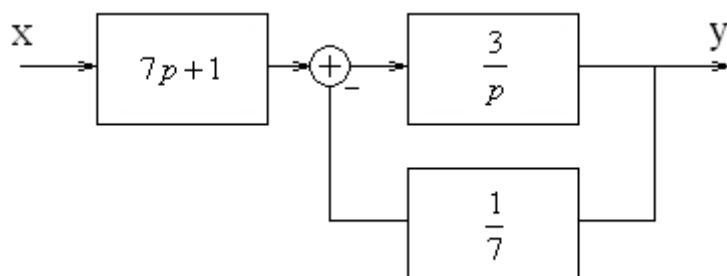


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 3e^{-4|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

21. На вход технического устройства, заданного схемой:

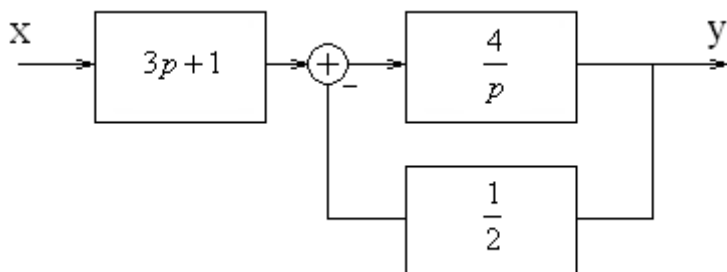


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 7e^{-|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

22. На вход технического устройства, заданного схемой:

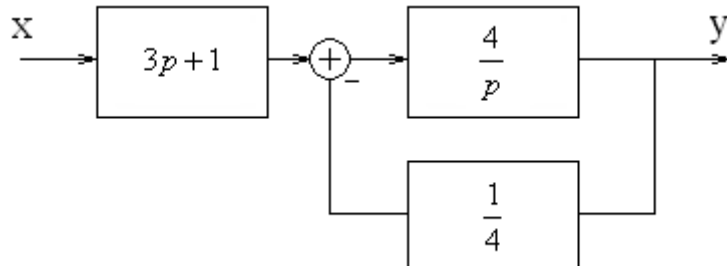


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 8e^{-|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

23. На вход технического устройства, заданного схемой:

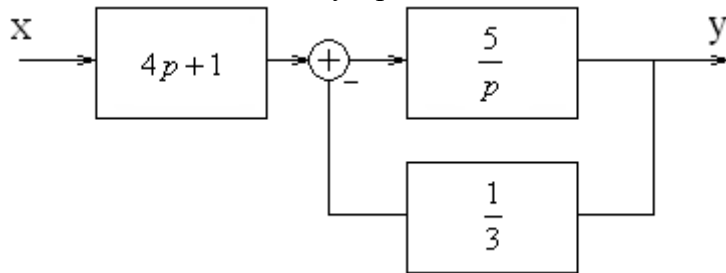


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 8e^{-|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

24. На вход технического устройства, заданного схемой:

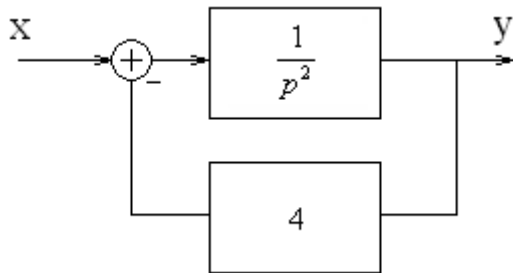


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 3e^{-|\tau|}$$

Найти энергетический спектр реакции.

25. На вход технического устройства, заданного схемой:

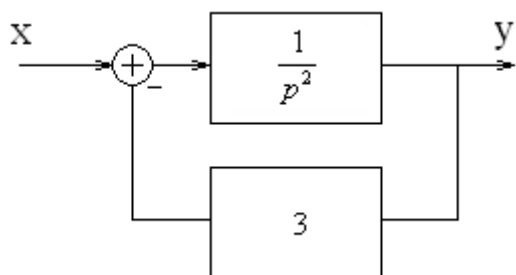


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 3e^{-5|\tau|}$$

Рассчитайте энергетический спектр реакции.

26. На вход технического устройства, заданного схемой:

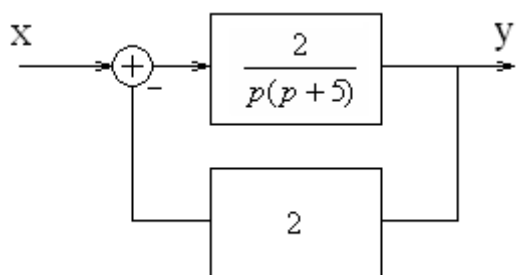


подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 3e^{-2|\tau|}$$

Рассчитайте энергетический спектр реакции.

