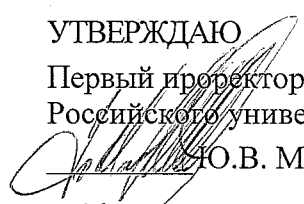


Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-
Российского университета

 О.В. Машин

«20» / 12, 2019 г.

Регистрационный № УД-010304/Б.1.В.19.2/р.

ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) Разработка программного обеспечения

Квалификация Бакалавр

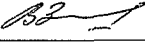
	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	5
Лекции, часы	34
Практические занятия, часы	16
Зачёт, семестр	5
Контактная работа по учебным занятиям, часы	50
Самостоятельная работа, часы	58
Всего часов / зачетных единиц	108/ 3

Кафедра-разработчик программы: «Высшая математика»

Составитель: В. Г. Замураев, к. ф.-м. н., доцент

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика № 11 от 10.01.2018 г., учебным планом рег. № 010304-1 от 25.10.2019 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Высшая математика»
28.11.2019 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой  В.Г. Замураев

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом
Белорусско-Российского университета

«18» декабря 2019 г., протокол № 3.

Зам. председателя
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

Рецензент:

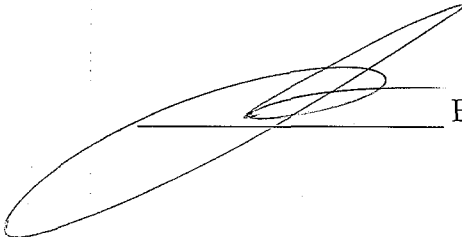
В. И. Зеленков, доцент кафедры высшей математики и математической физики
физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического
отдела

 В.А. Кемова

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач методы и модели теории массового обслуживания.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания, используемые при изучении других учебных дисциплин и при решении задач, возникающих в профессиональной деятельности;

уметь:

- применять свои знания к решению практических задач;
- пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов;

владеть:

- математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа для задач, возникающих в профессиональной деятельности и решаемых методами теории массового обслуживания.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 "Дисциплины (модули)" (часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений (элективные дисциплины)).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- дискретная математика;
- линейная алгебра;
- математический анализ;
- аналитическая геометрия;
- обыкновенные дифференциальные уравнения;
- теория вероятностей и случайные процессы;
- дифференциальные уравнения в частных производных;
- математическая статистика;
- теория функций комплексной переменной.

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- методы анализа больших данных;
- искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети.

Кроме того, результаты изучения дисциплины используются в ходе практики и при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-1	Способен формулировать постановки задач моделирования,

	осуществлять анализ математических моделей и проверять их корректность
ПК-2	Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Определяющие параметры СМО. Входящий поток. Структура системы. Времена обслуживания заявок. Дисциплина обслуживания. Показатели производительности СМО. Классификация СМО	Случайный поток и его свойства. Пуассоновский поток. Пуассоновский нестационарный поток. Пуассоновский неординарный поток. Разреживание и суперпозиция пуассоновских потоков. Марковский поток. Рекуррентный поток. Времена обслуживания заявок. Дисциплина обслуживания. Показатели производительности СМО. Классификация Кендалла. Марковские модели. Другие классификации.	ПК-1, ПК-2
2	Сети массового обслуживания. Свойства распределений для некоторых типов рекуррентных входящего потока и обслуживания	Сети массового обслуживания. Частные случаи рекуррентного потока. Некоторые распределения времени обслуживания. Распределения фазового типа.	ПК-1, ПК-2
3	Простейшие марковские модели. Система М/М/1/∞	Система М/М/1/∞: уравнения, описывающие распределение числа заявок в системе, стационарное распределение очереди, стационарное распределение времени пребывания заявки в системе, формулы Литтла, нестационарные характеристики, выходящий поток.	ПК-1, ПК-2
4	Система М/М/п /г. Система М/М/1/∞ с «нетерпеливыми» заявками	Системы М/М/п /г и М/М/1/∞ с «нетерпеливыми» заявками: уравнения, описывающие распределение числа заявок в системе, стационарное распределение очереди, стационарное	ПК-1, ПК-2

