

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра прикладной математики и информатики

Авторы-составители: Русакова Ольга Леонидовна

Рабочая программа дисциплины

СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Код УМК 59503

**Утверждено
Протокол №9
от «21» мая 2020 г.**

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Системы массового обслуживания

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Системы массового обслуживания** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)

ОПК.1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук

ОПК.1.2 Осуществляет первичный сбор и анализ материала, интерпретирует различные математические и физические объекты

ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	9
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (9 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Системы массового обслуживания. Первый семестр

Введение. Системы массового обслуживания. Свойства и характеристики потоков требований Пуассоновские потоки требований. Простейшие потоки требований различных типов Элементы теории марковских процессов

Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем массового обслуживания. Потоки требований. Свойства и характеристики потоков требований. Определение пуассоновского потока и вычисление вероятности в начальный момент. Вывод формул для вероятностей в остальные моменты времени элементарным методом и методом дифференциальных уравнений. Свойства вероятностей. Преобразование пуассоновских потоков. Простейшие потоки с возможностями нестационарности, неординарности, последствием. Регулярные потоки. Потоки Эрланга. преобразование различных потоков. Понятие случайного процесса. Цепь Маркова с конечным числом состояний и дискретным временем. Граф состояний. Матрица переходных вероятностей. Стационарное распределение.

Марковские процессы с конечным числом состояний и непрерывным временем. Размеченный граф состояний. Матрица интенсивностей перехода. Система дифференциальных уравнений Колмогорова. Нахождение стационарного распределения.

Системы массового обслуживания с отказами

Марковские СМО. Одноканальная и многоканальная СМО с отказами (задача Эрланга). Предельное распределение вероятностей состояний. Определение основных характеристик обслуживания.

Системы массового обслуживания с ожиданием, с ожиданием и ограничением на длину очереди. Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания

Одноканальная СМО с ограниченной очередью. Многоканальная СМО с ограниченной очередью. Одноканальная СМО с неограниченной очередью. Многоканальная СМО с неограниченной очередью. СМО с "нетерпеливыми заявками". Поток "уходов". Особенности вычисления показателей эффективности функционирования и качества обслуживания.

Замкнутые системы массового обслуживания

Одноканальные и многоканальные замкнутые СМО. Основные формулы для характеристик системы.

Использование имитационного моделирования для исследования систем массового обслуживания

Особенность имитационного моделирования СМО. Моделирование случайного потока событий. Моделирование простейшего потока. Моделирование СМО. Расчет показателей СМО методом Монте-Карло.

Системы массового обслуживания с взаимопомощью между каналами

Многоканальные СМО с взаимопомощью между каналами «все как один» с отказами, с ожиданием. Многоканальные СМО с «равномерной» взаимопомощью с отказами, с ожиданием.

Оптимизация систем массового обслуживания.

Оптимизация СМО. Постановка задачи. Критерии минимума себестоимости продукции, минимума экономических потерь от ожидания обслуживания, минимума экономических потерь с учётом отказа в обслуживании. Выбор оптимальной дисциплины очереди

Выполнение итогового проекта

Итоговый проект заключается

- в построении математической модели системы массового обслуживания по ее описанию;

- нахождению вероятностей состояний системы путем нахождения аналитического решения системы Колмогорова;
- нахождению вероятностей состояний системы путем численного решения системы Колмогорова;
- сравнение и интерпретация результатов.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Теория систем массового обслуживания : учебное пособие / составители А. В. Шапошников [и др.]. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2017. — 134 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75605.html>

Дополнительная:

