

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
математического анализа  
Шабров С.А.



13.05.2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.02 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 и компьютерные технологии в естествознании, экономике и управлении
- 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 № 0500-03 от 24.03.2022
- 8. Учебный год:** 2022/2023 **Семестр(-ы):** 2

## 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	
ПК-2.1	Владеет современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках	Владеет современными методами сбора и анализа материала по математическому моделированию в теории оптимального управления хозяйством, способами его аргументации. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках
ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области моделирования оптимального управления хозяйством
ПК-3.3	Имеет практический опыт методической и экспертной работы в области математики и информатики	Имеет практический опыт методической и экспертной работы в области математики и информатики

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 3/108.

Форма промежуточной аттестации зачет.

### 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		2 сем.	...	
Аудиторные занятия	28	28		
в том числе лекции	14	14		
практические	14	14		
лабораторные				
Самостоятельная работа	80	80		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./экзамен – <u>36</u> час.)	0	0		
Итого:	108	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 массо-	2		2	16	20

	вого обслуживания					
2	Свойства и характеристики потоков. Время обслуживания	2		2	16	20
3	СМО с потерями	2		2	16	20
4	СМО с ожиданием	4		4	16	24
5	Управляемые системы массового обслуживания (УСМО)	4		4	16	24
Итого		14		14	80	108

#### 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:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Пучков В.Ф. 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	<i>Козлов В.Г. 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	<i>Карташевский В.Г. 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. Теория сетей массового обслуживания / В. А. Ивницкий .— М. : Физматлит, 2004 .— 772 с.
5	Кирпичников А.П. Прикладная теория массового обслуживания / А.П. Кирпичников ; [науч. ред. А.М. Елизаров] .— Казань : Издательство Казанского государственного университета, 2008 .— 116, [1] с.
6	Замков О.О. Математические методы в экономике : учебник / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных ; [Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова] ; под общ. ред. А.В. Сидоровича .— 5-е изд., испр. — М. : Дело и Сервис, 2009 .— 383 с.
7	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.
8	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.

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	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

**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:**

Специализированная мебель.

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно - правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

При реализации дисциплины с использованием дистанционного образования возможны дополнения материально-технического обеспечения дисциплины

## 19. Фонд оценочных средств:

### Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Общие сведения о системах массового обслуживания и о сетях массового обслуживания	ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ 3	ПКВ-1.2, ПКВ-2.1, ПКВ-3.3	
2	Свойства и характеристики потоков. Время обслуживания	ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ 3	ПКВ-1.2, ПКВ-2.1, ПКВ-3.3	
3	СМО с потерями	ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ 3	ПКВ-1.2, ПКВ-2.1, ПКВ-3.3	Контрольная работа
4	СМО с ожиданием	ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ 3	ПКВ-1.2, ПКВ-2.1, ПКВ-3.3	
5	Управляемые системы массового обслуживания (УСМО)	ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ 3	ПКВ-1.2, ПКВ-2.1, ПКВ-3.3	Контрольная работа
Промежуточная аттестация Форма контроля - экзамен				Перечень вопросов к экзамену

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

#### 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  $M/M/n$  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  $M/M/n$  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  $M/M/n$ .
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  $M/M/n$  с ожиданием.
14. Критерии оптимальности УСМО. Общие методы изучения УСМО.
15. Интенсивность и параметр потока.
16. СМО  $M/M/1$  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 М/М/2 ожиданием поступает простейший поток с интенсивностью 10 треб./час. Время обслуживания требования 6 (1/мин.). Найти все основные характеристики этой СМО.

**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
Сформированные знания об основных терминах и инструментах дисциплины, о методах самоконтроля и приобретения новых навыков. Сформированное умение абстрактно мыслить, анализировать, производить синтез, самостоятельно применять	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>



<p>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>		
<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>
<p>Фрагментарные знания или отсутствие знаний.</p>	–	<i>Неудовлетворительно</i>