		распределение времени пребывания заявки в системе, нестационарные характеристики, выходящий поток.	
5	Система с конечным числом источников. Система $M[\lambda]/M/1/\infty$ с групповым поступлением заявок	Система с конечным числом источников и система $M[\lambda]/M/1/\infty$ с групповым поступлением заявок: уравнения, описывающие распределение числа заявок в системе, стационарное распределение очереди, стационарное распределение времени пребывания заявки в системе, нестационарные характеристики.	ПК-1, ПК-2
6	Система $M/E_m/1/\infty$. Система $M/M/1/0$ с повторными заявками	Система $M/E_m/1/\infty$: система уравнений, описывающих марковский процесс, стационарное распределение очереди, стационарное распределение времени пребывания заявки в системе, нестационарные характеристики. Система $M/M/1/0$ с повторными заявками: уравнения, описывающие распределение числа повторных заявок в системе, стационарное распределение числа повторных заявок, нестационарные характеристики.	ПК-1, ПК-2
7	Система $M/G/1/\infty$: методы исследования. Вложенная цепь Маркова	Вложенная цепь Маркова. Стационарные вероятности состояний для вложенной цепи Маркова. Стационарное распределение очереди по времени. Нестационарные вероятности состояний для вложенной цепи Маркова. Описание вложенной цепи Маркова в терминах случайного блуждания.	ПК-1, ПК-2
8	Виртуальное время ожидания. Введение дополнительной переменной: остаточное время обслуживания	Виртуальное время ожидания. Уравнение Такача. Стационарное распределение времени пребывания заявки в системе. Нестационарное распределение виртуального времени ожидания. Марковский процесс, описывающий функционирование системы. Стационарные вероятности состояний. Совместное стационарное распределение числа заявок в системе и времени ожидания начала обслуживания.	ПК-1, ПК-2

		Нестационарные характеристики.	
9	Введение дополнительной переменной: прошедшее время обслуживания. Использование процессов восстановления	Марковский процесс, описывающий функционирование системы. Уравнения для стационарных вероятностей марковского процесса. Граничные условия. Стационарные вероятности состояний. Использование процессов восстановления: период занятости, характеристики системы на одном периоде занятости, нестационарные характеристики, стационарное совместное распределение числа заявок в системе и времени ожидания начала обслуживания.	ПК-1, ПК-2
10	Другие простейшие немарковские модели. Система $M/G/\infty$. Система $G/G/\infty$. Система $M/D/n/\infty$. Система $G/M/1/\infty$	Система $M/G/\infty$: нестационарное и стационарное распределения числа заявок в системе, выходящий поток. Система $G/G/\infty$: система уравнений для вероятностей состояний, нестационарные и стационарные вероятности состояний. Система $M/D/n/\infty$: вложенная цепь Маркова, стационарные вероятности состояний. Система $G/M/1/\infty$: вложенная цепь Маркова, стационарные вероятности состояний по вложенной цепи Маркова, стационарное распределение числа заявок в системе по времени.	ПК-1, ПК-2
11	Система $M/G/1/r$. Система $M/G/n/0$	Система $M/G/1/r$: марковский процесс, описывающий функционирование системы, стационарные вероятности состояний. Система $M/G/n/0$: система уравнений, описывающих марковский процесс, стационарное распределение числа заявок в системе, выходящий поток.	ПК-1, ПК-2
12	Система $MAP/G/1/r$	Система уравнений. Решение уравнений: рекуррентный матричный алгоритм. Вычисление матричных экспоненциальных моментов. Основные показатели производительности системы. Стационарные распределения для вложенных цепей Маркова. Стационарные распределения времени ожидания по дисциплине	ПК-1, ПК-2