27. На вход технического устройства, заданного схемой:



подается сигнал, корреляционная функция которого задается выражением

$$K_x(\tau) = 7e^{-3|\tau|}$$

Рассчитайте энергетический спектр реакции.

1.2.3 Оценочные средства для заочной формы обучения

1) Контрольные задания к ПЗ (ОПК-1, ОПК-2)

ПЗ 1 (ОПК-1):

1. Записать определение случайного процесса, его сечения и реализации.
2. Дать определение математического ожидания СП, перечислить его свойства.
3. Записать определение корреляционной функции СП, перечислить ее свойства.
4. Записать формулу, связывающую дисперсию и корреляционную функцию СП.
5. Записать определение дифференцируемого случайного процесса и его производной.
6. Записать формулу для вычисления математического ожидания производной СП.
7. Записать формулу для вычисления корреляционной функции производной СП.
8. Записать определение интеграла СП.
9. Записать формулу для вычисления математического ожидания интеграла СП.
10. Записать формулу для вычисления корреляционной функции интеграла СП.

• ПЗ 2 (ОПК-2):

1. Записать определение системы массового обслуживания (СМО).
2. Записать определение графа состояний СМО.
3. Изучить правила построения графа состояний СМО.
4. Записать правило составления системы уравнений Колмогорова.

2) Контрольная работа по дисциплине «Анализ случайных процессов» (ОПК-1, ОПК-2)

Выполнение указанной контрольной работы является необходимым условием допуска студента на зачет. Методические указания по выполнению данной контрольной работы размещены на сайте СКФ МТУСИ по адресу elib.mtuci.ru

Типовые задания контрольной работы по дисциплине «Анализ случайных процессов»:

1. На вход дифференцирующего звена поступает случайный процесс $X(t)$ с корреляционной функцией (ОПК-1):

$$K_x(t_1, t_2) = \frac{D_x \cos(at_2 + bt_1)}{t_1 + ct_2}$$

Найти корреляционную функцию выходного процесса $Y(t) = X'(t)$.

Значения a, b, c взять из следующей таблицы по вариантам:

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	2	4	2	1	4	3	1	4	7	6
b	3	5	8	5	6	4	2	5	8	5
c	7	8	9	9	2	5	3	6	9	4

2. На вход интегрирующего устройства поступает случайный процесс $X(t)$ у которого:

$$M_x(t) = \cos^2 t$$

$$K_x(t_1, t_2) = \cos \omega t_1 \cdot \sin \omega t_2$$

Найти дисперсию случайного процесса на выходе интегратора. (ОПК-1)

Значения ω взять из следующей таблицы по вариантам:

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ω	2	4	6	8	10	8	6	4	2	3

3. Динамическая система массового обслуживания может находиться в четырех состояниях. Интенсивности потоков заявок и их обслуживания показаны на следующем размеченном графе состояний и численно приведены в таблице 1 по вариантам. Требуется найти предельные вероятности пребывания системы массового обслуживания в каждом из состояний. (ОПК-2)

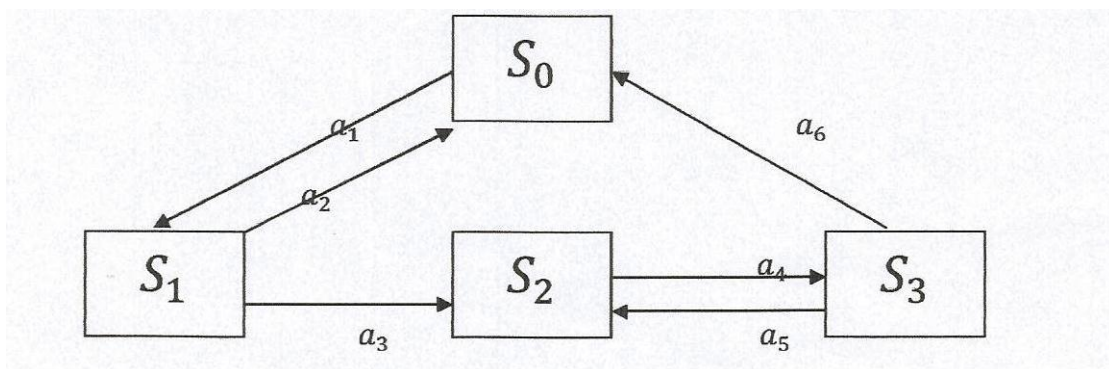


Таблица 1

Вариант	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
0	2	3	1	4	5	2
1	1	2	3	4	5	6
2	6	5	4	3	2	1

3	2	8	4	3	5	7
4	1	2	4	5	3	2
5	2	4	6	8	10	12
6	1	3	5	7	5	3
7	2	4	3	5	7	1
8	3	2	1	5	4	3
9	2	5	8	3	2	5

1.2.4 Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Анализ случайных процессов» (промежуточная аттестация):

Теоретические вопросы и практические задания такие же, как и для студентов очной формы обучения.

