Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ганеев Винер Валиахметович
Должность: Директор
Дата подписания: 02.11.2026 14:28:19
Уникальный программный ключ:
fceab25d7092f3bff743e8ad3f8d57fddc1f5e66

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

Бирский филиал

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан
подписано ЭЦП Гайсин Ф.Р.
(подпись, инициалы, фамилия)

«26» 02 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО программа бакалавриата
01.03.02 Прикладная математика и информатика
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация)

Математическое моделирование и управление процессами и системами
наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения
очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Бирск 2026 г.

Рабочая программа составлена на основании учебного плана основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика профиль Математическое моделирование и управление процессами и системами, одобренного ученым советом Бирского филиала Уфимского университета науки и технологий (протокол №7 от 27.02.2026 г.) и утвержденного директором Бирского филиала 27.02.2026.

Зав.кафедрой кафедры высшей математики и физики *(наименование кафедры разработчика программы)*	*подписано ЭЦП*	Чудинов В.В.
Разработчик программы	*подписано ЭЦП*	Гайсин Ф.Р.
Руководитель образовательной программы	*подписано ЭЦП*	Бигаева Л.А.

1. Цель дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1. Цель дисциплины

Цель изучения дисциплины: освоение понятийно-терминологического аппарата и методов применяемых для описания реальных процессов и явлений на основе принципов и законов теории вероятностей, теории случайных процессов и систем массового обслуживания, формирование систематизированных знаний в этой области; формирование умений и навыков применения соответствующему процессу вероятностную математическую модель, проверки ее адекватности, проведения численного эксперимента, анализа результатов моделирования и принятия решения на основе полученных результатов.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1. – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной
код компетенции	наименование компетенции	
ПК-1	Способен применять соответствующую процессу математическую модель, проводить численный эксперимент и анализ результата моделирования, оценивать его адекватность процессу	ПК-1.1. Применяет математические модели, соответствующие процессам, методы проведения численного эксперимента, методы анализа результата моделирования и оценки его адекватности процессу
		ПК-1.2. Проводит численный эксперимент, соответствующий процессу
		ПК-1.3. Анализирует результаты моделирования и оценивает его адекватность процессу
ПК-4	Способен осуществлять моделирование управления процессами планирования и организации производства	ПК-4.1. Демонстрирует знания методов моделирования управления процессами планирования и организации производства
		ПК-4.2. Решает задачи по планированию и организации производства
		ПК-4.3. Осуществляет моделирование управления процессами планирования и организации производства

2. Структура и трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 7 зачетные единицы (з.е.), 252 академических часов.

Таблица 2 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов	Количество часов в семестре
Общая трудоемкость дисциплины	252	6 семестр - 72 7 семестр - 180
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	134	6 семестр - 48 7 семестр - 86
в том числе:		
лекции	42	6 семестр - 18 7 семестр - 24
лабораторные занятия	24	6 семестр - 12 7 семестр - 12
практические занятия	68	6 семестр - 18 7 семестр - 50
Другие виды работ в соответствии с УП:		
контрольная работа	0.5	7 семестр - 1
консультации	1	7 семестр - 1
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	118	6 семестр - 24 7 семестр - 94
Из них:		
контроль	34.8	
ФКР:		
зачет	0	
зачет с оценкой	0.2	6 семестр - 1
курсовая работа (проект)	0	
экзамен	1.2	7 семестр - 1

3 Содержание дисциплины

Таблица 3 – Содержание дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности							Форма текущего контроля успеваемости
		Лек, час.	Лаб, час.	П, час.	ДЗ, час.	Эк, час.	КоР, час.	С	
3 курс / 6 семестр									
1	Основы теории случайных процессов								
2	Основные понятия теории случайных процессов Определение случайного процесса. Классификация случайных процессов. Законы распределения и основные характеристики случайных процессов. Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса. Корреляционные функции случайного процесса. Характеристики производной случайного процесса. Характеристики	2		2				2	Тестирование

