

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИСКРЕТНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
Кафедра прикладной математики факультета математики и
компьютерных наук

Образовательная программа

01.04.02-Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки

Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
магистратура

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: *Базовый*

Махачкала, 2017

Рабочая программа по дисциплине «*Дискретные математические модели*» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 – Прикладная математика и информатика (уровень магистратура) от «28» 08 2015 г. №911

Разработчики: кафедра прикладной математики Лугуева А.С.. - к.ф.-м. н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры прикладной математики от «7» марта 2017г., протокол №7. Зав. кафедрой Кадиев Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук от «10» марта 2017г., протокол №4.

/ Председатель Меджидов Меджидов З.Г.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «17» 03 2017г. Аббасов

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Дискретные и математические модели» входит в *базовую* часть образовательной программы *магистратуры* по направлению 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой прикладной математики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием методологии научных исследований, сущность которой состоит в замене исходного объекта - информационно-телекоммуникационной системы – его математической моделью и ее анализе на базе современного аппарата дискретного моделирования с использованием теории случайных процессов восстановления, теории марковских процессов с дискретным множеством состояний, теории систем и сетей массового обслуживания.

При изучении курса «Дискретные и математические модели» студенты должны иметь теоретическую подготовку по информатике и основным разделам математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления. Студенты также должны обладать начальными практическими навыками работы на компьютере.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных – ОК-1, профессиональных – ПК-1, ПК-2, ПК-7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия и самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

| Семес тр | Учебные занятия | | | | | | СРС, в том числе экза мен | Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен |
|-------------|--|--------------------------|-----------------------------|-----|------------------|--|---------------------------------------|--|
| | в том числе | | | | | | | |
| | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | |
| | Всег о | из них | | | | | | |
| Лекц ии | | Лабораторн ые занятия | Практиче ские занятия | КСР | консульта ции | | | |
| А | 36 | 6 | 16 | | | | 14 | зачет |
| В | 72 | 4 | 12 | | | | 56 | зачет |
| АВ | 108 | 10 | 28 | | | | 70 | |

1. Цели освоения дисциплины

Основной целью дисциплины «Дискретные и математические модели» является введение в историю и в проблематику основы новой методологии научных исследований, сущность которой состоит в замене исходного объекта - информационно-телекоммуникационной системы – его математической моделью и ее анализе на базе современного аппарата дискретного моделирования с использованием теории случайных процессов восстановления, теории марковских процессов с дискретным множеством состояний, теории систем и сетей массового обслуживания. Задачей дисциплины является формирование у студентов понимания проблематики математического моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Дискретные и математические модели» входит в базовую часть профессионального цикла образовательной программы *магистратуры* по направлению (специальности) 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Курс «Дискретные и математические модели» вводится после изучения дисциплин алгебра, информатика, математический анализ, дифференциальные уравнения, так как для успешного усвоения этого курса студентам необходимы знания по указанным дисциплинам.

Основной целью дисциплины «Дискретные и математические модели» является введение учащихся в историю и в проблематику основы новой методологии научных исследований, сущность которой состоит в замене исходного объекта - информационно-телекоммуникационной системы – его математической моделью и ее анализе на базе современного аппарата дискретного моделирования с использованием теории случайных процессов восстановления, теории марковских процессов с дискретным множеством состояний, теории систем и сетей массового обслуживания.

Задачей дисциплины является формирование у студентов понимания проблематики математического моделирования.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

| | | |
|-------|--|---|
| ОК -1 | Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу. | Знать: основные формулы исчисления вероятностей, предельные теоремы ТВ, основы математической статистики, сбора, обработки и анализа |
|-------|--|---|

| | | |
|------|---|---|
| | | <p>статистических данных.</p> <p>Уметь: на основе применения аппарата математической статистики принимать нужные решения. Строить модели различных прикладных задач и перекладывать их на ЭВМ.</p> <p>Владеть: навыками дискуссии по профессиональной тематике</p> |
| ПК-1 | Способность проводить научные исследования и получать новые прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива. | <p>Знать: - современные тенденции развития научных и прикладных достижений и их использование в прикладном исследовании;</p> <p>- подходы использования современных методов для решения научных и практических задач.</p> <p>Уметь: - использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач; - использовать знание иностранного языка в профессиональной деятельности, профессиональной коммуникации и межличностном общении;</p> <p>- использовать современные методы для исследования и решения научных и практических задач - применять методы прикладной математики и информатики</p> <p>Владеть: навыками поиска информации, методами сбора информации и навыками применения набора стандартных методов обработки данных.</p> |
| ПК-2 | Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат. | <p>Знать: проблемы реализации вычислительного эксперимента, основы математического моделирования прикладных задач</p> <p>Уметь: строить оптимальные алгоритмы решения возникающих задач; ясно излагать свои результаты перед научным коллективом.</p> <p>Владеть: практическим умением анализировать полученные результаты.</p> |
| ПК-7 | Способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов. | <p>Знать: основы методов оптимизации и теории игр, методы статистического моделирования</p> <p>Уметь: строить математические модели различных прикладных задач; программировать их для ЭВМ, проводить численное моделирование и</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | по результатам этого находить новые закономерности и, если нужно, менять прежние модели. Владеть: пакетами для обработки и анализа экспериментальных данных |
|--|--|---|

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| № | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|------------------------------------|---|---------|-----------------|--|--------|----------|--------------|---------|---|
| | | | | Лекции | Лабор. | Сам. раб | Подг. к экз. | Общ. тр | |
| Модуль 1. Одноканальная СМО | | | | | | | | | |
| 1 | Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания. | А | 1-4 | 2 | 4 | 2 | | 8 | Формы текущего контроля: устные опросы, реферат, выполнение лабораторной работы |
| 2 | Уравнения Колмогорова. Процессы «рождения – гибели». Одноканальная СМО. | А | 5-9 | 2 | 4 | 4 | | 10 | |
| 3 | Модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании. | А | 10-13 | 2 | 4 | 4 | | 10 | |