1. Системы массового обслуживания : методические указания к семинарским занятиям по дисциплине «Сервисная деятельность» / составители Н. В. Тарасова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 24 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/17695>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Системы массового обслуживания** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
 - офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;
 - среда разработки на языке программирования высокого уровня (C++, C#).
- Специализированное программное обеспечение не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий - компьютерный класс. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Системы массового обслуживания**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук	Умение использовать практический опыт решения стандартных задач теории вероятности и математической статистики при решении задач теории массового обслуживания	<p>Неудовлетворител Не умеет использовать практический опыт решения стандартных задач теории вероятности и математической статистики при решении задач теории массового обслуживания.</p> <p>Удовлетворительн Умеет использовать практический опыт решения стандартных задач теории вероятности и математической статистики при решении задач теории массового обслуживания со значительными затруднениями.</p> <p>Хорошо Умеет использовать практический опыт решения стандартных задач теории вероятности и математической статистики при решении задач теории массового обслуживания с незначительными затруднениями.</p> <p>Отлично Умеет использовать практический опыт решения стандартных задач теории вероятности и математической статистики при решении задач теории массового обслуживания.</p>
ОПК.1.2 Осуществляет первичный сбор и анализ материала, интерпретирует различные математические и физические объекты	Умение осуществлять первичный сбор и анализ данных, интерпретировать различные математические объекты	<p>Неудовлетворител Не умеет осуществлять первичный сбор и анализ данных, интерпретировать различные математические объекты.</p> <p>Удовлетворительн Умеет осуществлять первичный сбор и анализ данных, интерпретировать различные математические объекты со значительными затруднениями.</p> <p>Хорошо</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p>Хорошо Умеет осуществлять первичный сбор и анализ данных, интерпретировать различные математические объекты с незначительными затруднениями.</p> <p>Отлично Умеет осуществлять первичный сбор и анализ данных, интерпретировать различные математические объекты.</p>
<p>ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук</p>	<p>Умение применять базовые понятия и знания математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений и вычислительной математики на практике</p>	<p>Неудовлетворител Не умеет применять базовые понятия и знания математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений и вычислительной математики на практике</p> <p>Удовлетворительн Умеет применять базовые понятия и знания математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений и вычислительной математики на практике со значительными затруднениями.</p> <p>Хорошо Умеет применять базовые понятия и знания математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений и вычислительной математики на практике с незначительными затруднениями.</p> <p>Отлично Умеет применять базовые понятия и знания математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений и вычислительной математики на практике.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС ПМИ

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук	Введение. Системы массового обслуживания. Свойства и характеристики потоков требований Пуассоновские потоки требований. Простейшие потоки требований различных типов Элементы теории марковских процессов Входное тестирование	основные понятия теории вероятности

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p>	<p>Системы массового обслуживания с ожиданием, с ожиданием и ограничением на длину очереди. Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>умение строить систему Колмогорова для математического описания марковских цепей с конечным числом состояний и непрерывным временем; умение строить систему Колмогорова для графа состояний "гибели и размножения"; умение находить предельные вероятности по построенным моделям; умение строить математическую модель для простой системы по ее словесному описанию и нахождение для неё предельных вероятностей. умение получать характеристики функционирования и качества обслуживания для системы массового обслуживания с отказами (одноканальной и многоканальной); разработка программы для определения времени выхода одноканальной системы на стационарный режим ; определение характеристик функционирования и качества обслуживания системы массового обслуживания с ожиданием и ограничением на длину очереди ($n=1$ и $n>1$); решение задачи об оптимизации структуры системы массового обслуживания.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук</p> <p>ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p> <p>ОПК.1.2 Осуществляет первичный сбор и анализ материала, интерпретирует различные математические и физические объекты</p>	<p>Использование имитационного моделирования для исследования систем массового обслуживания</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>умение использовать имитационное моделирование для исследования СМО</p>
<p>ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук</p> <p>ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p> <p>ОПК.1.2 Осуществляет первичный сбор и анализ материала, интерпретирует различные математические и физические объекты</p>	<p>Выполнение итогового проекта</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знать: Основные понятия теории массового обслуживания, основные классы систем массового обслуживания, методы их исследования. Уметь:</p> <p>Выбирать для реальных систем адекватные математические модели обслуживания, получать по готовым формулам основные характеристики функционирования и качества обслуживания систем массового обслуживания, выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем; решать задачу оптимизации системы массового обслуживания. Владеть:</p> <p>Знаниями основных понятий, утверждений, а так же методами исследования теории массового обслуживания</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение. Системы массового обслуживания. Свойства и характеристики потоков требований Пуассоновские потоки требований. Простейшие потоки требований различных типов Элементы теории марковских процессов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Каждый вопрос теста оценивается в 1 балл	10

Системы массового обслуживания с ожиданием, с ожиданием и ограничением на длину очереди. Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **3 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Оптимизация системы массового обслуживания	15
Нахождение оптимального количества каналов	10
Решение системы	3
Построение системы для определения предельных вероятностей	2

Использование имитационного моделирования для исследования систем массового обслуживания

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **3 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Разработка имитатора 2	15
Разработка имитатора 1	15

Выполнение итогового проекта

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **3 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**
 Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**
 Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Защита проекта	20
Тест	10
Теоретический вопрос	10