	интеграла случайного процесса.								
3	Потоки событий Потоки событий, их свойства и классификация. Поток Пальма. Свойства.Потоки Эрланга. Свойства. Предельная теорема для суммарного потока. Предельная теорема для редеющего потока.	2		2				2	Тестирование
4	Марковские процессы								
5	Марковские процессы. Марковские процессы. Граф состояний. Классификация состояний. Вероятности состояний. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Стационарное состояние для цепи Маркова. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова. Стационарный режим. Закон распределения.	4	4	2				4	Тестирование, Решение задач, Лабораторная работа
6	Марковские случайные процессы гибели и размножения Марковские случайные процессы гибели и размножения с непрерывным временем. Граф состояний. Вероятность состояний. Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний. Случайные процесс восстановления. Метод псевдосостояний.	2	4	4				4	Лабораторная работа, Тестирование, Решение задач
7	Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения без ограничения на число состояний и при ограниченном числе состояний.Стохастически зависимые случайные процессы гибели и размножения. Основные понятия и определения. Взаимное влияние	2	4	4				6	Решение задач, Тестирование, Лабораторная работа

	характеристик двух случайных процессов гибели и размножения. Разложения случайных процессов гибели и размножения. Разложения целочисленных случайных процессов.								
8	Динамика изменения математического ожидания, дисперсии и корреляционных функций. Динамика изменения математического ожидания, дисперсии и корреляционных функций отдельных составляющих (однородное разложение случайных процессов гибели и размножения). Метод динамики средних. Динамика изменения математического ожидания, дисперсии и корреляционных функций отдельных составляющих (однородное разложение целочисленных случайных процессов гибели и размножения). Метод динамики моментов.	4		2				2	Решение задач, Тестирование
9	Стационарные случайные процессы Стационарные случайные процессы. Эргодическое свойство стационарного случайного процесса. Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Преобразование стационарного с.п. стационарной линейной динамической системой.	2		2				3	Тестирование, Решение задач
10	Дифференцированный зачет				1			0	
Итого по 3 курсу 6 семестру		18	12	18	1			2	
4 курс / 7 семестр									
1	Основы теории массового обслуживания								
2	Основные понятия и классификация систем массового обслуживания Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания. Основные понятия и классификация систем массового обслуживания. Простейший поток заявок. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди. Одноканальная СМО с неограниченной очередью.	4		10				1	Тестирование

3	Системы массового обслуживания								
4	Системы массового обслуживания с отказами Одноканальная СМО с отказами. Многоканальная СМО с отказами.	6	4	10				1	Решение задач, Тестирование, Лабораторная работа
5	Системы массового обслуживания с ожиданием (очередью) Многоканальная СМО с ограниченной очередью. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди и ограниченным временем ожидания в очереди. n-канальная СМО замкнутого типа с m источниками заявок.	4	4	10				1	Решение задач, Тестирование, Лабораторная работа
6	Системы массового обслуживания с (неограниченным) ожиданием Одноканальная СМО с (неограниченным) ожиданием. Многоканальная СМО с неограничен-ной очередью.	4	4	10				1	Лабораторная работа, Решение задач, Тестирование
7	Сетевые системы массового обслуживания Сетевые системы массового обслуживания (СМО). Параметры и режимы функционирования. Характеристики сетевых СМО.	6		10				1	Тестирование, Решение задач
8	Контрольная работа						1	0	
9	Экзамен					1		3	
Итого по 4 курсу 7 семестру		24	12	50		1	1	9	
Итого по дисциплине		42	24	68	1	1	1	1	

Таблица 4 – Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Объем, час.

Таблица 5 – Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Наименование семинарских и практических работ	Объем, час.

4. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины. Баллы, выставляемые за конкретные виды деятельности представлены ниже.

Контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости

Тестовые задания

Описание тестовых заданий: тестовые задания включают тесты закрытого типа (с одним правильным ответом), тесты на установлении последовательности и на установление соответствия. Оценка за выполнение тестовых заданий выставляется на основании процента заданий, выполненных студентами в процессе прохождения промежуточного и рубежного контроля знаний

Тест по дисциплине «Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания»

Вопрос 1
Теория систем массового обслуживания является одним из направлений
-: информатики
-: физики
-: прикладной математики
-: экономики

Вопрос 2
Случайный процесс по сути можно рассматривать как
-: случайную функцию
-: дискретный или непрерывный
-: пространство состояний
-: функцию случая

Вопрос 3
Пространством состояний называется
-: процесс, имеющий последовательность моментов, состояний
-: случайный процесс с дискретным временем
-: моделирование процессов, происходящих в природе
-: множество всех возможных состояний, которые может принимать процесс