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|-------|---|----|----|--|----|--|
| | | | | | | | | | |
| 4 | Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди | А | 14-16 | | 4 | 4 | | 8 | |
| | Итого по 1 модулю | | | 6 | 16 | 14 | | 36 | зачет |
| Модуль 2. Многоканальная СМО | | | | | | | | | |
| 5. | Многоканальная СМО с отказами в обслуживании. Модель многофазной системы обслуживания. | В | 1-3 | 2 | 2 | 10 | | 14 | Формы текущего контроля: устные опросы, реферат, доклады --- |
| 6. | Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди. | В | 4-6 | | 2 | 8 | | 10 | |
| 7. | Многоканальная СМО с неограниченной очередью | В | 7-9 | | 2 | 8 | | 10 | |
| | Итого по 2 модулю | | | 2 | 6 | 26 | | 34 | |
| Модуль 3 Имитационное моделирование СМО | | | | | | | | | |
| 8. | Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы | В | 10-12 | 2 | 2 | 10 | | 8 | Формы текущего контроля: устные опросы, реферат, доклады |
| 9. | Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования | В | 15-16 | | 2 | 10 | | 8 | |

| | | | | | | | | | |
|-----|--|---|-------|----|----|----|--|-----|-------|
| | | | | | | | | | |
| 10. | Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования. | В | 17-18 | | 2 | 10 | | 6 | |
| | Итого по 3 модулю | | | 2 | 6 | 30 | | 38 | |
| | ИТОГО: | | | 10 | 28 | 70 | | 108 | зачет |

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Одноканальная СМО.

Тема 1. Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания.

Природа массового обслуживания, в различных сферах, весьма тонка и сложна. Коммерческая деятельность связана с выполнением множества операций на этапах движения, например товарной массы из сферы производства в сферу потребления. Такими операциями являются погрузка товаров, перевозка, разгрузка, хранение, обработка, фасовка, реализация. Кроме таких основных операций процесс движения товаров сопровождается большим количеством предварительных, подготовительных, сопутствующих, параллельных и последующих операций с платежными документами, тарой, деньгами, автомашинами, клиентами и т.п.

Для перечисленных фрагментов коммерческой деятельности характерны массовость поступления товаров, денег, посетителей в случайные моменты времени, затем их последовательное обслуживание (удовлетворение требований, запросов, заявок) путем выполнения соответствующих операций, время выполнения которых носит также случайный характер. Все это создает неравномерность в работе, порождает недогрузки, простой и перегрузки в коммерческих операциях. Много неприятностей доставляют очереди, например, посетителей в кафе, столовых, ресторанах, или водителей автомобилей на товарных базах, ожидающих разгрузки, погрузки или оформления документов. В связи с этим возникают задачи анализа существующих вариантов выполнения всей совокупности операций, например, торгового зала супермаркета, ресторана или в цехах производства собственной продукции для целей оценки их работы, выявления слабых звеньев и резервов

для разработки в конечном итоге рекомендаций, направленных на увеличение эффективности коммерческой деятельности.

Переходы СМО из одного состояния в другое происходят под воздействием вполне определенных событий - поступления заявок и их обслуживания. Последовательность появления событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени, формирует так называемый поток событий. Примерами таких потоков в коммерческой деятельности являются потоки различной природы — товаров, денег, документов, транспорта, клиентов, покупателей, телефонных звонков, переговоров. Поведение системы обычно определяется не одним, а сразу несколькими потоками событий. Например, обслуживание покупателей в магазине определяется потоком покупателей и потоком обслуживания; в этих потоках случайными являются моменты появления покупателей, время ожидания в очереди и время, затрачиваемое на обслуживание каждого покупателя.

При этом основной характерной чертой потоков является вероятностное распределение времени между соседними событиями. Существуют различные потоки, которые отличаются своими характеристиками.

Поток событий называется регулярным, если в нем события следуют одно за другим через заранее заданные и строго определенные промежутки времени. Такой поток является идеальным и очень редко встречается на практике. Чаще встречаются нерегулярные потоки, не обладающие свойством регулярности.

Тема 2. Уравнения Колмогорова. Процессы «рождения – гибели». Одноканальная СМО.

Рассмотрим математическое описание марковского случайного процесса с дискретными состояниями системы S_0, S_1, S_2 (см. рис. 6.2.1) и непрерывным временем. Полагаем, что все переходы системы массового обслуживания из состояния S_i в состояние S_j происходят под воздействием простейших потоков событий с интенсивностями λ_{ij} , а обратный переход под воздействием другого потока λ_{ji} . Введем обозначение p_i как вероятность того, что в момент времени t система находится в состоянии S_i . Для любого момента времени t справедливо записать нормировочное условие—сумма вероятностей всех состояний равна 1:

$$\sum_{i=0}^2 p_i(t) = p_0(t) + p_1(t) + p_2(t) = 1$$

Проведем анализ системы в момент времени t , задав малое приращение времени Δt , и найдем вероятность $p_1(t + \Delta t)$ того, что система в момент времени $(t + \Delta t)$ будет находиться в состоянии S_1 которое достигается разными вариантами:

а) система в момент t с вероятностью $p_1(t)$ находилась в состоянии S_1 и за малое приращение времени Δt так и не перешла в другое соседнее состояние — ни в S_0 , ни в S_2 . Вывести систему из состояния S_1 можно суммарным

простейшим потоком с интенсивностью $(\lambda_{10} + \lambda_{12})$, поскольку суперпозиция простейших потоков также является простейшим потоком. На этом основании вероятность выхода из состояния S_1 за малый промежуток времени Δt приближенно равна $(\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t$. Тогда вероятность невыхода из этого состояния равна $[1 - (\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t]$. В соответствии с этим вероятность того, что система останется в состоянии S_i на основании теоремы умножения вероятностей, равна:

$$p_1(t) [1 - (\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t];$$

б) система находилась в соседнем состоянии S_0 и за малое время Δt перешла в состояние S_1 . Переход системы происходит под воздействием потока λ_{01} с вероятностью, приближенно равной $\lambda_{01} \Delta t$

Вероятность того, что система будет находиться в состоянии S_1 , в этом варианте равна $p_0(t) \lambda_{01} \Delta t$;

в) система находилась в состоянии S_2 и за время Δt перешла в состояние S_1 под воздействием потока интенсивностью λ_{21} с вероятностью, приближенно равной $\lambda_{21} \Delta t$. Вероятность того, что система будет находиться в состоянии S_1 , равна $p_2(t) \lambda_{21} \Delta t$.

