

**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 62485

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: **02.03.02** Фундаментальная информатика и информационные технологии  
направленность Открытые информационные системы

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

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

**02.03.02** Фундаментальная информатика и информационные технологии (направленность : Открытые информационные системы)

**ОПК.2** способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем

**ПК.3** способность строить компьютерные модели и проводить с их помощью исследования

**ПК.7** способность применять методологии компьютерного математического, информационного и имитационного моделирования, электронные библиотеки и коллекции, библиотеки и пакеты программ

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (направленность: Открытые информационные системы)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Системы массового обслуживания. Первый семестр

#### Введение. Свойства и характеристики потоков требований

Предмет, цель и задачи теории массового обслуживания. Структура и классификация систем массового обслуживания. Потоки требований. Свойства и характеристики потоков требований.

#### Пуассоновские потоки требований. Простейшие потоки требований различных типов

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.

#### Элементы теории марковских процессов

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.

Основные понятия и классификация систем массового обслуживания (СМО): по поведению заявки (с отказами, с очередью, смешанного типа); по характеру источника заявок (открытого и замкнутого типа); по дисциплине ожидания и обслуживания.

Параметры и характеристика СМО: параметры входящего потока; параметры структуры СМО. Показатели эффективности СМО. Формула Литтла.

#### 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

Одноканальная СМО с ограниченной очередью. Многоканальная СМО с ограниченной очередью. Одноканальная СМО с неограниченной очередью. Многоканальная СМО с неограниченной очередью.

#### Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания

Рассматриваются СМО с "нетерпеливыми заявками". Поток "уходов". Особенности вычисления показателей эффективности функционирования и качества обслуживания.

#### 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.

#### Замкнутые системы массового обслуживания

Рассматриваются одноканальные и многоканальные замкнутые СМО. Основные формулы для характеристик системы.

#### 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

### **Итоговое мероприятие**

Итоговое мероприятие проводится в письменной форме.

Работа состоит из трех частей - теста, теоретического вопроса и практического задания.

## **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. Лабскер Лев Григорьевич, Бабешко Людмила Олеговна Теория массового обслуживания в экономической сфере: Учеб. для вузов / Лев Григорьевич Лабскер, Людмила Олеговна Бабешко. - М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998, ISBN 5-238-00020-0. - 319.

### **Дополнительная:**

1. Теория массового обслуживания: краткий конспект и справочные материалы по курсу / Федер. агентство по образованию, Перм. гос. ун-т. - Пермь: ПГУ, 2007. - 1.

2. Чернов В. П. Теория массового обслуживания: учеб. пособие / В. П. Чернов. - Л.: ЛФЭИ, 1977. - 69. - Библиогр.: с. 68

## **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:

1. Среда разработки ПО Microsoft Visual C++ 2010 (2012, 2013) Express (бесплатная версия для учебных целей), либо кроссплатформенная среда разработки Code::Blocks (свободно распространяемое ПО) или любая среда разработки программ на языке высокого уровня.
2. Электронные таблицы.

При освоении материала и выполнении 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**

1) Для проведения лабораторных занятий требуется терминальный класс с не менее чем 12 компьютеров, или наличие персональных компьютеров.