Вопрос 4
Каким может быть множество всех возможных состояний, которые принимает процесс?
-: Прерывным
-: Прерывным и конечным
-: Конечным или счетным
-: Случайным

Вопрос 5
Пространством состояний называется множество всех возможных состояний, которые может принимать процесс. Это множество может быть конечным или счетным, тогда говорят о
-: случайной функции

-: случайном процессе
-: непрерывном случайном процессе
-: дискретном случайном процессе

Вопрос 6
Если множество всех возможных состояний, которые может принимать процесс, является непрерывным, то говорят о
-: дискретном случайном процессе
-: непрерывном случайном процессе
-: случайном процессе
-: случайной функции

Вопрос 7
Если вероятность попадания процесса в какое-либо состояние на следующем шаге зависит только от текущего состояния процесса и не зависит ни от одного из состояний, достигнутых ранее, то случайный процесс называется
-: цепью Маркова
-: процессом с конечным пространством
-: дискретным
-: стационарным

Вопрос 8
Стационарная конечная цепь Маркова полностью определена, если
-: задана матрица переходных вероятностей, начальное состояние процесса и вероятность перехода состояния
-: задано конечное пространство состояний, начальный вектор вероятностей и матрица переходных вероятностей
-: задано начальное состояние процесса, матрица переходных вероятностей и конечное пространство состояний
-: задан начальный вектор вероятностей, матрица переходных вероятностей и начальное состояние процесса

Вопрос 9
Цепь Маркова называется эргодической, если
-: цепь не является циклической
-: задан начальный вектор вероятностей и матрица переходных вероятностей
-: это цепь, в которой каждое состояние может приниматься через определенные периодические интервалы
-: каждое состояние из пространства состояний N может быть достигнуто из любого другого состояния N

Вопрос 10
Эргодические цепи бывают двух видов:
-: начальной и переходной
-: переходной и циклической
-: регулярной и начальной
-: циклической и регулярной

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения тестовых заданий

Описание методики оценивания выполнения тестовых заданий: оценка за выполнение тестовых заданий ставится на основании подсчета процента правильно выполненных тестовых заданий.
Критерии оценки (в баллах*)*:

- **9-10** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 81 – 100 %;
- **7-8** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 61 – 80 %;
- **4-6** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 41 – 60 %;
- **до 4** баллов выставляется студенту, если процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 40 %;

Контрольная работа

ЗАДАНИЕ 1. Найти математическое ожидание $mX(t)$, корреляционную функцию $KX(t1,t2)$, дисперсию $DX(t)$ случайного процесса $X(t)$. U, V − некоррелированные случайные величины.
1.1. $X(t) = t2\ U + V \cos t - \sin t.\ U\ N(3; 2),\ V\ E(0.5)$.
1.2. $X(t) = t\ U - 3e{-}3t\ V + \cos t.\ U\ R(0; 6),\ V\ B(10; 0.5)$.
1.3. $X(t) = et\ U - V \operatorname{ch} t + 3.\ U\ P(0.2),\ V\ R(-2; 2)$.
1.4. $X(t) = U \sin t - V\ t + t5.\ U\ N(1; 2),\ V\ P(2)$.
1.5. $X(t) = t3\ U - V \cos\ t - 2.\ U\ R(-1; 3),\ V\ E(0.4)$.
1.6. $X(t) = 3\ U \operatorname{sh} t - e3tV + \cos t.\ U\ E(0.25),\ V\ R(2; 4)$.
1.7. $X(t) = 3 + U \sin 2t - 4t\ V.\ U\ B(10; 0.3),\ V\ P(3)$.
1.8. $X(t) = U \cos 3t - V \sin t - t.\ U\ R(-3; 1),\ V\ N(-1; 0.5)$.
1.9. $X(t) = t2\ U - V \operatorname{ch} t + t2.\ U\ E(0.1),\ V\ B(20; 0.2)$.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания контрольной работы