Применяя теорему сложения вероятностей для этих вариантов, получим выражение:

$$p_2(t+\Delta t) = p_1(t) [1 - (\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t] + p_0(t) \lambda_{01} \Delta t + p_2(t) \lambda_{21} \Delta t,$$

которое можно записать иначе:

$$p_2(t+\Delta t) - p_1(t) / \Delta t = p_0(t) \lambda_{01} + p_2(t) \lambda_{21} - p_1(t) (\lambda_{10} + \lambda_{12}).$$

Переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, приближенные равенства перейдут в точные, и тогда получим производную первого порядка

$$dp_2/dt = p_0 \lambda_{01} + p_2 \lambda_{21} - p_1 (\lambda_{10} + \lambda_{12}),$$

что является дифференциальным уравнением.

Проводя рассуждения аналогичным образом для всех других состояний системы, получим систему дифференциальных уравнений, которые называются уравнениями А.Н. Колмогорова:

$$dp_0/dt = p_1 \lambda_{10},$$

$$dp_1/dt = p_0 \lambda_{01} + p_2 \lambda_{21} - p_1 (\lambda_{10} + \lambda_{12}),$$

$$dp_2/dt = p_1 \lambda_{12} + p_2 \lambda_{21}.$$

Для Марковского процесса «рождения - гибели», описанного стохастическим графом, приведенным на рис. 2.1, найдем финальное распределение. Пользуясь правилами составления уравнений для конечного числа n предельных вероятностей состояния системы $S_1, S_2, S_3, \dots, S_k, \dots, S_n$, составим соответствующие уравнения для каждого состояния:

$$\text{для состояния } S_0 - \lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1;$$

для состояния $S_1 - (\lambda_1 + \mu_0) p_1 = \lambda_0 p_0 + \mu_1 p_2$, которое с учетом предыдущего уравнения для состояния S_0 можно преобразовать к виду $\lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2$.

Аналогично можно составить уравнения для остальных состояний системы $S_2, S_3, \dots, S_k, \dots, S_n$. В результате получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1 \\ \lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2 \\ \dots \\ \lambda_{k-1} p_{k-1} = \mu_k p_k \\ \dots \\ \lambda_{n-1} p_{n-1} = \mu_n p_n \\ p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_k + \dots + p_n = 1 \end{cases}$$

Решая эту систему уравнений, можно получить выражения, определяющие финальные состояния системы массового обслуживания:

$$p_0 = \left(1 + \frac{\lambda_0}{\mu_0} + \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2}{\mu_0 \mu_1 \mu_2} + \dots + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_n}{\mu_0 \mu_1 \dots \mu_n} \right)^{-1};$$

$$p_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_0} p_0, \quad p_2 = \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} p_0, \quad p_3 = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2}{\mu_0 \mu_1 \mu_2} p_0, \quad p_n = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n}{\mu_0 \mu_1 \mu_2 \dots \mu_n};$$

Следует заметить, что в формулы определения финальных вероятностей состояний $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, входят слагаемые, являющиеся составной частью суммы выражения, определяющей p_0 . В числителях этих слагаемых находятся произведения всех интенсивностей, стоящих у стрелок графа состояний, ведущих слева на право до рассматриваемого состояния S_k , а знаменатели представляют собой произведения всех интенсивностей, стоящих у стрелок, ведущих справа на лево до рассматриваемого состояния S_k , т.е. $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_k$. В связи с этим запишем эти модели в более компактном виде:

$$p_0 = \left(\sum_{k=1}^n \frac{\prod_{i=0}^{k-1} \lambda_j}{\prod_{m=1}^k \mu_m} \right)^{-1}, \quad p_k = \frac{\prod_{i=0}^{k-1} \lambda_j}{\prod_{m=1}^k \mu_m}, \quad k=1, n$$

Модуль 2. Многоканальная СМО.

Тема 1. Многоканальная СМО.

В коммерческой деятельности примерами многоканальных СМО являются офисы коммерческих предприятий с несколькими телефонными каналами, бесплатная справочная служба по наличию в авто магазинах самых дешевых автомобилей в Москве имеет 7 телефонных номеров, а дозвониться и получить справку, как известно, очень трудно.

Следовательно, авто магазины теряют клиентов, возможность увеличить количество проданных автомобилей и выручку от продаж, товарооборот, прибыль.

Туристические фирмы по продаже путевок имеют два, три, четыре и более каналов, как, например, фирма Express-Line.

Поток обслуживания в каждом канале имеет интенсивность μ . По числу заявок СМО определяются ее состояния S_k , представленные в виде размеченного графа:

- S_0 – все каналы свободны $k=0$,
- S_1 – занят только один канал, $k=1$,
- S_2 – заняты только два канала, $k=2$,
- S_k – заняты k каналов,
- S_n – заняты все n каналов, $k=n$.