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

Оценка качества освоения дисциплины имеет существенные различия для очной и заочной форм обучения.

2.1 Порядок и методика проведения промежуточных и итоговой аттестаций в группах очной формы обучения

Рубежный контроль усвоения знаний студентов проводится с использованием модульно-рейтинговой системы (МРС) в соответствии с Положением об МРС филиала. Модульно-рейтинговая система предполагает изучение дисциплины отдельными модулями с аттестацией студентов по завершении освоения модуля в виде суммы баллов за каждый из них.

Весь материал дисциплины «Анализ случайных процессов» разбивается на 2 модуля, которые изучаются на аудиторных занятиях.

Все 2 аудиторных учебных модуля предполагают лекционные и практические занятия. По завершении изучения каждого модуля студентам предлагается выполнить компьютерный тест. Для контроля качества освоения учебного материала на практических занятиях студентам предлагается выполнить контрольные задания. Результаты выполнения оформляются в виде письменного отчета, который включает в себя основные понятия и формулы рассматриваемой темы, а также решенные примеры. На последнем практическом занятии каждого модуля студенты выполняют контрольную работу.

Максимально возможное число баллов, которое может быть начислено студенту по отдельным элементам контроля приведено в таблице.

Таблица. Распределение баллов по блокам модулей дисциплины «Анализ случайных процессов»

Модуль	Всего баллов (Максимальное значение)	Теоретический блок (тест)	Практический блок (Распределение баллов по занятиям)
Модуль 1	50	10	$40=2*6+8+20$ (КР №1)
Модуль 2	50	10	$40=2*6+8+20$ (КР №2)

Зачет	100
-------	-----

В соответствии с учебным планом студенты очной формы обучения СКФ МТУСИ сдают зачет в 4-м семестре второго курса. Для получения зачета по дисциплине необходимо набрать не менее 41% от общей суммы баллов (см. табл. 1). Это соотношение должно выполняться при всех видах контроля и анализе текущей успеваемости студента.

2.2 Методика проведения зачета в группах заочной формы обучения

В соответствии с учебным планом студенты заочной формы обучения изучают дисциплину «Анализ случайных процессов» на втором курсе. Оценка итогов изучения дисциплины определяется в ходе сдачи зачета.

Зачет принимается в устной форме и проводится по билетам, содержащим один вопрос по теории соответствующих разделов дисциплины и две задачи, требующие проявления практических навыков для их решения. При сдаче зачета студент должен показать знание курса дисциплины в объеме, установленном рабочей программой, умение решать стандартные задачи, а также готовность дать пояснения по существу решений задач. Для получения зачета по дисциплине необходимо правильно ответить на два из трех вопросов билета.

3. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Зачет принимается в устной форме и проводится по билетам, содержащим один вопрос по теории соответствующих разделов дисциплины и две задачи, требующие проявления практических навыков для их решения. При сдаче зачета студент должен показать знание курса дисциплины в объеме, установленном рабочей программой, умение решать стандартные задачи, а также готовность дать пояснения по существу решений задач. Для получения зачета по дисциплине необходимо правильно ответить на два из трех вопросов билета.

	МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информати- ки»	Утверждаю И.о. зав. кафедрой «ОНП» _____ Денисов Е.А. «___» ____ 20__ г.
Направление подготовки: 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи Курс: 2 Форма обучения: очная, заочная Дисциплина: Анализ случайных процессов		
Билет №1 1. Случайные функции и случайные процессы. Способы задания. Предмет изучения случайных процессов. (Задачи анализа и синтеза). 2. Задан случайный процесс: $X(t) = ue^{4t} \sin 3t$ $u - \text{случайная величина, } M(u) = 8$ Найдите математическое ожидание $Y(t) = \int_0^t X(s)ds$ 3. На вход линейной стационарной динам системы, описываемой уравнением $7Y'(t) + Y(t) = 3X'(t) + X(t)$. Подается стационарный случайный процесс $X(t)$ с $K_1(\tau) = 7e^{-3(\tau)}$. Найти спектральную плотность на выходе системы.		

4. Тестовые задания по дисциплине «Анализ случайных процессов»

Тестовые задания позволяют оценить уровень сформированности компетенций ОПК-1, ОПК-2.

Задания распределены по блокам в соответствии с уровнем сложности. Каждый блок содержит номер задания, и текст задания.

Базовый уровень содержит 10 заданий.

Он формируется из заданий с выбором одного или нескольких верных ответов из предложенных или воспроизведения фактического материала (терминология, факты, классификация, параметры и др.);

Повышенный уровень составляет 7 заданий.

