

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
математического анализа



(подпись)

А.Д. Баев

03.07.2018

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.04.02 Теория массового обслуживания

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**  
02.04.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки/специализации/магистерская программа:** Математические методы в экономике и финансах
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Магистр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра математического анализа
- 6. Составители программы:**  
Бахтина Жанна Игоревна, к. ф.-м. н.
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим Советом математического факультета, протокол №0500-07 от 03.07.2018г.
- 8. Учебный год:** 2018/2019 **Семестр(-ы):** 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

### *Цели изучения дисциплины:*

Основная цель дисциплины «Теория массового обслуживания» состоит в приобретении студентами базовых знаний и представлений о теории массового обслуживания и применении ее к решению практических задач. Основное внимание при этом уделяется освоению студентами основных методов, применяемых для анализа систем массового обслуживания (СМО) различной структуры и сетей СМО.

### *Задачи дисциплины:*

– освоение методики решения задач математического и статистического моделирования СМО и сетей СМО;

– приобретение навыков анализа результатов решения различных практических задач с помощью теории массового обслуживания.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Вариативная часть, дисциплина по выбору.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	знать: основные понятия теории массового обслуживания, основные классы систем массового обслуживания, методы их исследования  уметь: выбирать для реальных систем адекватные математические модели обслуживания;  математически корректно применять методы исследования моделей массового обслуживания;  Получать основные вероятностно-временные характеристики моделей обслуживания;  Выполнять интерпретацию математических результатов для реальных систем.  владеть (иметь навык(и)): приемами поиска, критического анализа и синтеза информации, системным подходом для решения поставленных задач
ОК-3	готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	уметь: управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
ПК-1	способность находить, формулировать и ре-	знать: приемы применения математических знаний

	шать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики	для решения задач массового обслуживания владеть: способами консультирования и использования фундаментальных знаний в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности
ПК-2	способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках	уметь: проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации зачет.**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		1 сем.	...	5 сем.
Аудиторные занятия	36	36		
в том числе лекции	18	18		
практические				
лабораторные	18	18		
Самостоятельная работа	36	36		
Итого:	72	72		

**13.1. Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Общие сведения о системах массового обслуживания и о сетях массового обслуживания	Предмет и задачи теории массового обслуживания. Определение СМО. Основные элементы СМО. Классификация СМО: а) по входному потоку, б) по структуре, в) по дисциплине обслуживания. Общие сведения о сетях СМО. Основные методы исследования СМО, сетей СМО, математический аппарат.
2	Свойства и характеристики потоков. Время обслуживания	Простейший поток требований. Свойства вероятностей $P_k(t)$ . Интенсивность и параметр потока. Простейший нестационарный поток. Свойство стационарных потоков. Общая форма стационарного потока без последствия.

		Функции Пальма-Хинчина. Формулы Пальма-Хинчина. Потоки с ограниченным последствием.
3	СМО с потерями	Обслуживающее устройство. Задача Эрланга для конечного числа приборов. Задача Эрланга для регулярного потока. Задача Пальма.
4	СМО с ожиданием	Простейшая однолинейная СМО с ожиданием. Однолинейная СМО в случае постоянной длительности обслуживания. Многолинейные СМО с ожиданием. Некоторые специальные СМО.
5	Управляемые системы массового обслуживания (УСМО)	Критерии оптимальности УСМО. Общие методы изучения УСМО. УСМО с резервными приборами с управлением по длине очереди.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Общие сведения о системах массового обслуживания и о сетях массового обслуживания	2		2	4	8
2	Свойства и характеристики потоков. Время обслуживания	1		1	4	12
3	СМО с потерями	4		4	4	20
4	СМО с ожиданием	5		5	10	8
5	Управляемые системы массового обслуживания (УСМО)	6		6	14	24
Итого		18		18	36	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

В целом самостоятельная работа студентов направлена на более глубокое изучение студентами отдельных вопросов курса с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников и включает:

- самостоятельное изучение студентами отдельных вопросов, связанных с отдельными частями курса. Необходимые для занятий информационные материалы предоставляются студентам в электронном виде;
- перечень разделов курса, представляемых студентам в форме раздаточного материала с пометкой «самостоятельно»;
- дополнительная проработка лекционных материалов по записям прочитанных лекций и представленного раздаточного материала по тематике курса;
- подготовка к участию в работе практических занятий по предусмотренным программой темам;
- формирование неясных вопросов для их рассмотрения во время лекционных и практических занятий с помощью преподавателя.

Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса, самостоятельно прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендуемой учебной литературы, учебно-методических пособий, согласно указанному списку (п.15, 16).