		FCFS. Стационарное распределение интервалов между выходами обслуженных заявок.	
13	Система M/G/1/∞: некоторые специальные дисциплины обслуживания. Обслуживание ненадежным прибором. Абсолютный приоритет	Система M/G/1/∞ с ненадежным прибором: время обслуживания заявки, вложенная цепь Маркова, стационарные вероятности состояний по вложенной цепи Маркова, стационарные вероятности состояний по времени. Система M2/G2/1/∞ с абсолютным приоритетом.	ПК-1, ПК-2
14	Инверсионный порядок обслуживания с вероятностным приоритетом	Инверсионный порядок обслуживания с вероятностным приоритетом: марковский процесс, описывающий функционирование системы, система с конечным числом мест ожидания, основное свойство марковского процесса, стационарные вероятности состояний, время пребывания заявки в системе, выходящий поток.	ПК-1, ПК-2
15	Система M2/G2/1/∞ с относительным приоритетом. Равномерное разделение прибора. Ограничение на время ожидания начала обслуживания	Система M2/G2/1/∞ с относительным приоритетом (случай двух потоков): периоды занятости и числа обслуженных на них заявок, уравнения для стационарных вероятностей состояний, граничные условия, стационарные вероятности состояний, стационарные распределения времен ожидания начала обслуживания заявок. Равномерное разделение прибора: случайная замена времени, стационарные вероятности состояний в «фиктивном» и в реальном времени, время пребывания заявки в системе, выходящий поток. Ограничение на время ожидания начала обслуживания.	ПК-1, ПК-2
16	Случайный выбор из очереди. Преимущественное разделение прибора заявками минимальной обслуженной длины. Обслуживание кратчайшей заявки	Ветвящийся процесс. Исследование ветвящегося процесса. Время пребывания заявки в системе. Преимущественное разделение прибора заявками минимальной обслуженной длины: время пребывания заявки в системе, марковский процесс, описывающие число заявок в системе, стационарные вероятности состояний. Обслуживание	ПК-1, ПК-2

		наикратчайшей заявки: периоды занятости системы, характеристики на одном периоде занятости, нестационарные и стационарные характеристики обслуживания, время обслуживания, оптимальность дисциплины SRPT.	
17	Сети массового обслуживания. Описание класса сетей. Открытые экспоненциальные сети. Замкнутые экспоненциальные сети	Описание класса сетей. Открытые и замкнутые СеМО. Открытые экспоненциальные сети: мультипликативное представление стационарного распределения числа заявок в узлах, теорема Джексона, показатели производительности сети. Замкнутые экспоненциальные сети: мультипликативное представление стационарного распределения числа заявок в узлах, теорема Гордона- Ньюелла, метод свёртки для расчёта нормирующего множителя, показатели производительности узлов сети.	ПК-1, ПК-2

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	1. Определяющие параметры СМО. Входящий поток. Структура системы. Времена обслуживания заявок. Дисциплина обслуживания. Показатели производительности СМО. Классификация СМО	2			4		
2	2. Сети массового обслуживания. Свойства распределений для некоторых типов рекуррентных входящего потока и обслуживания	2	Пр. зан. 1. Вероятностный аппарат теории массового обслуживания	2	2		
3	3. Простейшие марковские модели. Система М/М/1/∞	2			4		
4	4. Система М/М/п /г. Система М/М/1/∞ с «нетерпеливыми» заявками	2	Пр. зан. 2. Определяющие параметры СМО	2	2		
5	5. Система с конечным числом источников. Система М[λ]/М/1/∞ с групповым поступлением заявок	2			4		
6	6. Система М/Е _m /1/∞. Система М/М/1/0	2	Пр. зан. 3. Простейшие марковские	2	2		