В нем используются задания на сопоставление, сравнение, установление последовательности.

Высокий уровень составляют 3 задания.

В заданиях используются: решения нетиповых задач, алгоритмы, доказательства, задания с развернутым ответом – определения, перечисление, изображение схемы, структуры и др.

Количество заданий по компетенции ОПК-1 равно 20.

Количество заданий по компетенции ОПК-2 равно 20.

Один комплект тестовых вопросов с указанием правильных ответов хранится у заведующего кафедрой, другой комплект – у преподавателя, ведущего дисциплину.

ОПК-1

Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

БЛОК А (базовый уровень) – Задание с выбором одного или нескольких верных ответов из предложенных

Инструкция по тестам Блока А: Прочитайте текст и выберите один или несколько правильных ответов

№ задания	Тексты заданий
1	<i>Что из перечисленного наиболее точно определяет понятие «случайный процесс» в инженерной практике?</i> А) Функция, описывающая строго детерминированный сигнал в любой момент времени. Б) Функция времени, значения которой в каждый момент являются случайными величинами. В) Набор постоянных констант, не зависящих от внешних условий. Г) Периодическая функция с фиксированной амплитудой и фазой.
2	<i>Какой случайный процесс называется стационарным в широком смысле?</i> А) Процесс, любая реализация которого является константой. Б) Процесс, математическое ожидание которого постоянно, а корреляционная функция зависит только от разности времен. В) Процесс, спектральная плотность которого равна нулю на всех частотах. Г) Процесс, дисперсия которого неограниченно растет со временем.
3	<i>Какая математическая операция связывает автокорреляционную функцию стационарного случайного процесса и его спектральную плотность мощности (теорема Винера — Хинчина)?</i> А) Преобразование Лапласа. Б) Интеграл Дюамеля. В) Преобразование Фурье. Г) Ряд Тейлора.
4	<i>В чем заключается физический и математический смысл свойства эргодичности стационарного случайного процесса?</i> А) Процесс не содержит гармонических составляющих. Б) Математическое ожидание процесса всегда равно нулю. В) Усреднение характеристик по времени для одной длинной реализации равно усреднению по множеству (ансамблю) всех реализаций. Г) Дисперсия процесса линейно зависит от времени наблюдения.
5	<i>Какое свойство является определяющим для марковского случайного процесса?</i> А) Его автокорреляционная функция всегда представляет собой дельта-функцию Дирака. Б) Вероятность перехода в будущее состояние зависит только от текущего состояния и не зависит от предыстории процесса. В) Он описывает только непрерывные во времени физические явления. Г) Его спектр всегда сосредоточен в узкой полосе частот.
6	<i>Что показывает значение автокорреляционной функции централизованного стационарного случайного процесса $R(\tau)$ в точке $\tau = 0$?</i> А) Математическое ожидание процесса. Б) Максимальную частоту спектра. В) Дисперсию (среднюю мощность флуктуаций) процесса.

№ задания	Тексты заданий
	Г) Время корреляции.
7	Как в теории случайных процессов называется идеализированный процесс, спектральная плотность мощности которого постоянна на всех частотах? А) Розовый шум. Б) Винеровский процесс. В) Белый шум. Г) Узкополосный нормальный процесс.
8	Уравнение Колмогорова – Чепмена применяется для анализа: А) Марковских случайных процессов. Б) Исключительно детерминированных гармонических сигналов. В) Статических погрешностей измерительных приборов. Г) Гладких функций комплексного переменного.
9	Какова размерность спектральной плотности мощности $S(f)$, если сам случайный процесс (например, напряжение шума) измеряется в вольтах (В)? А) В/Гц Б) В² В) В²/Гц Г) Гц/В
10	Для пуассоновского случайного процесса, описывающего поток однородных событий (например, поступление пакетов данных на сервер), вероятность появления ровно k событий за время t зависит от: А) Квадрата времени t^2. Б) Интенсивности потока λ и времени t. В) Амплитуды отдельного события. Г) Фазы процесса в начальный момент времени.

БЛОК Б (повышенный уровень) – Задание закрытого типа на установление соответствия

№ задания	Тексты заданий
11	Установите соответствие между названием случайного процесса и его характерным описанием: 1)Марковский процесс 2)Пуассоновский процесс 3)Винеровский процесс (броуновское движение) 4)Белый шум Варианты для соответствия: А. Модель непрерывного процесса с независимыми гауссовскими приращениями. Б. Процесс без последействия (будущее зависит только от настоящего). В. Некоррелированный процесс с равномерным спектром на всех частотах. Г. Процесс, описывающий количество наступивших событий простейшего потока к моменту времени t.
12	Установите соответствие между вероятностной характеристикой случайного процесса и её инженерным (физическим) смыслом: 1)Математическое ожидание 2)Дисперсия 3)Корреляционная функция 4)Спектральная плотность мощности Варианты для соответствия:

№ задания	Тексты заданий
	А. Распределение средней мощности процесса по частотам. Б. Степень линейной зависимости значений процесса в разные моменты времени. В. Среднее значение (постоянная составляющая) сигнала. Г. Мера разброса значений процесса относительно среднего (мощность переменной составляющей).
13	Установите соответствие между свойствами автокорреляционной функции стационарного процесса $R(\tau)$ и их математической формулировкой: 1) Четность 2) Максимум в нуле 3) Связь с дисперсией (для центрированного процесса) 4) Затухание корреляционной связи со временем Варианты для соответствия: А. $\lim_{\tau \rightarrow \infty} R(\tau) = 0$ (при отсутствии скрытых периодичностей) Б. $R(0) = \sigma^2$ В. $R(-\tau) = R(\tau)$ Г. $R(\tau) \leq R(0)$
14	Установите соответствие между типами стационарности и их определениями: 1) Стационарность в узком смысле (строгая) 2) Стационарность в широком смысле 3) Эргодичность по математическому ожиданию 4) Нестационарный процесс Варианты для соответствия: А. Временное среднее значение одной реализации стремится к математическому ожиданию по ансамблю. Б. Математическое ожидание постоянно, а корреляционная функция зависит только от временного сдвига τ. В. Вероятностные характеристики процесса изменяются с течением времени. Г. Все многомерные законы распределения вероятностей инвариантны к сдвигу по времени.

БЛОК Б (повышенный уровень) – Задание закрытого типа на установление последовательности

№ задания	Тексты заданий
15	Укажите правильную последовательность этапов проверки инженерной гипотезы о стационарности (в широком смысле) случайного процесса по полученным экспериментальным данным: А. Оценка автокорреляционной функции для различных моментов начала отсчета. Б. Разбиение полученной длинной реализации на несколько последовательных интервалов. В. Оценка математического ожидания на каждом из интервалов. Г. Проверка гипотезы о независимости оценок математического ожидания и автокорреляционной функции от времени.
16	Определите порядок действий при вычислении спектральной плотности мощности неизвестного стационарного процесса на основе его реализации: А. Применение прямого преобразования Фурье. Б. Получение (регистрация) массива значений реализации случайного процесса. В. Анализ полученного частотного спектра для проектирования фильтра.

№ задания	Тексты заданий
	Г. Вычисление эмпирической автокорреляционной функции $R(\tau)$.
17	17. Укажите правильную математическую последовательность расчета дисперсии $D(t)$ случайного процесса непрерывного типа по известной одномерной плотности вероятности $w(x, t)$: А. Центрирование значений: $(x - m(t))$. Б. Возведение центрированных значений в квадрат: $(x - m(t))^2$. В. Начисление интеграла $\int x \cdot w(x, t) dx$ для поиска математического ожидания $m(t)$. Г. Вычисление интеграла $\int (x - m(t))^2 \cdot w(x, t) dx$ по всем возможным значениям x.

БЛОК В (высокий уровень) – Задание открытого типа с развернутым ответом

№ задания	Тексты заданий
18	Случайный процесс, для которого средние характеристики, вычисленные по времени для одной достаточно длинной реализации, совпадают со средними характеристиками по множеству (ансамблю) реализаций, называется _____ процессом.
19	Теорема Винера — _____ устанавливает взаимно однозначное соответствие между корреляционной функцией стационарного случайного процесса и его спектральной плотностью мощности.
20	Идеализированный случайный процесс, обладающий равномерной и постоянной спектральной плотностью на всем диапазоне частот, в технической литературе принято называть _____ шумом.

ОПК-2

Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

БЛОК А (базовый уровень) – Задание с выбором одного или нескольких верных ответов из предложенных

Инструкция по тестам Блока А: Прочитайте текст и выберите один или несколько правильных ответов

№ задания	Тексты заданий
1	<i>Какой признак при визуальном анализе осциллограммы указывает на то, что исследуемый случайный процесс, вероятнее всего, является нестационарным?</i> А) Сигнал постоянно колеблется около нулевой отметки. Б) Яркое выраженное изменение разброса значений или среднего уровня с течением времени. В) Наличие небольших случайных выбросов на фоне основного сигнала. Г) Сигнал выглядит как хаотичное нагромождение импульсов.
2	<i>Какое практическое преимущество дает свойство эргодичности при экспериментальном исследовании случайного процесса?</i> А) Позволяет полностью избавиться от измерительных шумов. Б) Позволяет прогнозировать значения процесса на бесконечно большое время вперед. В) Позволяет заменить усреднение по множеству различных реализаций усреднени-