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины:

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов литературы)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Пучков В.Ф. <i>Методология построения математических моделей и оценка параметров динамики экономических систем [Электронный ресурс] : монография / В.Ф. Пучков, Г.В. Грацинская. — Электрон. дан. — Москва : Креативная экономика, 2011. — 240 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/3993">https://e.lanbook.com/book/3993</a>.</i>
2	Козлов В.Г. <i>Теория массового обслуживания [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 57 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/10921">https://e.lanbook.com/book/10921</a></i>
3	Карташевский В.Г. <i>Основы теории массового обслуживания [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 130 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/63236">https://e.lanbook.com/book/63236</a></i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Ивницкий В.А. <i>Теория сетей массового обслуживания / В. А. Ивницкий .— М. : Физматлит, 2004 .— 772 с.</i>
5	Кирпичников А.П. <i>Прикладная теория массового обслуживания / А.П. Кирпичников ; [науч. ред. А.М. Елизаров] .— Казань : Издательство Казанского государственного университета, 2008 .— 116, [1] с.</i>
6	Замков О.О. <i>Математические методы в экономике : учебник / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных ; [Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломо-</i>

	<i>носова]</i> ; под общ. ред. А.В. Сидоровича .— 5-е изд., испр. — М. : Дело и Сервис, 2009 .— 383 с.
7	<i>Линейное программирование : учебное пособие : [для студ. 2 и 3 к. специальности "Прикладная математика и информатика" и направления "Бизнес-информатика" дневной и вечерней формы обучения фак. прикладной математики, информатики и механики Воронеж. гос. ун-та : для специальности 010501 - Прикладная математика и информатика и направления 080700 - Бизнес-информатика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.Я. Аснина, Н.Г. Аснина .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011 .— 62 с.</i>
8	<i>Пелих А.С., Терехов Л.Л., Терехова Л.А.. Экономико-математические методы и модели в управлении производством/ А.С.Пелих, Л.Л.Терехов, Л.А. Терехова. — Ростов-на-Дону, «Феникс», 2005. – 248 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – официальный сайт библиотеки ВГУ
10	<a href="http://www.math.vsu.ru">http://www.math.vsu.ru</a> – официальный сайт математического факультета ВГУ

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	<i>Экономика организации (предприятия, фирмы) : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "экономика" и экономическим специальностям / О.В. Антонова [и др.] ; под ред. Б.Н. Чернышева, В.Я. Горфинкеля .— М. : Вузовский учебник, 2008 .— 534</i>

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

Осуществляется интерактивная связь с преподавателем через сеть интернет, проводятся индивидуальные онлайн консультации.

Доклады осуществляются с использованием презентационного оборудования.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебные аудитории для проведения лекционных и лабораторных занятий. Доска, мел, тряпка, учебные пособия, компьютер.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОК-1 Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	<p><u>Знать:</u> экономико-математические методы моделирования хозяйства</p> <p><u>Уметь:</u> осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p> <p><u>Владеть:</u> приемами поиска, критического анализа и синтеза информации, системным подходом для решения поставленных задач</p>	<p>Общие сведения о системах массового обслуживания и о сетях массового обслуживания</p> <p>Свойства и характеристики потоков</p> <p>Время обслуживания</p> <p>СМО с потерями</p> <p>СМО с ожиданием</p> <p>Управляемые системы массового обслуживания (УСМО)</p>	Контрольная работа

<p>ОК-3 Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала</p>	<p><u>Уметь:</u> управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни</p>		
<p>ОПК-1 Способность находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики</p>	<p><u>Знать:</u> приемы применения математических знаний для решения экономических задач дисциплины</p> <p><u>Владеть:</u> способами консультирования и использования фундаментальных знаний в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности</p>	<p>СМО с потерями СМО с ожиданием</p>	



ОПК-2 Способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках	<u>Уметь:</u> проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	
Промежуточная аттестация		

## 19.2. Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения)

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Сформированные знания об основных терминах и инструментах дисциплины, о методах самоконтроля и приобретения новых навыков. Сформированное умение абстрактно мыслить, анализировать, производить синтез, самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций, изменения вида своей профессиональной деятельности.	<i>Зачтено</i>
Фрагментарные знания или отсутствие знаний.	<i>Не зачтено</i>