Описание методики оценивания: при оценке выполнения студентом контрольной работы максимальное внимание следует уделять следующим аспектам: насколько полно в теоретическом вопросе раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий; верно использованы научные термины; демонстрируются высокий уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владение навыками практической деятельности; кейс-задание решено на высоком уровне, содержит аргументацию и пояснения.
Критерии оценки (в баллах):
- **9-10** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе полно раскрыто содержание материала; четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий; верно использованы научные термины; демонстрируются высокий уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владение навыками практической деятельности; кейс-задание решено на высоком уровне, содержит пояснения; тестовые задания решены свыше, чем на 80%; уровень знаний, умений, владений – высокий;
- **7-8** баллов выставляется студенту, если В теоретическом вопросе раскрыто основное содержание материала; в основном правильно даны определения понятий и использованы научные термины; ответ самостоятельный; определения понятий неполные, допущены незначительные нарушения в последовательности изложения; небольшие недостатки при использовании научных терминов; кейс-задание решено верно, но решение не доведено до завершающего этапа; тесты решены на 60-80%. Уровень знаний, умений, владений – средний;
- **5-6** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе усвоено основное, но непоследовательно; определения понятий недостаточно четкие; не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений, практических занятий; уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владения навыками практической деятельности невысокий, наблюдаются пробелы и неточности; в решение кейс-

задания верно выполнены некоторые этапы; тесты решены на 40-60%; уровень знаний, умений, владений – удовлетворительный;
- **менее 5** баллов выставляется студенту, если в теоретическом вопросе не изложено основное содержание учебного материала, изложение фрагментарное, не последовательное; определения понятий не четкие; не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений, уровень умения оперировать научными категориями, анализировать информацию, владения навыками практической деятельности очень низкий; тесты решены менее, чем на 40 %; уровень знаний, умений, владений – недостаточный.

Решение задач

Решение задач способствует формированию умений и навыков относящихся к конкретной сфере деятельности

Примерные практические задания по курсу ТСП.

ЗАДАНИЕ. Найти математическое ожидание $m_Y(t)$, корреляционную функцию $K_Y(t_1,t_2)$, дисперсию $D_Y(t)$, нормированную корреляционную функцию $\rho_Y(t_1,t_2)$ случайного процесса $Y(t) = X'(t)$, не дифференцируя $X(t)$. Найти взаимную корреляционную функцию $K_{XY}(t_1,t_2)$ и нормированную взаимную корреляционную функцию $\rho_{XY}(t_1,t_2)$. U– случайная величина.

1. $X(t) = t^2 – U\, e^{-3t}$, $U \in N(2;0.7)$.
2. $X(t)= -Ut^2 - sint$, $U \in B(10;0.5)$.
3. $X(t) = U\, t – 4t^2$, $U \in R(3;6)$.
4. $X(t) = U\, t^3 – sint$, $U \in P(4)$.
5. $X(t) = Ucos3t–3$, $U \in P(5)$.
6. $X(t) = -\, U\, e\, -2t – t$, $U \in P(2)$.
7. $X(t) = 3t\, 2 + U\, e^{-2t}$, $U \in E(0.2)$.
8. $X(t) = U\, sint + t$, $U \in N(1;2)$.
9. $X(t) = 5t\, 2 - U\, sint.$ $U \in B(10; 0.1)$.
10. $X(t) = -U\, t^3 – cost$, $U \in R(–1;3)$.
11. $X(t) = U\, t^2 + cht.$ $U \in R(–2;2)$.
12. $X(t) = U\, e\, -3t + cost$, $U \in E(0.25)$.

Примерные практические задания по курсу ОТМО

Задача 1. В одноканальную СМО типа M/M/1 с интенсивностью поступают заявки, интенсивность обслуживания которых равна . Рассчитать характеристики функционирования системы: а) нагрузку и загрузку; б) средние значения времен ожидания и пребывания заявок в системе; в) средние значения длины очереди и числа заявок в системе.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3,5	2,4	1,5	0,8	3	4,5	4	9	20	30
	7	4	2	1	2	5	3	10	15	40

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания решения задач

Описание методики оценивания выполнения решения задачи: уделяется внимание выбранному алгоритму, рациональному способу решения, правильному применению формул, получению верного ответа.

Критерии оценки

5 баллов выставляется студенту, если: составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении, в выборе формул и решении нет ошибок, получен верный ответ, задача решена рациональным способом.