Состояния многоканальной СМО меняются скачкообразно в случайные моменты времени. Переход из одного состояния, например S_0 в S_1 , происходит под воздействием входного потока заявок с интенсивностью λ , а обратно – под воздействием потока обслуживания заявок с интенсивностью μ . Для перехода системы из состояния S_k в S_{k-1} безразлично, какой именно из каналов освободиться, поэтому поток событий, переводящий СМО, имеет интенсивность $k\mu$, следовательно, поток событий, переводящий систему из S_n в S_{n-1} , имеет интенсивность $n\mu$. Так формулируется классическая задача Эрланга, названная по имени датского инженера – математика- основателя теории массового обслуживания.

Случайный процесс, протекающий в СМО, представляет собой частный случай процесса «рождения- гибели» и описывается системой дифференциальных уравнений Эрланга, которые позволяют получить выражения для предельных вероятностей состояния рассматриваемой системы, называемые формулами Эрланга:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \right]^{-1}, \quad P_k = \frac{\rho^k}{k!} * P_0; \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Модуль 3. Имитационное моделирование СМО.

Тема 1. Основные понятия имитационного моделирования. Основная цель имитационного моделирования заключается в воспроизведении поведения изучаемой системы на основе анализа наиболее существенных взаимосвязей ее элементов.

Компьютерное имитационное моделирование следует рассматривать как статический эксперимент.

Из теории функций случайных величин известно, что для моделирования случайной величины $\xi(\omega)$ с любой непрерывной и монотонно возрастающей функцией распределения $F_\xi(x)$ достаточно уметь моделировать случайную величину $\eta(\omega)$, равномерно распределенную на отрезке $[0;1]$. Получив

реализацию y_k случайной величины $\eta(\omega)$, можно найти соответствующую ей реализацию x_k случайной величины $\xi(\omega)$, так как они связаны равенством

$$x_k = F_{\xi}^{-1}(y_k)$$

Предположим, что в некоторой системе массового обслуживания время обслуживания одной заявки распределено по экспоненциальному закону с параметром μ , где μ - интенсивность потока обслуживания. Тогда функция распределения $G(t)$ времени обслуживания имеет вид

$$G(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\mu t}, & t > 0; \\ 0, & t \leq 0. \end{cases}$$

Пусть $y_k \in [0;1]$ - реализация случайной величины $\eta(\omega)$, равномерно распределенной на отрезке $[0;1]$, а t_k - соответствующая ей реализация случайного времени обслуживания одной заявки. Тогда, согласно (1.6.1),

$$t_k = G^{-1}(y_k) = -\frac{1}{\mu} \ln(1 - y_k)$$

Тема 2. Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Рассмотрим четырехканальную систему массового обслуживания ($n = 3$) с максимальной длиной очереди равной четырем ($m = 2$). В СМО поступает простейший поток заявок со средней интенсивностью $\lambda = 4$ и показательным законом распределения времени между поступлением заявок. Поток обслуживаемых в системе заявок является простейшим со средней интенсивностью $\mu = 1$ и показательным законом распределения временем обслуживания.

Для имитации СМО воспользуемся одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием. Будем использовать пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени, шаг между которыми является достаточно малым, чтобы за его время произошло не более одного события.

Выберем шаг по времени (dt). Он должен быть много меньше среднего времени поступления заявки (T_1) и среднего времени ее обслуживания (T_2), т.е.

$$dt = T_1, T_2, \text{ где (3.1.1)}$$

$$T_1 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$T_2 = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{1} = 1$$

Исходя из условия (3.1.1) определим шаг по времени $dt = 0,0001$.

Время поступления заявки в СМО и время ее обслуживания являются случайными величинами. Поэтому, при имитационном моделировании СМО их вычисление производится с помощью случайных чисел.

Рассмотрим поступление заявки в СМО. Вероятность того, что на интервале dt в СМО поступит заявка, равна:

$$P_{\text{пост.заяв}} = \frac{dt}{T_1} = dt \cdot \lambda$$

Сгенерируем случайное число r , и, если $r \leq P_{\text{пост.заявки}}$, то будем считать, что заявка на данном шаге в систему поступила, если $r > P_{\text{пост.заявки}}$, то не поступила.

В программе это осуществляет функция *sob*. Интервал времени dt примем постоянным и равным 0,001, тогда отношение $1/dt$ будет равно 1000. Если заявка поступила, то она принимает значение «истина», в противном случае значение «ложь».

Лабораторные занятия

Модуль 1. Одноканальная СМО

Лабораторная работа 1

Одноканальная СМО с отказами в обслуживании

Цель работы. Проведение анализа простой одноканальной СМО с отказами в обслуживании, на которую поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием пуассоновского потока с интенсивностью μ .

Задание на лабораторную работу

Разработать математическую модель одноканального СМО с отказами в обслуживании. Теоретически и практически рассчитать вероятности состояния **P1**, вероятность отказа **Pотк**, абсолютную **A** и относительную **q** пропускную способность системы, среднее время ожидания в очереди **тож**, среднее время пребывания в системе **тсист**

Примерами одноканальных СМО с отказами в обслуживании являются: стол заказов в магазине, диспетчерская автотранспортного предприятия, контора склада, офис управления коммерческой фирмы, с которыми устанавливается связь по телефону.

Лабораторная работа 2

Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди

Цель работы. Проведение анализа простой одноканальной СМО с ограниченной длиной очереди, на которую поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием

пуассоновского потока с интенсивностью μ .

В коммерческой деятельности чаще встречаются СМО с ожиданием (очередью). Рассмотрим простую одноканальную СМО с ограниченной очередью, в которой число мест в очереди t - фиксированная величина. Следовательно, заявка, поступившая в тот момент, когда все места в очереди заняты, не принимается к обслуживанию, не встает в очередь и покидает систему.

Задание на лабораторную работу

Разработать математическую модель одноканального СМО с ограниченной длиной в очереди. Теоретически и практически рассчитать вероятности состояния P_i , вероятность отказа $P_{отк}$, абсолютную A и относительную q пропускную способность системы, среднее время ожидания в очереди $t_{ож}$, среднее время пребывания в системе $t_{сист}$, число заявок в очереди L .