Для оценивания результатов обучения во время контрольной работы используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>Сформированные знания об основных терминах и инструментах дисциплины, о методах самоконтроля и приобретения новых навыков.</p> <p>Сформированное умение абстрактно мыслить, анализировать, производить синтез, самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций, изменения вида своей профессиональной деятельности.</p>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных терминах и инструментах дисциплины, о методах самоконтроля и приобретения новых навыков.</p> <p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение абстрактно мыслить, анализировать, производить синтез, самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций, изменения вида своей профессиональной деятельности.</p>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<p>Неполное представление об основных терминах и инструментах математического анализа, о методах самоконтроля и приобретения новых навыков.</p> <p>Успешное, но не системное умение абстрактно мыслить, анализировать, производить синтез, самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций, изменения вида своей профессиональной деятельности.</p>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Фрагментарные знания или отсутствие знаний.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

**19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

## Контрольная работа

### Вариант 1

1. В чем состоит отсутствие последствия потока событий. Можно ли считать поток пассажиров, входящих на станцию метро, потоком без последствия? Приведите примеры потоков без последствия и потоков, имеющих последствия.
2. Дайте определение простейшего потока заявок. Поток пассажиров покидающих станцию метро можно считать простейшим?
3. Перечислите основные элементы системы массового обслуживания (СМО). Приведите примеры СМО с ожиданием и с потерями.
4. Как найти  $P_k(t)$  – вероятность того, что за некоторый промежуток времени длительности  $t$  поступит  $k$  требований простейшего потока? Найдите вероятность того, что за 15 минут в аэропорт придут 3 самолета, если известно, что в аэропорт прибывает пуассоновский поток самолетов, в среднем 2 самолета за 5 минут.
5. На АТС, имеющую 4 линии связи, поступает простейший поток вызовов, интенсивность которого  $\lambda = 3$  вызова в минуту. Возможные повторные вызовы также входят в этот поток. Вызов, заставший все линии занятыми, получает отказ. Средняя длительность разговора  $\bar{t}_{\text{обс}} = 2$  мин.  
Найти: а) вероятность отказа ( $P_{\text{отк.}}$ );  
б) пропускные способности АТС. ( $q$  – относительную пропускную способность и  $Q$  – абсолютную пропускную способность).

### Вопросы к зачету

1. Простейший нестационарный поток. (Вывод уравнений для определения вероятностей  $P_k(r,t)$ ).
2. Основные характеристики СМО М/М/п с ожиданием.
3. В речпорт прибывает пуассоновский поток судов, в среднем 6 судов за 12 минут. Найти вероятность того что за 40 минут придут 10 судов.
4. Потоки с ограниченным последствием.
5. Вывод уравнений для  $P_k(r,t)$  для СМО М/М/п с потерями.
6. На АТС поступает простейший поток вызовов, в среднем 15 вызовов за 15 минут. Найти вероятность того что за 1 час поступят от 5 до 10 вызовов. Формулы Пальма-Хинчина.
7. Области применения СМО и сетей СМО.
8. На вход трехканальной СМО с “чистым” ожиданием поступает простейший поток требований с интенсивностью 4 требования в час. Время обслуживания требования показательное с параметром  $\mu = 2$  (1/мин). Определить, существует ли стационарный процесс обслуживания требований. Если такой режим существует, то найти вероятности  $P_k$  ( $k=0,3$ ) состояний СМО, вероятность наличия очереди и среднюю ее длину. Вывод уравнений Эрланга для СМО М/М/п.
9. Линейные стохастические сети. Интенсивность потоков требований. Структура сети.
10. Решение методом производящих функций уравнений для определения  $P_k(r,t)$  (для простейшего нестационарного потока).
11. Методы исследования СМО, сетей СМО. Математический аппарат.
12. Разомкнутые линейные показательные (экспоненциальные) сети.
13. СМО М/М/п с ожиданием.
14. Критерии оптимальности УСМО. Общие методы изучения УСМО.
15. Интенсивность и параметр потока.
16. СМО М/М/1 с отказами. Основные характеристики этой системы.

17. Дан пуассоновский поток вызовов с параметром  $15^{-1}$  минуты. Найти вероятность того, что длина интервала между соседними вызовами составит от 6 до 9 минут.
18. Классификация СМО (по входному потоку, по структуре, по дисциплине обслуживания).
19. Основные характеристики случайного процесса  $N(t)$  для СМО типа  $M/M/n$  с потерями.
20. На автовокзал прибывает пуассоновский поток автобусов, в среднем 10 автобусов за 20 минут. Найти вероятность того, что за 1 час придут 30 автобусов.
21. Вывод дифференциальных уравнений для  $P_k(t)$  для простейшего потока. Решение этих уравнений методом производящих функций.
22. Методы исследования однолинейных СМО с рекуррентным обслуживанием.
23. На вход СМО  $M/M/2$  ожиданием поступает простейший поток с интенсивностью 10 треб./час. Время обслуживания требования 6 (1/мин.). Найти все основные характеристики этой СМО.