

**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 2019 г.

Пермь, 2019

## **1. Наименование дисциплины**

Системы массового обслуживания

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную 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)

**ПК.7** способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 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 аудиторские 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](http://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 и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.7</b> способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения: умение использовать прикладное программное обеспечение для вычисления основных показателей эффективности функционирования и качества обслуживания системы массового обслуживания любого типа</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не удовлетворяет требованиям на "удовлетворительно"</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> С посторонней помощью выбирает и использует прикладное программное обеспечение для вычисления основных показателей эффективности функционирования и качества обслуживания системы массового обслуживания любого типа, допускает существенные неточности или большинство показателей вычисляются неэффективно</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Самостоятельно умеет выбирать и использовать прикладное программное обеспечение для вычисления основных показателей эффективности функционирования и качества обслуживания системы массового обслуживания любого типа, но допускает некоторые неточности или некоторые показатели вычисляются неэффективно</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Самостоятельно умеет выбирать и использовать прикладное программное обеспечение для вычисления основных показателей эффективности функционирования и качества обслуживания системы массового обслуживания любого типа</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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Введение. Системы массового обслуживания. Свойства и характеристики потоков требований Пуассоновские потоки требований. Простейшие потоки требований различных типов Элементы теории марковских процессов <b>Входное тестирование</b>	основные понятия теории вероятности

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.7</b>  способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Системы массового обслуживания с ожиданием, с ожиданием и ограничением на длину очереди. Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания  <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></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 (<math>n=1</math> и <math>n&gt;1</math>); решение задачи об оптимизации структуры системы массового обслуживания.</p>
<p><b>ПК.7</b>  способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Использование имитационного моделирования для исследования систем массового обслуживания  <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>умение использовать имитационное моделирование для исследования СМО</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.7</b>  способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>Выполнение итогового проекта  <b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать: Основные понятия теории массового обслуживания, основные классы систем массового обслуживания, методы их исследования. Уметь:  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:  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, выставляемый 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, выставляемый 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, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Защита проекта	20
Тест	10
Теоретический вопрос	10