2) Для проведения лекций и практических занятий требуется проектор

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера 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.3</b> способность строить компьютерные модели и проводить с их помощью исследования</p>	<p>умеет строить имитационную модель немарковской СМО и с её помощью проводить вычислительные эксперименты.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не удовлетворяет критериям из пункта "удовлетворительно"</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> Знать особенности использования методов статистического моделирования систем массового обслуживания. Уметь использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания. Не иметь представление о трудностях построения математических моделей систем массового обслуживания при потере марковости.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> Знать особенности использования методов статистического моделирования систем массового обслуживания. Уметь использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания. Иметь не четкое представление о трудностях построения математических моделей систем массового обслуживания при потере марковости.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> Знать особенности использования методов статистического моделирования систем массового обслуживания. Уметь использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания. Иметь представление о трудностях построения математических моделей систем массового обслуживания при потере марковости.</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.2</b>  способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем</p>	<p>умение создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели системы массового обслуживания с применением современных вычислительных систем</p>	<p><b>Неудовлетворител</b>  не умение создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели системы массового обслуживания с применением современных вычислительных систем</p> <p><b>Удовлетворительн</b>  умение создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели системы массового обслуживания с применением современных вычислительных систем, но испытывает значительные трудности</p> <p><b>Хорошо</b>  умение создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели системы массового обслуживания с применением современных вычислительных систем, но испытывает незначительные трудности</p> <p><b>Отлично</b>  умеет создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели системы массового обслуживания с применением современных вычислительных систем</p>
<p><b>ПК.7</b>  способность применять методологии компьютерного математического, информационного и имитационного моделирования, электронные библиотеки и коллекции, библиотеки и пакеты программ</p>	<p>Умение использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания</p>	<p><b>Неудовлетворител</b>  Не умеет использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания</p> <p><b>Удовлетворительн</b>  Умеет использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания, но испытывает значительные трудности</p> <p><b>Хорошо</b>  Умеет использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания, но испытывает незначительные трудности</p> <p><b>Отлично</b>  Умеет использовать имитационное моделирование для исследования систем массового обслуживания</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.2</b> способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем <b>ПК.3</b> способность строить компьютерные модели и проводить с их помощью исследования	Системы массового обслуживания. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	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.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.2</b> способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем</p> <p><b>ПК.3</b> способность строить компьютерные модели и проводить с их помощью исследования</p>	<p>Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>умение получать характеристики функционирования и качества обслуживания для системы массового обслуживания с отказами (одноканальной и многоканальной);</p> <p>разработка программы для определения времени выхода одноканальной системы на стационарный режим ;</p> <p>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>ОПК.2</b> способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем</p> <p><b>ПК.3</b> способность строить компьютерные модели и проводить с их помощью исследования</p> <p><b>ПК.7</b> способность применять методологии компьютерного математического, информационного и имитационного моделирования, электронные библиотеки и коллекции, библиотеки и пакеты программ</p>	<p>Использование имитационного моделирования для исследования систем массового обслуживания</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>разработка алгоритма и программы для имитационного моделирования СМО</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.2</b> способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем</p> <p><b>ПК.3</b> способность строить компьютерные модели и проводить с их помощью исследования</p> <p><b>ПК.7</b> способность применять методологии компьютерного математического, информационного и имитационного моделирования, электронные библиотеки и коллекции, библиотеки и пакеты программ</p>	<p>Итоговое мероприятие</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>умение четко излагать на русском языке теоретический материал; знание основных понятий теории массового обслуживания; умение решать задачи по определению основных характеристик СМО.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Системы массового обслуживания.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
<p>Мероприятие носит накопительный характер. В него включаются 2 лабораторные работы, в рамках которых требуется выполнить 5 заданий. Каждое задание оценивается в 5 баллов. Максимальный балл за задание выставляется, если получены верные числовые результаты и даны полные объяснения. За задание выставляется 3 балла, если допущены ошибки вычисления, но объяснения полные, или вычислительных ошибок нет, но пояснения неполные. Если есть вычислительные ошибки и пояснения неполные, то выставляется только 1 балл. Если при выполнении задания требуется использовать электронные таблицы или написать программу, то при оценке результатов учитывается оптимальность алгоритмов.</p>	25
<p>Лабораторная работа 2</p>	15
<p>Лабораторная работа 1</p>	10

#### Системы массового обслуживания с ограничением на время ожидания

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**  
 Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Мероприятие носит накопительный характер. В него включаются 2 лабораторные работы, в рамках которых требуется выполнить 5 заданий. Каждое задание оценивается в 5 баллов. Максимальный балл за задание выставляется, если получены верные числовые результаты и даны полные объяснения. За задание выставляется 3 балла, если допущены ошибки вычисления, но объяснения полные, или вычислительных ошибок нет, но пояснения неполные. Если есть вычислительные ошибки и пояснения неполные, то выставляется только 1 балл. Если при выполнении задания требуется использовать электронные таблицы или написать программу, то при оценке результатов учитывается оптимальность алгоритмов.	25
Лабораторная работа 4	13
Лабораторная работа 3	12

#### **Использование имитационного моделирования для исследования систем массового обслуживания**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**  
 Проходной балл: **8**

Показатели оценивания	Баллы
Мероприятие носит накопительный характер. Предлагается реализовать два имитатора СМО. Каждый имитатор оценивается в 10 баллов. Баллы снимаются за неоптимальность алгоритма, за ошибки в определении характеристик СМО.	20
Имитатор 1	10
Имитатор 2	10

#### **Итоговое мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **3 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**  
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Тест	10
Решение практической задачи В практической задаче - за неверно полученный числовой ответ снимаются баллы.	10

Содержания ответа на теоретический вопрос В теоретическом вопросе баллы снимаются за неполноту ответа.	8
Логика изложения теоретического вопроса	2