Модуль 2. Многоканальная СМО.

Лабораторная работа 3

Многоканальной СМО с отказами в обслуживании и с ограниченной длиной очереди

Цель работы. Проведение анализа многоканальной СМО с отказами в обслуживании и ограниченной длиной очереди, на которую поступает поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием потока с интенсивностью μ .

Имеется n каналов обслуживания и m мест в очереди, интенсивность поступления заявок λ и интенсивность обслуживания μ . Необходимо теоретически и практически рассчитать вероятности состояний P_i , вероятность отказа $P_{отк}$, абсолютную A и относительную q пропускную способность системы, среднее время ожидания в очереди $t_{ож}$, среднее время пребывания в системе $t_{сист}$, а также число реализаций для достижения вероятности отказа отличной от теоретической на величину ε .

Теоретический расчет подразумевает собой вычисление выше приведенных величин согласно формул для случая, когда распределение времени поступления заявок подчиняется Пуассоновскому закону распределения. Необходимые формулы и их вывод будут рассмотрены ниже в этом разделе.

В практической части необходимо построить модель системы, при условии, что время поступления заявок подчиняется равномерному закону распределения, и рассчитать выше описанные величины. Следует отметить, что теоретический расчет параметров системы для случая, когда потоки событий переводящие систему из состояния в состояние распределены по закону

отличному от Пуассоновского, довольно сложен, аналитические формулы для характеристик СМО удается получить только для самых простых случаев. Таким образом поиск необходимых величин с помощью моделирования является самым оптимальным решением.

Модуль 3. Имитационное моделирование СМО. Лабораторная работа 4

Имитационное моделирование СМО

Цель работы: Разработка имитационной модели СМО, используя пошаговый подход. Проведение анализа, на основе разработанной модели, многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди, на которую поступает поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием потока с интенсивностью μ .

Задание на лабораторную работу

Исследовать четырехканальную систему массового обслуживания ($n = 3$) с максимальной длиной очереди равной четырем ($m = 2$). В СМО поступает простейший поток заявок со средней интенсивностью $\lambda = 4$ и показательным законом распределения времени между поступлением заявок. Поток обслуживаемых в системе заявок является простейшим со средней интенсивностью $\mu = 1$ и показательным законом распределения временем обслуживания. Разработать имитационную модель СМО.

Для имитации СМО воспользуйтесь одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием, используя пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени, шаг между которыми является достаточно малым, чтобы за его время произошло не более одного события.

Провести расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования и произвести статистическую обработку результатов и их сравнить с результатами аналитического моделирования.

5. Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины используются активные и интерактивные формы проведения занятий: самостоятельный подбор материала по

поставленным преподавателем темам, работа с тематическими слайдами и тестовыми заданиями на компьютере и др. Предусматривается применение современных обучающих технологий, электронных учебно-методических комплексов и электронных учебников, а также компьютерная презентационная техника. Для этого на факультете математики и компьютерных наук имеются специальные, оснащенные такой техникой классы лекционных аудиторий. При кафедре прикладной математики функционирует студенческая научно – исследовательская лаборатория «Математическое моделирование», оснащенное 5 новыми ПК, презентационной и другой оргтехникой.

При проведении занятий кроме указанных средств используются также интернет ресурсы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов

В процессе самостоятельной работы над каждой темой студентом должны осуществляться следующие виды деятельности:

- Проработка учебного материала по конспектам лекций, основной и рекомендуемой учебной литературе.
- Работа над домашними заданиями
- Работа над вопросами и заданиями для самоподготовки, представленными.
- Написание рефератов.
- Работа с тестами.
- Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации.

Задания для самостоятельной работы, их содержание и форма контроля приведены в форме таблицы.

| Наименование тем | Содержание самостоятельной работы | Форма контроля |
|--|---|--|
| Тема 1.1 Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания. | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Динамическое моделирование систем массового обслуживания» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата, проверка конспекта |
| Тема 1.2. Уравнения Колмогорова. Процессы «рождения – гибели». | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Открытая одноканальная СМО», | Опрос, оценка выступлений, защита реферата, проверка заданий |

| | | |
|--|---|---|
| Одноканальная СМО. | | |
| Тема 1.3. Модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании. | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Моделирование систем массового обслуживания» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата, проверка проведенного анализа |
| Тема 1.4. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Одноканальная открытая СМО с ограниченной длиной очереди» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий. |
| Тема 2.1. Многоканальная СМО с отказами в обслуживании. Модель многофазной системы обслуживания. | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Модель многофазной системы обслуживания. Исследование числовых характеристик» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий. |
| Тема 2.2. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди. | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Многоканальная СМО без ограничения длины очереди но с ограничением времени ожидания» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка конспекта. |
| Тема 2.3. Многоканальная СМО с неограниченной очередью | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Многоканальная система массового обслуживания с отказами и с неограниченной очередью» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий. |
| Тема 3.1. Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Основные понятия имитационного моделирования» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий. |
| Тема 3.2. Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Имитационное моделирование» | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка конспекта. |

| | | |
|--|--|--|
| моделирования | | |
| Тема 3.3. Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования. | Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Имитационное моделирование. Статистическая обработка результатов » | Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий. |

Целью подготовки реферата является приобретение навыков творческого обобщения и анализа имеющейся литературы по рассматриваемым вопросам, что обычно является первым этапом самостоятельной работы. По каждому модулю предусмотрены написание и защита одного реферата. Всего по дисциплине студент может представить шесть рефератов. Тему реферата студент выбирает самостоятельно из предложенной тематики. При написании реферата надо составить краткий план, с указанием основных вопросов избранной темы. Реферат должен включать введение, несколько вопросов, посвященных рассмотрению темы, заключение и список использованной литературы. В вводной части реферата следует указать основания, послужившие причиной выбора данной темы, отметить актуальность рассматриваемых в реферате вопросов. В основном разделе излагаются наиболее существенные сведения по теме, производится их анализ, отмечаются отдельные недостатки или нерешенные еще вопросы и т.д. В заключении реферата на основании изучения литературных источников должны быть сформулированы краткие выводы и предложения. Список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа». Перечень литературы составляется в алфавитном порядке фамилий первых авторов, со сквозной нумерацией. Примерный объем реферата 15-20 страниц.