	с повторными заявками		модели: системы $M/M/1/\infty$, $M/M/n/r$, $M/M/1/\infty$ с «нетерпеливыми» заявками				
7	7. Система $M/G/1/\infty$: методы исследования. Вложенная цепь Маркова	2			4		
8	8. Виртуальное время ожидания. Введение дополнительной переменной: остаточное время обслуживания	2	Пр. зан. 4. Простейшие марковские модели: системы с конечным числом источников, $M[\lambda]/M/1/\infty$ с групповым поступлением заявок, $M/E_n/1/\infty$, $M/M/1/0$ с повторными заявками	2	7	КР ПКУ	30 30
Модуль 2							
9	9. Введение дополнительной переменной: прошедшее время обслуживания. Использование процессов восстановления	2			4		
10	10. Другие простейшие немарковские модели. Система $M/G/\infty$. Система $G/G/\infty$. Система $M/D/n/\infty$. Система $G/M/1/\infty$	2	Пр. зан. 5. Методы исследования системы $M/G/1/\infty$	2	2		
11	11. Система $M/G/1/r$. Система $M/G/n/0$	2			4		
12	12. Система $MAP/G/1/r$	2	Пр. зан. 6. Простейшие немарковские модели	2	2		
13	13. Система $M/G/1/\infty$: некоторые специальные дисциплины обслуживания. Обслуживание ненадёжным прибором. Абсолютный приоритет	2			4		
14	14. Инверсионный порядок обслуживания с вероятностным приоритетом	2	Пр. зан. 7. Некоторые специальные дисциплины обслуживания системы $M/G/1/\infty$ с абсолютным приоритетом	2	2		
15	15. Система $M2/G2/1/\infty$ с относительным приоритетом. Равномерное разделение прибора. Ограничение на время ожидания начала обслуживания	2			4		
16	16. Случайный выбор из очереди. Преимущественное разделение прибора заявками минимальной обслуженной длины. Обслуживание кратчайшей заявки	2	Пр. зан. 8. Некоторые специальные дисциплины обслуживания системы $M/G/1/\infty$ с относительным приоритетом	2	7	КР	30
17	17. Сети массового обслуживания. Описание класса сетей. Открытые экспоненциальные сети. Замкнутые экспоненциальные сети	2				ПКУ ПА (зачёт)	30 40
	Итого	34		16	58		100

Принятые обозначения:

Текущий контроль –

КР – контрольная работа;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости;

ПА - промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий	Практические занятия	Всего часов
		Лекции		
1	Традиционные	1,2	1-8	20
2	Мультимедиа	3-17		30
	ИТОГО			50

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к зачёту	1
2	Билеты к зачёту	1
3	Контрольные задания	2

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
<i>ПК-1. Способен формулировать постановки задач моделирования, осуществлять анализ математических моделей и проверять их корректность</i>			
<i>ПК-1.10. Способен использовать знание теории массового обслуживания при постановке задач моделирования и анализе математических моделей</i>			
1	Пороговый уровень	Способен использовать знание теории массового обслуживания при математической постановке типовых задач моделирования	Знает и понимает основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания, умеет применять свои знания к решению типовых учебных задач, умеет пользоваться справочной литературой, владеет базовым математическим аппаратом
2	Продвинутый уровень	Способен использовать знание теории массового обслуживания при математической постановке стандартных задач моделирования и анализе	Умеет применять свои знания к решению стандартных учебных задач, умеет пользоваться математической

		математических моделей	литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеет математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа
3	Высокий уровень	Способен использовать знание теории массового обслуживания при формулировке содержательной, концептуальной и математической постановки сложных задач моделирования и при анализе математических моделей	Умеет применять свои знания к решению нестандартных задач, способен оценивать результаты и развивать вероятностные методы и модели
<i>ПК-2. Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты</i>			
<i>ПК-2.16 Способен применять знание теории массового обслуживания при выборе аналитических или алгоритмических методов решений задач, осуществлять поиск решений, анализировать результаты</i>			
1	Пороговый уровень	Способен применять знание теории массового обслуживания при выборе методов решений типовых задач, осуществлять поиск решений	Знает и понимает основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания, умеет применять свои знания к решению типовых учебных задач, умеет пользоваться справочной литературой, владеет базовым математическим аппаратом
2	Продвинутый уровень	Способен применять знание теории массового обслуживания при выборе методов решений стандартных задач, осуществлять поиск решений, анализировать результаты	Умеет применять свои знания к решению стандартных учебных задач, умеет пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеет математическим

			аппаратом и навыками моделирования и анализа
3	Высокий уровень	Способен применять знание теории массового обслуживания при выборе методов решений сложных задач, осуществлять поиск решений, анализировать результаты	Умеет применять свои знания к решению нестандартных задач, способен оценивать результаты и развивать вероятностные методы и модели