4 баллов выставляется студенту, если: составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок; правильно сделан выбор формул для решения; есть объяснение решения, но задача решена нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ.
3 баллов выставляется студенту, если: задача понята правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущены существенные ошибки в выборе формул или в математических расчетах; задача решена не полностью или в общем виде.
1 баллов выставляется студенту, если: задача решена неправильно.
0 баллов выставляется студенту, если: задача не решена.

Лабораторная работа

Лабораторный практикум
Методические рекомендации к лабораторным занятиям
Распределение вариантов заданий лабораторного практикума
Распределение вариантов заданий лабораторного практикума
Лабораторная работа № 1
Методические рекомендации к лабораторной работе
Индивидуальные задания
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 2
Методические рекомендации к лабораторной работе
Индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 3
Методические рекомендации к лабораторной работе
Индивидуальные задания
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 4
Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 5
Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 6
Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 7
Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 8
Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 9
Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе
Лабораторная работа № 10

Методические рекомендации к лабораторной работе
Варианты индивидуальных заданий
Дополнительные задания к лабораторной работе

Лабораторная работа № 1

Тема: Моделирование систем с одним прибором и очередью

Цель работы: освоение принципов моделирования процессов функционирования систем, получение и закрепление навыков построения имитационных моделей.

Методические рекомендации к лабораторной работе

Ознакомьтесь с системами массового обслуживания и их характеристиками. Изучите основы дискретно-событийного моделирования СМО. Проверьте моделирование одноканальных СМО, ознакомьтесь с основными характеристиками работы одноканальной СМО. Освойте среду моделирования GPSS/W. Изучите принципы построения имитационных программ. Ознакомьтесь с правилами записи программы. Ознакомьтесь с объектами и типами операторов GPSS/W. Изучите операторы GPSS/W (прил. 6): GENERATE – внесение транзактов в модель; TERMINATE – удаление транзактов из модели; SEIZE и RELEASE – элементы, отображающие одноканальные устройства; ADVANCE – реализация задержки во времени; QUEUE и DEPART – сбор статистики при ожидании. Ознакомьтесь со стандартной статистикой по очередям.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения лабораторных работ

Описание методики оценивания выполнения лабораторной работы: оценка (баллы) за выполнение лабораторной работы ставится на основе оценивания трудоемкости выполняемых действий, оценки достижения поставленной цели и правильности выполнения отдельных пунктов (шагов) лабораторной работы. Оцениваемые пункты (шаги, виды деятельности) при выполнении лабораторной работы определяются в соответствии с формой отчета по лабораторной работе. Оценка (баллы) за лабораторную работу складыевается как сумма оценок (баллов) по каждому виду деятельности.

Суммарная оценка (балл) выполнения лабораторных работ складывается из суммы оценок (баллов) по каждой лабораторной работе.

Форма отчёта:

1. Постановка задач. Краткая теория (метод решения). Геометрическая интерпретация.
2. Алгоритм решения поставленной задачи. (Блок-схема).
3. Текст программы.
4. Тестовый пример.
5. Численный расчёт по данным исходной задачи с оценкой погрешности результата. Протокол работы программы.
6. Анализ полученного результата.

Пояснения к отдельным пунктам отчета.

Постановка задачи включает краткую математическую формулировку задачи с пояснением отдельных моментов, а также необходимые графики и/или рисунки. Должны быть приведены основные моменты применяемых методов.

Алгоритм решения задачи может быть оформлен или в виде блок-схемы, или в словесной форме. Допускается описание алгоритма осмысленными частями (блоками).

Текст программы численного решения задачи должен быть написан на предлагаемом языке программирования, который может быть изменен по согласованию с преподавателем данного курса (например, это может быть команды или операции пакета прикладных программ).

Под тестовым примером или тестом понимается задача (аналогичная по постановке искомой задаче) у которой известно точное решение, что позволяет сравнить численные результаты (приближенное и точное решения) и оценить допускаемую погрешность. По результатам тестирования должен быть сделан вывод.