Предусмотрено проведение индивидуальной работы (консультаций) со студентами в ходе изучения материала данной дисциплины.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

| Компетенция | Знания, умения, навыки | Процедура освоения |
|---|--|--|
| <p>ОК-1 Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.</p> | <p>Знать: основные формулы исчисления вероятностей, предельные теоремы ТВ, основы математической статистики, сбора, обработки и анализа статистических данных. Уметь: на основе применения аппарата математической статистики принимать нужные решения. Строить модели различных прикладных задач и перекладывать их на ЭВМ. Владеть: навыками дискуссии по профессиональной тематике</p> | <p>Устный опрос, проведение деловой игры, написание рефератов.</p> |
| <p>ПК-1 Способность проводить научные исследования и получать новые прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.</p> | <p>Знать: - современные тенденции развития научных и прикладных достижений и их использование в прикладном исследовании; - подходы использования современных методов для решения научных и практических задач. Уметь: - использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач; - использовать знание иностранного языка в профессиональной деятельности, профессиональной коммуникации и межличностном общении; - использовать современные методы для исследования и решения научных и практических задач - применять методы прикладной математики и информатики Владеть: навыками поиска информации, методами сбора информации и навыками применения набора стандартных методов обработки данных</p> | <p>Зачеты по лабораторным работам, устный опрос.</p> |
| <p>ПК-2 Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат</p> | <p>Знать: проблемы реализации вычислительного эксперимента, основы математического моделирования прикладных задач Уметь: строить оптимальные алгоритмы решения возникающих задач; ясно излагать свои результаты перед научным коллективом. Владеть: практическим умением</p> | <p>Зачеты по лабораторным работам, устный опрос.</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | анализировать полученные результаты. | |
| ПК-7 Способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов. | Знать: основы методов оптимизации и теории игр, методы статистического моделирования Уметь: строить математические модели различных прикладных задач; программировать их для ЭВМ, проводить численное моделирование и по результатам этого находить новые закономерности и, если нужно, менять прежние модели. Владеть: пакетами для обработки и анализа экспериментальных данных | Устный опрос, написание рефератов. Зачеты по лабораторным работам |

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу»

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|--|--|---|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: основные формулы исчисления вероятностей, предельные теоремы ТВ, основы математической статистики, сбора, обработки и анализа статистических данных. | Демонстрирует слабые знания по основным дисциплинам кафедры: численные методы, теория вероятностей, мат. статистика. | Показывает хорошие знания в указанной для получения «удовлетв.» оценки графе (см. слева) областях.. | В дополнение к знаниям необходимым для получения оценки «хорошо», принимать нужные решения. |
| Базовый | Уметь: на основе применения аппарата математической статистики принимать нужные решения. Строить модели различных прикладных задач и перекладывать их на ЭВМ. | Демонстрирует слабые знания и не умеет точно сформулировать задачу. | Показывает хорошие умения в указанной для получения «удовлетв.» оценки графе (см. слева) областях. | Умеет четко ставить задачу, сформулировать и находить наиболее оптимальный способ ее решения. умеет четко ставить задачу, знаниям |

| | | | | |
|-------------|---|---|--|---|
| Продвинутый | Владеть : навыками дискуссии по профессиональной тематике | Слабо владеет навыками дискуссии по профессиональной тематике | Владеет технологиями сбора и обработки информации. | Владеет навыками дискуссии по профессиональной тематике, использует современные информационные методами сбора и анализа данных. |
|-------------|---|---|--|---|

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность проводить научные исследования и получать новые прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива»

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|--|--|---|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: - современные тенденции развития научных и прикладных достижений и их использование в прикладном исследовании; - подходы использования современных методов для решения научных и практических задач. | Демонстрирует слабые знания по основным дисциплинам кафедры: численные методы, теория вероятностей, математическая статистика, методы оптимизации; | Показывает хорошие знания и умения в указанной для получения «удовлетв.» оценки графе (см. слева) областях. | Хорошо владеет методами сбора и анализа данных. умеет по ним принимать нужные решения. |
| Базовый | Уметь: - использовать современные теории прикладной математики для решения научно-исследовательских и прикладных задач; - использовать знание иностранного языка в профессиональной деятельности, профессиональной коммуникации и межличностном общении - | Не умеет точно сформулировать задачу; не владеет в полной мере методами сбора и обработки информации – методами математической статистики; | Показывает хорошие умения в указанной для получения «удовлетв.» оценки графе (см. слева) областях. Однако допускает некоторые неточности. | Умеет четко ставить задачу, сформулировать и находить наиболее оптимальный способ ее решения. |

| | | | | |
|------------------|--|--|---|--|
| | использовать современные методы для исследования и решения научных и практических задач - применять методы прикладной математики и информатики | | | |
| Продвину- тый | Владеть: навыками поиска информации, методами сбора информации и навыками применения набора стандартных методов обработки данных | Неуверенно отвечает на вопросы по использованию современных ППП для решения поставленной задачи. | Владеет интернет технологиями сбора и обработки информации. | Хорошо владеет современными информационными методами сбора и анализа данных. |

ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат»