№ задания	Тексты заданий
	ем по времени для одной достаточно длинной записи. Г) Позволяет использовать аналоговые приборы вместо цифровых.
3	<i>Что произойдет, если при цифровой регистрации непрерывного случайного процесса выбрать слишком низкую частоту дискретизации (нарушить теорему Котельникова)?</i> А) Увеличится амплитуда полезного сигнала. Б) Возникнет эффект наложения частот, необратимо искажающий информацию о высокочастотных компонентах сигнала. В) Сигнал станет полностью детерминированным. Г) Уменьшится объем памяти, необходимой для хранения данных, без потери качества.
4	<i>Для чего в инженерной практике при анализе данных чаще всего применяется вычисление автокорреляционной функции сигнала?</i> А) Для определения точного времени начала эксперимента. Б) Для выявления скрытых периодических закономерностей на фоне сильного случайного шума. В) Для перевода сигнала из цифровой формы в аналоговую. Г) Для изменения масштаба времени на графике.
5	<i>Какой шаг является начальным и обязательным при построении гистограммы для оценки распределения амплитуд случайного сигнала по экспериментальным данным?</i> А) Разбиение всего диапазона наблюдаемых значений на интервалы группировки. Б) Вычисление скорости изменения сигнала. В) Умножение каждого значения сигнала на весовой коэффициент. Г) Сортировка времени регистрации в обратном порядке.
6	<i>Какую основную информацию о случайном процессе дает график его спектральной плотности мощности при анализе результатов эксперимента?</i> А) Показывает, в какие моменты времени происходили сбои аппаратуры. Б) Демонстрирует распределение общей энергии процесса по различным частотным составляющим. В) Отражает точную форму сигнала в пространстве. Г) Показывает зависимость амплитуды от температуры окружающей среды.
7	<i>Какой метод предварительной обработки данных обычно используется для уменьшения влияния высокочастотных измерительных шумов на полезный низкочастотный сигнал?</i> А) Усиление сигнала в два раза. Б) Пропускание записанных данных через программный фильтр нижних частот (сглаживание). В) Возведение всех значений массива данных в квадрат. Г) Изменение полярности сигнала.
8	<i>Как изменится статистическая погрешность оценки среднего значения стационарного шума при значительном увеличении времени регистрации сигнала?</i> А) Погрешность останется неизменной. Б) Погрешность будет периодически колебаться. В) Погрешность увеличится из-за накопления данных. Г) Погрешность уменьшится, так как объем выборки возрастет.
9	<i>Какое допущение лежит в основе моделирования технической системы как марков-</i>

№ задания	Тексты заданий
	ского случайного процесса? А) Система может находиться только в двух состояниях: включено или выключено. Б) Будущее состояние системы зависит только от ее текущего состояния и не зависит от предыстории развития процесса. В) Система абсолютно не подвержена внешним воздействиям. Г) Все переходы между состояниями происходят строго по расписанию.
10	Как называется идеализированная модель случайного процесса, которая часто используется при тестировании систем обработки данных и содержит равноправные составляющие абсолютно всех частот? А) Розовый шум. Б) Гармонический сигнал. В) Белый шум. Г) Затухающий резонанс.

БЛОК Б (повышенный уровень) – Задание закрытого типа на установление соответствия

№ задания	Тексты заданий
11	Установите соответствие между этапом обработки экспериментальных данных и конкретным действием исследователя: 1)Сбор данных 2)Предварительная обработка 3)Оценивание характеристик 4)Визуальное представление Варианты для соответствия: А. Удаление аномальных выбросов (артефактов) из массива. Б. Оцифровка аналогового сигнала с датчика. В. Построение графика спектральной плотности. Г. Вычисление выборочного среднего значения и дисперсии.
12	Установите соответствие между вероятностной характеристикой и ее физическим (инженерным) смыслом при анализе сигналов: 1)Математическое ожидание 2)Дисперсия 3)Взаимная корреляционная функция 4)Автокорреляционная функция Варианты для соответствия: А. Степень сходства и временной задержки между двумя разными сигналами. Б. Среднее значение или постоянная составляющая сигнала. В. Внутренняя связь сигнала во времени, память процесса. Г. Мера разброса значений или мощность переменной составляющей сигнала.
13	Установите соответствие между типом шума в канале связи и его словесным описанием: 1)Белый шум 2)Розовый шум 3)Узкополосный шум 4)Импульсный шум Варианты для соответствия: А. Мощность убывает обратно пропорционально росту частоты. Б. Случайные кратковременные всплески большой амплитуды. В. Мощность равномерно распределена по всему рабочему диапазону частот.