Протокол работы программы должен включать результаты как по тестовому примеру, так и численного расчета искомой задачи. Результаты численных расчетов должны быть оформлены по

всем правилам записи приближенных чисел, т.е. запись приближенного решения только с верными значащими цифрами и допускаемой погрешностью.
Анализ численных результатов должен дать ответ на вопрос, соответствуют ли полученные результаты искомому решению поставленной задачи и почему.
Например. Общая трудоемкость лабораторной работы оценивается в **15** баллов, которая складывается из оценок по видам деятельности

1. Постановка задач. Краткая теория (метод решения). Геометрическая интерпретация. (**3** балла)
2. Алгоритм решения поставленной задачи. (Блок-схема). (**2** балла)
3. Текст программы. (**2** балла)
4. Тестовый пример. (**3** балла)
5. Численный расчёт по данным исходной задачи с оценкой погрешности результата. Протокол работы программы. (**3** балла)
6. Анализ полученного результата. (**2** балла)

Если лабораторных работ всего пять с оценками: 15, 12, 12, 10, 11, то всего баллов по лабораторным работам составляет: 60.

Дифференцированный зачет

Примерные вопросы к дифзачету, 3 курс / 6 семестр

1. Определение случайного процесса. Классификация случайных процессов. Примеры.
2. Законы распределения и основные характеристики случайных процессов.
3. Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса
4. Корреляционные функции случайного процесса
5. Характеристики производной случайного процесса
6. Характеристики интеграла случайного процесса
7. Потоки событий, их свойства и классификация.
8. Поток Пальма. Свойства.
9. Потоки Эрланга. Свойства.
10. Предельная теорема для суммарного потока.
11. Предельная теорема для редеющего потока.
12. Марковские процессы. Граф состояний. Классификация состояний. Вероятности состояний.
13. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем.
14. Стационарное состояние для цепи Маркова.
15. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем.
16. Уравнения Колмогорова. Пример.
17. Однородные марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем.
18. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Стационарный режим.
19. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Закон распределения.
20. Марковские случайные процессы гибели и размножения с непрерывным временем. Граф состояний. Вероятность состояний.
21. Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний.
22. Случайные процесс восстановления. Метод псевдосостояний.
23. Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения без ограничения на число состояний.
24. Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения при ограниченном числе состояний.

25. Стохастически зависимые случайные процессы гибели и размножения. Основные понятия и определения.
26. Взаимное влияние характеристик двух случайных процессов гибели и размножения.
27. Разложения случайных процессов гибели и размножения.
28. Разложения целочисленных случайных процессов
29. Динамика изменения математического ожидания, дисперсии и корреляционных функций отдельных составляющих (однородное разложение случайных процессов гибели и размножения). Метод динамики средних.
30. Динамика изменения математического ожидания, дисперсии и корреляционных функций отдельных составляющих (однородное разложение целочисленных случайных процессов гибели и размножения). Метод динамики моментов.
31. Стационарные случайные процессы.
32. Эргодическое свойство стационарного случайного процесса.
33. Спектральное разложение стационарного случайного процесса.
34. Преобразование стационарного с.п. стационарной линейной динамической системой.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения практических работ

Оценка вида деятельности в форме дифференцированного зачета, складывается из оценок (баллов) выполнения практических заданий, лабораторных работ, контрольных работ, тестирования, вопросов к зачету.
Если студент в результате своей учебной деятельности набрал **P** баллов из максимально возможных **S** баллов по данной дисциплине, то нормированный балл студента **N** определяется из выражения **N=P*S0/S**, где **S0** определяемой вузом верхняя планка баллов в рейтинговой системе, **S0=110**.
Оценка «**отлично**» (свыше 80 баллов) выставляется в случае, если

- студент свободно владеет терминологией;
- хорошо ориентируется в теоретических вопросах курса;
- свободно применяет на практике теоретические положения;
- самостоятельно разработал и реализовал алгоритмы решения задач поставленных в в рамках практических и лабораторных заданий.

Оценка «**хорошо**» (от 60 до 80 баллов) выставляется в случае, если

- студент владеет основным теоретическим материалом, терминологией;
- разработал и реализовал алгоритмы решения задач поставленных в рамках практических и лабораторных заданий.

Оценка «**удовлетворительно**» (от 45 до 59 баллов) выставляется в случае, если

- студент ориентируется в основных базовых понятиях;
- в основном справился с решением задач поставленных в рамках практических и лабораторных заданий.

Оценка “**неудовлетворительно**” (менее 45 баллов) выставляется студенту, который не знает значительной части материала по программе, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Например. Студент по все видам деятельности набрал **P=70** баллов при максимально возможном **S=120** (складывается из оценок видов деятельности: например, лабораторных работ, контрольной работы, тестирования), тогда значение нормированного балла студента будет равна **N=70*80/120=64**. Следовательно, оценка «**хорошо**».