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|------------------|---|---|--|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: проблемы реализации вычислительного эксперимента, основы математического моделирования прикладных задач | Демонстрирует слабые знания по основным дисциплинам кафедры | Показывает хорошие знания в указанной для получения «удовлетв.» оценки графе (см. слева) областях. | Умеет четко ставить задачу, сформулировать и находить наиболее оптимальный способ ее решения. |
| Базовый | Уметь: строить оптимальные алгоритмы решения возникающих задач; ясно излагать свои результаты перед научным коллективом. | Не умеет точно сформулировать задачу. | Показывает хорошие умения в указанной для получения «удовлетв.» оценки графе (см. слева) областях. | умеет с использованием основных методов принимать нужные решения. |
| Продвину- тый | Владеть: практическим умением анализировать | Не владеет в полной мере методами не уверенно | Допускает некоторые неточности. Владеет | Хорошо владеет современными информационными |

| | | | | |
|--|------------------------|---|---|--------------------------------------|
| | полученные результаты. | отвечает на вопросы по использованию современных ППП для решения поставленной задачи. | интернет технологиями сбора и обработки информации. | ыми методами сбора и анализа данных. |
|--|------------------------|---|---|--------------------------------------|

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-------------|--|---|--|--|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | Знать: основы методов оптимизации и теории игр, методы статистического моделирования | Показывает слабые знания по методам вычислений, по математической статистике и другим прикладным дисциплинам. | Показывает хорошие знания по современным пакетам прикладных программ Matlab, MathCAD и другим. | Хорошо владеет теоретическим и знаниями по дисциплинам специализации по направлению подготовки магистра. |
| Базовый | Уметь: строить математические модели различных прикладных задач; программировать их для ЭВМ, проводить численное моделирование и по результатам этого находить новые закономерности и, если нужно, менять прежние модели. | Плохо умеет проводить численное моделирование . | Может использовать их при решении прикладных задач. | Кроме указанных умений, необходимых для получения оценки «хорошо», показывает отличные знания в предметной области, хорошо владеет теоретическим и знаниями по дисциплинам специализации |
| Продвинутый | Владеть: пакетами для обработки и | Имеет слабые познания по | Слабо владеет современным | Владеет пакетами для |

| | | | | |
|--|----------------------------------|---|--|--|
| | анализа экспериментальных данных | использованию пакетов прикладных программ Matlab, MathCAD, Statistica и текстовым редакторам. | и пакетами прикладных программ Matlab, MathCAD и другим. | обработки и анализа экспериментальных данных |
|--|----------------------------------|---|--|--|

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания

Темы к зачету:

Модуль 1. Одноканальная и многоканальная СМО

1. Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания.
2. Уравнения Колмогорова. Процессы «рождения – гибели». Одноканальная СМО.
3. Модели систем массового обслуживания.
4. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании.
5. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди

Модуль 2,3. Имитационное моделирование СМО

1. Многоканальная СМО с отказами в обслуживании.
2. Модель многофазной системы обслуживания.
3. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди.
4. Многоканальная СМО с неограниченной очередью
5. Основные понятия имитационного моделирования.
6. Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы.
7. Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования.
8. Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания

знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50 % и промежуточного контроля – 50 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 30 баллов,
- выполнение лабораторных работ - 35 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 35 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

зачет - 100 баллов,

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

а) основная литература:

1. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Модели для анализа качества обслуживания в сетях связи следующего поколения (Уч. пособие). М.: Изд-во РУДН, 2008. – 137 с.: ил.
2. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика. М.: Изд-во РУДН. 3-е изд. 2009. – 342 с.
3. Наумов В.А., Самуйлов К.Е., Яркина Н.А. Теория телетрафика мультисервисных сетей. М.: Изд. РУДН, 2008. – 191 с.
4. Летников А.И., Пшеничников А.П., Гайдамака Ю.В., Чукарин А.В. Системы сигнализации сетей коммутации каналов и коммутации пакетов: Уч. пособие для вузов. – М.: Изд во МТУСИ, 2008. – 195 с.: ил.

б) дополнительная литература:

1. Башарин Г. П., Гайдамака Ю. В., Самуйлов К. Е. Яркина Н. В. Управление качеством и вероятностные модели функционирования сетей связи следующего поколения. Учебное пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 157 с.: ил.
2. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей связи. М.: Изд. «Эко-Трендз», 2010. – 392 с.
3. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
4. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи СПб: БХВ-Петербург. -2010. – 400 с.

5. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Самсонов М.Ю. и др. Сети следующего поколения NGN М.: Эко-Трендз. 2009. – 424 с.
6. Гольдштейн Б.С., Гольдштейн А.С. SoftSwitch. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург. 2006. 368 с.: ил.
7. Деарт В.Ю. Мультисервисные сети связи. – М.: Инсвязьиздат, 2007. –166 с.
8. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник. М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с., ил.
10. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. Под ред. В.И. Неймана // М.: Машиностроение, 1979. – 452 с
11. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1996. – 272 с.
12. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения. – М.: ФГУП ЦНИИС, 2006. – 280 с.
13. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети. Монография. – М.: Альварес Паблишинг, 2004.
14. Телекоммуникационные системы и сети: Уч. пособие. В 3-х т. Том 3. – Мультисервисные сети / Величко В.В. и др. / под ред. проф. Шувалова В.П.– М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 592 с.
15. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.П. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 288 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Федеральный портал российское образование <http://edu.ru>;
2. Электронные каталоги Научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru/?q=node/256>;
3. Образовательные ресурсы сети Интернет <http://catalog.iot.ru/index.php>;
4. Электронная библиотека <http://elib.kuzstu.ru>.
5. <http://poiskknig.ru> – электронная библиотека учебников Мех-Мата МГУ, Москва
6. <http://www.mathnet.ru.ru/> - общероссийский математический портал
7. <http://www.lib.mexmat.ru> – электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета
8. <http://onlinelibrary.wiley.com> - научные журналы издательства Wiley&Sons
9. <http://www.sciencedirect.com/> - научные журналы издательства Elsevier

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Дисциплина «Дискретные и математические модели» содержит внутри 3 модуля. Первый 1 модуль изучаются в А семестре, 2 и 3 модули изучаются в В семестре. Эти модули имеют определенную логическую завершенность по отношению к установленным целям и результатам обучения. Именно при изучении этих модулей должны развиваться компетенции: общекультурные – ОК-1, профессиональные – ПК-1, ПК-2, ПК-7.

