**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование систем массового обслуживания

Queueing Theory: Simulation

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: 057499

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Теория массового обслуживания была инициирована классическими работами Эрланга, Пальма и Хинчина в 10-40-е годы ХIХ столетия, она явилась ответом на возникшие серьезные проблемы в развитии телефонии и, а затем получила широкий спектр приложений во многих отраслях промышленности и связи. Эта теория послужила также одним из стимулов развития общей теории случайных процессов. В настоящее время для решения теоретических и прикладных задач в этой области широко используются методы статистического моделирования.

Курс лекций включает основные результаты из классической монографии А. Я. Хинчина по теории массового обслуживания (ТМО). А именно теорию случайных потоков, теорию марковских и полумарковских систем обслуживания. Кроме того, излагаются основы теории восстановления и теории случайных блужданий и их связь с ТМО. Обсуждаются методы стохастического моделирования для исследования систем массового обслуживания.

В результате изучения дисциплины «Моделирование систем массового обслуживания» обучающиеся должны получить знания в области теории случайных потоков, теории марковских и полумарковских систем обслуживания, основ теории восстановления и теории случайных блужданий и их связей с ТМО, а также методов стохастического моделирования в объеме, указанном в разделе 2.2. Целью курса является также развитие практические навыков применения этих знаний. В частности, акцент делается на выработку у обучающихся умения формулировать и решать конкретные проблемы, связанные с развитием и применением ТМО.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Дисциплина изучается обучающимися бакалавриата по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» в седьмом семестре обучения. При чтении курса, предполагается, что учащиеся обладают базовыми знаниями в области математического анализа, численных методов, теории вероятности и математической статистики теории в объеме курсов бакалаврских программ, читаемых на математико-механическом факультете СПбГУ.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

В результате освоения дисциплины у обучающегося должно выработаться умение использовать математические методы теории ТМО для решения конкретных задач в объеме, указанном в разделе 2.2.

Кроме того, в результате обучения обучающиеся должны:

аргументировано, логически верно и содержательно ясно строить устную и письменную речь, способен использовать навыки публичной речи, ведения дискуссии и полемики;

знать и уметь учитывать основные тенденции развития современного естествознания;

обладать способностью активно применять общенаучные базовые знания естественных наук, математики и информатики в области прикладной математики и информатики;

обладать способностью работы с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения профессиональных задач;  
обладать способностью применять методы прикладной математики и информатики, для решения задач производственной и технологической деятельности;

обладать способностью применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии;

знать и уметь использовать современные стохастические методы вычислений; иметь навыки построения статистических моделей и анализа данных.

**1.4 Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Аудиторная учебная работа: практические занятия.

Самостоятельная работа: индивидуальная работа с доступной литературой по ТМО, а также специальной литературой (см. раздел 3.4.2) для лучшего освоения дисциплины, её углублённого изучения и удовлетворения личных познавательных потребностей.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 7 |  |  |  | 30 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 34 |  | 6 |  | 30 | 2 |
|  |  |  |  | 10-25 |  |  |  |  | 10-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО |  |  |  | 30 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 34 |  | 6 |  |  | 2 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 7 |  |  | зачёт, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): **Семестр 7**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование темы (раздела, части)** | **Вид учебных занятий** | **Кол-во часов** |
| 1 | **Тема 1.** Введение | практические занятия | 402 |
| самост. работа по методическим материалам | 40 |
| 2 | **Тема 2.** Теория простейшго потока | практические занятия | 44 |
| самост. работа по методическим материалам | 40 |
| 3 | **Тема 3.** Стационарные потоки и функции Пальма-Хинчина | практические занятия | 48 |
| самост. работа по методическим материалам | 40 |
| 4 | **Тема 4.** Теоремы о суммировании  и прореживании потоках | практические занятия | 44 |
| самост. работа по методическим материалам | 40 |
| 5 | **Тема 5.** Теория восстановления | практические занятия | 044 |
| самост. работа по методическим материалам | 6 |
| 6 | **Тема 6.** Марковские и полумарковские системы | практические занятия | 4 |
| самост. работа по методическим материалам | 6 |
| 7 | **Тема 7.** Методы, основанные на теории случайных блужданий | практические занятия | 6 |
| самост. работа по методическим материалам | 60 |
| 8 | Промежуточная аттестация | самостоятельная работа | 6 |
| зачет | 2 |
| **Итого** | | | **72** |

**Тема 1.** *Введение*

• Исторический экскурс в развитие теории массового обслуживания.

• Обзор основных проблем теории на основе содержательного анализа простейшей системы с отказами.

**Тема 2. Теория простейшего потока**

• Теорема Хинчина о простейшем потоке. Интенсивность и параметр потока.

• Простейший нестационарный поток.

• Свойство отсутствия последействия экспоненциального распределения.

• Эквивалентность двух определений простейшего потока.

**Тема 3.** Стационарные потоки и функции Пальма-Хинчина

• Случайный поток как случайный процесс.

• Основное свойство стационарных потоков. Пример стационарных потоков без последствия.

• Функции и уравнения Пальма-Хинчина.

• Теорема Королюка.

• Потоки Пальма, их общий вид.

**Тема 4.** Теоремы о суммировании **и прореживании потоках**

• Предельная теорема о суммировании потоков

• Теорема Реньи о прореживании потоков

**Тема 5.**  **Теория восстановления**

• Уравнение восстановления.