Экзаменационные билеты

Экзамен (зачет) является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций. Структура экзаменационного билета: в билете указывается кафедра в рамках нагрузки которой реализуется данная дисциплина, форма обучения, направление и профиль подготовки, дата утверждения; билет может включать в себя теоретический(ие) вопрос(ы) и практическое задание (кейс-задание).

Примерные вопросы к экзамену, 4 курс / 7 семестр

1. Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания (ТМО).
2. Система массового обслуживания (СМО). Основные понятия. Виды СМО.
3. Качественные характеристики эффективности функционирования СМО.
4. Структура и классификация СМО.
5. Поток заявок. Основные понятия. Свойства. Обслуживание заявок.
6. Управление потоком заявок. Дисциплины буферизации.
7. Управление потоком заявок. Дисциплина обслуживания заявок.
8. Классификация моделей СМО.
9. Классификация сетевых моделей СМО.
10. Параметры СМО. Символика Кендалла.
11. Режимы функционирования СМО.
12. Характеристики СМО с однородным потоком заявок.
13. Характеристики СМО с неоднородным потоком заявок.
14. Сетевые СМО. Параметры и режимы функционирования.
15. Сетевые СМО. Характеристики Сетевые СМО.
16. Понятие случайного процесса. Случайные процессы с дискретными состояниями.
17. Понятие марковского случайного процесса (на примере СМО).
18. Параметры и характеристики марковского случайного процесса.
19. Марковские цепи с конечным числом состояний и дискретным временем.
20. Марковские цепи с конечным числом состояний и непрерывным временем.
21. Уравнения Колмогорова. Предельные вероятности состояний.
22. Процессы рождения и гибели.
23. Одноканальная СМО с отказами.
24. Многоканальная СМО с отказами.
25. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди.
26. Одноканальная СМО с неограниченной очередью.
27. Многоканальная СМО с ограниченной очередью.
28. Многоканальная СМО с неограниченной очередью.
29. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди и ограниченным временем ожидания в очереди.
30. n-канальная СМО замкнутого типа с m источниками заявок.
31. Многоканальная СМО с отказами и с взаимопомощью между каналами типа «все как один».
32. Многоканальная СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
33. Многоканальная СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
34. Многоканальная СМО с ожиданием и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
35. Моделирование СМО. Имитационная модель СМО.
36. Основные положения и принципы имитационной модели СМО.
37. Генерирование случайных чисел. Генерирование случайных чисел, распределенных по экспоненциальному закону распределения.
38. Генерирование случайных чисел. Генерирование случайных чисел, распределенных по нормальному закону распределения.

Образец экзаменационного билета

<table>
<tr><td colspan="2">МИНОБРНАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
БИРСКИЙ ФИЛИАЛ УУНиТ
Кафедра высшей математики и физики</td></tr>
<tr><td>Дисциплина: Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания
очная форма обучения
4 курс 7 семестр</td><td>Курсовые экзамены 20__-20__ г.
Направление 01.03.02 Прикладная математика и информатика
Профиль: Математическое моделирование и управление процессами и системами</td></tr>
<tr><td colspan="2">Экзаменационный билет № 1
1. Система массового обслуживания (СМО). Основные понятия. Виды СМО.
2. Уравнения Колмогорова. Предельные вероятности состояний.
3. Задача</td></tr>
<tr><td>Дата утверждения: __.__._____</td><td>Заведующий кафедрой
_____</td></tr>
</table>

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания ответов на экзамене

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Если студент в результате своей учебной деятельности набрал **P** баллов из максимально возможных **S** баллов по данной дисциплине, то нормированный балл студента **N** определяется из выражения **N=P*S0/S**, где **S0** определяемой вузом верхняя планка баллов в рейтинговой системе, **S0=80**.

При оценке ответа на экзамене максимальное внимание должно уделяться тому, насколько полно раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий, верно ли использованы научные термины, насколько ответ самостоятельный, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли раскрыты причинно-следственные связи, насколько высокий уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками практической деятельности.

Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;
- **10-16** баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются

принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;
- 1-10 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.
Итоговое количество баллов студента определяется из суммы нормированного балла за практическую часть (максимальное количество баллов 80) и баллов полученных на экзамене (максимальное количество баллов 30)

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:
- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме:

6 семестр - дифзачет, 7 семестр - экзамен.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах.

Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов.

Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине при использовании модульно-рейтинговой системы

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины:

для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

Рейтинг-план дисциплины

Таблица перевода баллов текущего контроля в баллы рейтинга

	5	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1
2		5	4	3	2	2	2	2	2	1
3			5	4	3	3	3	2	2	2
4				5	4	4	3	3	3	2
5					5	5	4	4	3	3
6						5	5	4	4	3
7							5	5	4	4
8								5	5	4
9									5	5
10										5

Рейтинг-план дисциплины представлен в Приложении 1.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1. Основная учебная литература

1. Булинский, А.В. Теория случайных процессов / А.В. Булинский, А.Н. Ширяев. - Москва : Физматлит, 2005. - 403 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68121
2. Миллер, Б.М. Теория случайных процессов в примерах и задачах / Б.М. Миллер, А.Р. Панков. - Москва : Физматлит, 2007. - 318 с. [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76563
3. Шоренко, И.Н. Основы теории массового обслуживания : учебно-методическое пособие / И.Н. Шоренко ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Кафедра высшей математики. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2018. - 53 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495120.

5.2. Дополнительная учебная литература

1. Кельберт, М.Я. Вероятность и статистика в примерах и задачах / М.Я. Кельберт, Ю.М. Сухов ; пер. Л. Сахно. - Москва : МЦНМО, 2010. - Т. 2. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов. - 560 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63156
2. Гихман, И.И. Теория случайных процессов / И.И. Гихман, А.В. Скороход ; ред. М.П. Ершов. - Москва : Наука, 1973г - 664 с. - (Теория вероятностей и математическая статистика).http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=446145
3. Кравченко, П.П. Моделирование вычислительных систем обработки запросов на языке GPSS WORLD: учебное пособие по курсу "Архитектура вычислительных систем" / П.П. Кравченко, Е.В. Стулин, Н.Ш. Хусаинов ; Министерство образования и науки РФ, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. - Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2016. - 84 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493201

5.3. Другие учебно-методические материалы

Перечень рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», находящихся в свободном доступе

1. http://nehudlit.ru/books/subcat263.html
2. http://www.techlibrary.ru/

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/.
2. Электронная библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/.
3. Университетская библиотека онлайн biblioclub.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/.
4. Электронная библиотека УУНиТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elib.bashedu.ru/.
5. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rsl.ru/.
6. Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--90ax2c.xn--p1ai/viewers/.
7. Национальная платформа открытого образования npoed.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://npoed.ru/.
8. Электронное образование Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://edu.bashkortostan.ru/.
9. Информационно-правовой портал Гарант.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.garant.ru/.

Программное обеспечение

1. Браузер Google Chrome - Бесплатная лицензия https://www.google.com/intl/ru_ALL/chrome/privacy/eula_text.html
2. LIBREOFFICE - Договор №0301400003023000002 от 14.03.2023 (бессрочный)
3. Математический пакет Maxima - Бесплатная лицензия http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html
4. Pascalabc, PascalABC.NET - Бесплатная лицензия https://pascal-abc.ru, http://pascalabc.net
5. Операционная система Astra Linux - Договор 0301400003023000002 от 14 марта 2023 бессрочно

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория 231(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Доска, коммутатор, компьютер, мебель. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Браузер Google Chrome 3. Pascalabc, PascalABC.NET
Аудитория 301 Читальный зал (электронный каталог)(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютер, мебель, сканер hp scanyet g2410. Программное обеспечение 1. Браузер Google Chrome 2. LIBREOFFICE
Аудитория 307(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации, Для практических занятий	Мебель, нетбук, экран. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Операционная система Astra Linux 3. Браузер Google Chrome
Аудитория 415(ФМ)	Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Компьютер, мебель, учебно-методическая литература. Программное обеспечение 1. Математический пакет Maxima 2. Браузер Google Chrome 3. Pascalabc, PascalABC.NET 4. Операционная система Astra Linux
Аудитория 420(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютер, мебель, нетбук, сканер mustek, учебно-методические пособия. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Операционная система Astra Linux 3. Браузер Google Chrome