№ задания	Тексты заданий
	Г. Энергия сосредоточена в небольшом диапазоне частот вокруг несущей.
14	Установите соответствие между графическим методом представления данных и его назначением: 1)Осциллограмма 2)Спектрограмма 3)Гистограмма 4)Диаграмма рассеяния Варианты для соответствия: А. Отображение взаимосвязи между двумя одновременно измеряемыми случайными величинами. Б. Отображение изменения частотного состава сигнала во времени. В. Отображение изменения формы сигнала во времени. Г. Отображение эмпирического распределения вероятностей значений сигнала.

БЛОК Б (повышенный уровень) – Задание закрытого типа на установление последовательности

№ задания	Тексты заданий
15	Укажите правильную последовательность базовых этапов проведения экспериментального исследования случайного физического процесса: А. Выбор подходящих датчиков и настройка частоты дискретизации. Б. Постановка цели эксперимента и определение измеряемых параметров. В. Статистическая обработка и интерпретация полученного массива данных. Г. Непосредственная регистрация реализаций процесса на цифровой носитель.
16	Определите логический порядок действий алгоритма при программном построении гистограммы распределения: А. Построение столбчатой диаграммы по полученным частотам. Б. Подсчет количества попаданий отсчетов сигнала в каждый интервал. В. Определение минимального и максимального значений в массиве данных. Г. Разбиение найденного диапазона значений на равные интервалы (бины).
17	Укажите правильную последовательность шагов при проведении цифрового спектрального анализа зашумленного сигнала: А. Применение алгоритма дискретного преобразования Фурье к массиву отсчетов. Б. Аналоговая фильтрация сигнала перед оцифровкой для предотвращения наложения спектров. В. Вычисление и графическое сглаживание полученных спектральных оценок. Г. Аналого-цифровое преобразование (дискретизация и квантование).

БЛОК В (высокий уровень) – Задание открытого типа с развернутым ответом

№ задания	Тексты заданий
18	Случайный процесс, основные статистические характеристики которого (среднее значение, разброс) не меняются с течением времени наблюдения, в теории надежности и обработке сигналов называется _____ процессом.
19	Процесс преобразования непрерывного случайного сигнала с датчика в последовательность значений, взятых через строго равные промежутки времени, называется _____.
20	Резкие одиночные отклонения в зарегистрированных данных, вызванные сбоями изме-

№ задания	Тексты заданий
	рительной аппаратуры или внешними наводками и подлежащие обязательному удалению на этапе предварительной обработки, называются аномальными _____.

Система оценивания выполнения тестовых заданий по компетенциям ОПК-1, ОПК-2

Номер задания	Указания по оцениванию	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания/характеристика правильности ответа)
Задания 1-10	Задания с выбором одного или нескольких верных ответов из предложенных считается верным, если правильно указана цифра или цифры, означающие верные ответы.	Совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом; неверный ответ или его отсутствие - 0 баллов.
Задания 11-14	Задания закрытого типа на установление соответствия считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого)	Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом; неверный ответ или его отсутствие - 0 баллов.
Задания 15-17	Задания закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр	Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом; если допущены ошибки или ответ отсутствует- 0 баллов.
Задания 18-20	Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.	Полный правильный ответ на задание оценивается 3 баллами; если допущена одна ошибка/неточность/ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более одной ошибки/ответ неправильный/ ответ отсутствует- 0 баллов.

Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

1. Методические рекомендации преподавателю

Перед началом изучения дисциплины преподаватель должен ознакомить студентов с рабочей программой и оценочными материалами по дисциплине, с видами учебной и самостоятельной работы, перечнем литературы и интернет-ресурсов, с формами текущей и промежуточной аттестации, с критериями оценки качества знаний для итоговой оценки по дисциплине.

При проведении лекций, преподаватель:

- 1) формулирует тему и цель занятия, объявляет учебные вопросы;
- 2) излагает основные теоретические положения;
- 3) с помощью технических средств обучения и/или под запись дает определения основных понятий;
- 4) приводит примеры из отечественного и зарубежного опыта, дает текущие статистические данные для наглядного и образного представления изучаемого материала;
- 5) в конце занятия выдает вопросы для самостоятельного изучения.

На практических занятиях работа, осуществляемая в учебной аудитории под руководством преподавателя, направлена на углубление знаний, рассмотренных на лекции, и овладение определенными навыками. Цель практических занятий – проверить уровень овладения студентами материалом, закрепить полученные знания и умения, провести связь между теоретическими положениями и их практическим применением, выработать новые практические умения, сформировать навыки самостоятельной работы, самоконтроля и самообучения.

Во время выполнения заданий в учебной аудитории студент может консультироваться с преподавателем, определять наиболее эффективные методы решения поставленных задач. Если какая-то часть задания остается не выполненной, студент может продолжить её выполнение во время внеаудиторной самостоятельной работы.

Для оценки полученных знаний и освоения учебного материала по каждому разделу и в целом по дисциплине преподаватель использует формы текущего контроля знаний обучающихся.