• Элементарная теорема восстановления

**Тема 6. Марковские и полумарковские системы**

• Формулы Эрланга для системы с отказами.

• Теорема Маркова об эргодичности

• Полумарковские процессы. Вывод формулы Полачека-Хинчина

• Закон стационарной очереди.

• Эргодическая теорема для цепей Маркова со счетным множеством состояний

**Тема 7. Методы, основанные на теории случайных блужданий**

• Связь теории массового обслуживания с теорией случайных блужданий. Теорема Линдли.

• Лестничные процессы. Лемма о двойственности

• Теорема о типах и эргодическая теорема для случайных блужданий

• Вывод уравнения свертки

• Применение уравнения свертки (распределение с экспоненциальным хвостом)

• Распределение с геометрическим хвостом

• Случайное блуждание Бернулли

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря посещению занятий, участию в обсуждении вопросов, подготовленных к занятию, самостоятельной работе, включающей в себя чтение специальной литературы по разделам темы.  
По курсу «Моделирование систем массового обслуживания» предусмотрено проведение практических занятий. Все учащиеся должны быть обеспечены методическими материалами, рекомендованными по курсу. Методические материалы включают в себя следующие типы материалов — учебники, учебные пособия, методические указания для обучающихся, интернет-ресурсы, электронные учебные пособия, с опорой на которые проводится аудиторная работа.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При выполнении индивидуальных и контрольных заданий обучающемуся необходимо знать содержание семинарских занятий, уметь применять методы, рассмотренные в процессе обучения. При подготовке к самостоятельной работе целесообразно использовать рекомендованную литературу, а также компьютеры с соответствующим программным обеспечением (пакеты MatLab и Maple).

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

В процессе обучения обучающиеся выполняют индивидуальные задания и разрабатывают альтернативные алгоритмы решения задач, обсуждаемых на семинарах. По окончании курса проводится проверочная работа (решение задач), а, также, зачет по теории.

***Методика проведения зачета***

Зачет проводится в устной форме. Билет состоит из двух вопросов. Время подготовки ответа на вопросы билета составляет не менее одного академического часа. Кроме того, в ходе зачета преподаватель может задать несколько дополнительных вопросов. Вторая и третья (с комиссией) попытка сдачи зачета по процедуре проведения аналогична первой. При сдаче зачета с комиссией ответы выслушивают и задают дополнительные вопросы не один, а три преподавателями.

*Критерии оценивания ответа в традиционной системе*

Оценка «зачтено» ставится за правильный и развернутый ответ на хотя бы один вопрос билета. В случае, если ответы на оба вопроса неполны или неверны, преподаватель задает дополнительные вопросы по темам курса и/или дает задачу. За успешно решённую задачу также выставляется оценка «зачтено». Если же задача не решена или не выдавалась, то оценка «зачтено» выставляется, если учащийся удовлетворительно ответил не менее чем на половину дополнительных вопросов.

*Критерии оценивания ответа в системе ECTS*

Оценка «А» выставляется за правильные и полные ответы на вопросы билета и ответы на дополнительные вопросы и/или решенную задачу. Оценка «В» выставляется за правильные ответы на вопросы билета, возможно, с некоторыми неточностями, и правильные ответы на более чем 3/4 дополнительных вопросов или решенную задачу. Оценка «С» выставляется за правильные ответы на вопросы билета, возможно, с некоторыми неточностями, и правильные ответы на более чем 1/2 дополнительных вопросов, или же за правильный ответ на один из вопросов билета и полностью решенную дополнительную задачу. Оценка «D» выставляется за правильный ответ на один из вопросов билета и правильные ответы на более чем 3/4 дополнительных вопросов. Оценка «Е» выставляется за неполный ответ хотя бы на один из вопросов билета и правильные ответы на более чем 1/2 дополнительных вопросов. В противном случае выставляется оценка «F»

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Преподаватели имеют набор контрольных заданий и тестов для контроля успеваемости обучающихся. Примерный список вопросов к зачету состоит из тем, перечисленных в разделе 2.2.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Оценка обучающимися содержания и качества учебного процесса по дисциплине осуществляется в установленном в СПбГУ порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Не предусмотрено.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

В аудиториях, где проводятся занятия, необходимо наличие досок и средств письма на них.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

В аудитории желательно наличие проектора.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

По желанию преподавателя для подготовки к некоторым занятиям может потребоваться принтер, чтобы распечатать раздаточные материалы, а также проектор для проведения презентаций.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Математические пакеты Matlab, Maple. TeX + (WinEdt или аналогичный редактор).

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А3 (для блокнота-доски), канцелярские товары в объеме, необходимом для организации и проведения занятий Также, в соответствии с разделом 3.3.3, может потребоваться белая бумага формата А4 для печати на принтере.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Хинчин А.Я Работы по математической теории массового обслуживания. Изд.4. URSS. 2010. 240 с.

2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1988.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Феллер В. Введение в теорию вероятностей. Т. 2. М.: Наука, 1984.

2. Климов Г.П. Стохастические системы обслуживания. М.: Наука, 1966.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. <http://statmod.ru/wiki/>.

2. https://www.ruhr-uni-bochum.de/mathematik3/en/research/index.html.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Мелас Вячеслав Борисович, д.ф.-м.н., проф. e-mail: vbmelas@post/ru