При изучении дисциплины рекомендуется рейтинговая технология обучения, которая позволяет реализовать комплексную систему оценивания учебных достижений студентов. Текущие оценки усредняются на протяжении семестра при изучении модулей. Комплексность означает учет всех форм учебной и творческой работы студента в течение семестра.

Рейтинг направлен на повышение ритмичности и эффективности самостоятельной работы студентов. Он основывается на широком использовании тестов и заинтересованности каждого студента в получении более высокой оценки знаний по дисциплине.

Принципы рейтинга: непрерывный контроль (в идеале на каждом из аудиторных занятий) и получение более высокой оценки за работу, выполненную в срок. При проведении лабораторных занятий необходимо предусматривать широкое использование активных и интерактивных форм (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр).

Рейтинг включает в себя два вида контроля: текущий, промежуточный и итоговый по дисциплине.

Текущий контроль (ТК) - основная часть рейтинговой системы, основанная на беглом опросе раз две недели. Формы: тестовые оценки в ходе лабораторных занятий, оценки за выполнение индивидуальных заданий и лабораторных работ. Важнейшей формой ТК, позволяющей опросить всех студентов на одном занятии являются короткие тесты из 2-3 тестовых заданий.

Основная цель ТК: своевременная оценка успеваемости студентов, побуждающая их работать равномерно, исключая малые загрузки или перегрузки в течение семестра.

Лекционные занятия желательно проводить в режиме презентаций с демонстрацией применения основных методов анализа и синтеза. Это существенно улучшает динамику лекций.

Целесообразно обеспечивать студентов на 1-2 лекции вперед раздаточным материалом в электронном виде (сложные схемы, графики, аналитические исследования и опорный конспект). Основное время лекции лучше тратить на

подробные аналитические комментарии и особенности применения рассматриваемого материала в профессиональной деятельности студента.

Лабораторный практикум, который использует компьютерное моделирование, следует проводить в компьютерном классе либо самостоятельно на домашнем компьютере. При этом и коллоквиум, и защита результатов исследований проводятся по традиционной методике в классе.

Промежуточный контроль (ПК) - это проверка знаний студентов по разделу программы. Формы: тест из 7–10 заданий. Тестирование проводится в компьютерных классах в часы самостоятельной работы студентов по заранее составленному расписанию.

Цель ПК: побудить студентов отчитаться за усвоение раздела дисциплины накопительным образом, т.е. сначала за первый, затем за второй, затем за третий разделы каждого семестра.

Итоговый контроль по дисциплине (ИКД) - это проверка уровня учебных достижений студентов по всей дисциплине за семестр. Формы контроля: зачет в А и В семестрах. Цель итогового контроля: проверка базовых знаний по дисциплине, полученных при изучении всех модулей семестра.

ИКД в В семестре является выходным контролем по дисциплине, после которого можно рассчитывать на то, что процесс обучения по дисциплине завершен и в дальнейшем студент может сам при необходимости совершенствовать свои знания.

Распределение объемов различного вида контролей можно проиллюстрировать следующими цифрами на примере семестра: текущий контроль – 15 условных баллов; промежуточный контроль - 35 условных баллов; итоговый контроль - 50 условных баллов. Вся дисциплина оценивается в 100 условных баллов, если вся дисциплина оценивается цифрой, отличной от 100 баллов, то под условным баллом следует понимать процент от максимального числа баллов.

При этом действует следующая система перевода рейтинговых (условных) баллов в обычную шкалу оценок: «Зачтено» - 51–100 условных баллов; «Незачтено» - < 51 условных баллов.

Приведенные цифры говорят о том, что на любой стадии обучение студента можно считать удовлетворительным, если он набирает не менее 51 условных баллов. Так, например, набрав в ходе ТК и ПК 51 баллов, студент гарантирует себе оценку «зачтено».

Примеры оценочных средств (тестовых заданий) для текущего промежуточного и выходного контроля успеваемости по дисциплине:

Первый уровень сложности тестовых заданий (ТЗ) соответствует удовлетворительному владению предметом. Он представляет минимум базовых знаний, необходимых для дальнейшего обучения в университете и включает в себя знания - копии ключевых понятий и формул. Проверке этого уровня посвящены простейшие тестовые задания с нормой трудности в 1 балл.

Второй уровень ТЗ соответствует хорошим знаниям и предполагает глубокое понимание понятий и формул, умения их преобразовывать и интерпретировать.

Проверке второго уровня посвящены тестовые задания повышенной трудности, с нормой трудности в 2 балла.

Третий уровень ТЗ соответствует отличным знаниям и предполагает навыки по использованию ключевых понятий и формул в стандартных, а иногда и в не стандартных ситуациях. Проверке третьего уровня посвящены наиболее трудные задания, с нормой трудности в 3 балла.

Задания каждого уровня снабжены соответствующими обозначениями. Это позволяет адаптивно строить усвоение программы дисциплины, когда каждый студент по мере усвоения курса на более низком уровне будет пробовать себя на более высоком уровне.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: пакеты для решения задач Mathcad, MS Office.

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

Учебные аудитории для проведения лекционных, семинарских и лабораторных занятий, компьютерные классы факультета и ИВЦ ДГУ. В университете имеется пакет необходимого лицензионного программного обеспечения.

При кафедре прикладной математики имеется студенческая научно-исследовательская лаборатория «Математическое моделирование».