2. Методические рекомендации студентам

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, студенты должны ознакомиться с рабочей программой, оценочными материалами, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в ЭИОС СКФ МТУСИ.

Глубина усвоения дисциплины зависит от активной и систематической работы студента на лекциях и практических занятиях, а также в ходе самостоятельной работы, по изучению рекомендованной литературы.

2.1. Методические указания для обучающихся по лекционным занятиям

Важно сосредоточить внимание на содержании лекции. Это поможет лучше воспринимать учебный материал и уяснить взаимосвязь проблем по всей дисциплине.

Основное содержание лекции целесообразнее записывать в тетради в виде ключевых фраз, понятий, тезисов, обобщений, схем, опорных выводов. Необходимо обращать внимание на термины, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставлять в конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющей материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

С целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы. Для закрепления содержания лекции в памяти, необходимо во время самостоятельной работы внимательно прочесть свой конспект и дополнить его записями из учебников и рекомендованной литературы.

Конспектирование читаемых лекций и их последующая доработка способствует более глубокому усвоению знаний, и поэтому являются важной формой учебной деятельности студентов.

2.2. Методические указания для обучающихся по подготовке к практическим занятиям

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины.

При подготовке к практическому занятию целесообразно выполнить следующие рекомендации:

- изучить основную литературу; ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д.;
- при необходимости доработать конспект лекций. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы.

При выполнении практических занятий основным методом обучения является самостоятельная работа студента под управлением преподавателя. На них пополняются теоретические знания студентов, их умение творчески мыслить, анализировать, обобщать изученный материал, проверяется отношение студентов к будущей профессиональной деятельности.

Оценка выполненной работы осуществляется преподавателем комплексно: по результатам выполнения заданий, устному сообщению и оформлению работы.

После подведения итогов занятия студент обязан устранить недостатки, отмеченные преподавателем при оценке его работы.

2.3. Методические рекомендации для обучающихся по подготовке контрольной работы

Выполнение контрольной работы по дисциплине «Анализ случайных процессов» является необходимым условием допуска студента на зачет.

Задания контрольной работы даны в методических материалах «Методические указания и контрольные задания по выполнению контрольной работы по дисциплине «Анализ случайных процессов», СКФ МТУСИ, 2025» (далее – ММ).

Контрольные работы выполняются по ММ одного года издания. Замена издания другим в процессе изучения курса не допускается.

Вариант задания определяется по последней цифре студенческого билета. Например, если номер билета 25237, то вариант будет иметь номер 7.

Приступая к решению задач, следует внимательно изучить примеры решения типовых задач по ММ, а затем переходить к самостоятельному решению заданий контрольной работы.

Решение должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями.

Решение каждой задачи должно доводиться до окончательного ответа.

Не следует приступать к оформлению контрольной работы до решения всех задач своего варианта.

Контрольная работа начинается с титульного листа. Она должна быть аккуратно и четко набрана в текстовом редакторе Word. Страницы должны быть пронумерованы. Необходимо указывать дату выполнения.

Электронная версия контрольной работы в Word или PDF должна быть размещена студентом в его Портфолио на сайте СКФ МТУСИ.

При оформлении контрольной работы задачи располагают в порядке номеров, указанных в заданиях. Перед решением задачи необходимо полностью записать ее условие в соответствии с номером варианта.

В конце контрольной работы указывается использованная литература.

На рецензию одновременно высылается не более одной работы.

Рецензент проверяет работу. Если нет замечаний или замечания не существенные, то рецензент выставляет за контрольную работу оценку «зачтено». Если есть существенные замечания, то выставляется оценка «не допуск», а студент обязан выполнить указания, сделанные рецензентом (внести все исправления и дополнения) и обновленную электронную версию представить на повторную рецензию.

Контрольная работа, выполненная без соблюдения изложенных выше правил или по чужому варианту, не засчитывается.

3. Методические рекомендации для обучающихся по самостоятельной работе

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих курсов (систем), а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и зачету.

Самостоятельная работа во внеаудиторное время включает в себя:

- повторение лекционного материала;
 - подготовки к практическим занятиям;
 - изучения учебной и научной литературы;
 - решения задач, выданных на практических занятиях;
 - подготовки к тестированию;
 - выделение наиболее сложных и проблемных вопросов по изучаемой теме, получение разъяснений и рекомендаций по данным вопросам с преподавателями кафедры на их еженедельных консультациях.
- проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах кафедры задач, тестов.

Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж (консультацию) с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня источников и литературы.

Обычно постановку задачи обучаемым на проведение самостоятельной работы преподаватель осуществляет на одном из занятий, предшествующем данному.

Методику самостоятельной работы все обучаемые выбирают индивидуально.