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
<i>ПК-1. Способен формулировать постановки задач моделирования, осуществлять анализ математических моделей и проверять их корректность</i>	
Знает и понимает основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания, умеет применять свои знания к решению типовых учебных задач, умеет пользоваться справочной литературой, владеет базовым математическим аппаратом	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
Умеет применять свои знания к решению стандартных учебных задач, умеет пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеет математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
Умеет применять свои знания к решению нестандартных задач, способен оценивать результаты и развивать вероятностные методы и модели	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
<i>ПК-2. Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты</i>	
Знает и понимает основные понятия, методы и модели теории массового обслуживания, умеет применять свои знания к решению типовых учебных задач, умеет пользоваться справочной литературой, владеет базовым математическим аппаратом	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
Умеет применять свои знания к решению стандартных учебных задач, умеет пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеет математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
Умеет применять свои знания к решению нестандартных задач, способен оценивать результаты и развивать вероятностные методы	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания

5.3 Критерии оценки практических занятий

Каждая из двух контрольных работ оценивается от 0 до 30 баллов. Количество баллов, полученных студентом за контрольную работу, равно сумме баллов за каждое задание работы.

5.4 Критерии оценки экзамена

На экзамене за ответ на теоретические вопросы и решение задач возможно максимально набрать 40 баллов.

Критерий оценки ответа на теоретический вопрос или решения задачи на экзамене.

0–1 балл – полное отсутствие знаний по теоретическому вопросу; отсутствие навыков решения задачи даже под руководством преподавателя.

2–3 балла – фрагментарные знания теоретического вопроса в объеме учебной программы, незнание используемой в вопросе терминологии, грубые ошибки в рассуждениях или в решении задачи; неуверенное решение задачи под руководством преподавателя.

4–5 баллов – неуверенное знание теоретического вопроса в объеме учебной программы, используемой в вопросе терминологии; уверенное решение задачи под руководством преподавателя.

6–8 баллов – знание теоретического вопроса в объеме учебной программы при наличии незначительных ошибок в используемых формулах, формулировках и определениях, которые сам студент исправляет в процессе ответа; уверенное самостоятельное решение задачи при наличии незначительных арифметических ошибок.

9–10 баллов – уверенное знание теоретического вопроса в объеме учебной программы и уверенное знание используемой в вопросе терминологии; уверенное самостоятельное решение задачи и уверенное знание используемой в задаче терминологии.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- чтение текста (учебника, дополнительной литературы);
- конспектирование;
- решение задач и упражнений по образцу;
- работа со справочной литературой;
- ответы на контрольные вопросы;
- подготовка к аудиторным занятиям;
- подготовка к экзамену;
- подготовка к предметным и межпредметным олимпиадам.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Основы теории массового обслуживания (Основной курс: марковские модели, методы марковизации) : учеб. пособие / В.В. Рыков, Д.В. Козырев. — М. : ИНФРАМ, 2019. — 223 с. — (Высшее образование). - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/1018908	Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 02.03.01 «Математика и компьютерные науки» (квалификация (степень) «бакалавр»)	ЭБС http://znanium.com

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Прикладная математика. Задача коммивояжера. Системы массового обслуживания: Учебное пособие / Веневитина С.С., Зенина В.В., Сапронов И.В. - Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2014. - 47 с. - Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/858465	Нет	ЭБС http://znanium.com

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

<http://biblio.bru.by/>, <http://znanium.com>

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1. В. Г. Замураев. Теория массового обслуживания. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» дневной формы обучения. Могилев: Белорусско-Российский университет (электронный вариант).

7.4.2 Информационные технологии

Тема 3. Простейшие марковские модели. Система М/М/1/∞

Тема 4. Система М/М/n /r. Система М/М/1/∞ с «нетерпеливыми» заявками

Тема 5. Система с конечным числом источников. Система М[λ]/М/1/∞ с групповым поступлением заявок

Тема 6. Система М/Ем/1/∞. Система М/М/1/0 с повторными заявками

Тема 7. Система М/Г/1/∞: методы исследования. Вложенная цепь Маркова

Тема 8. Виртуальное время ожидания. Введение дополнительной переменной: остаточное время обслуживания

Тема 9. Введение дополнительной переменной: прошедшее время обслуживания. Использование процессов восстановления

Тема 10. Другие простейшие немарковские модели. Система $M/G/\infty$. Система $G/G/\infty$. Система $M/D/n/\infty$. Система $G/M/1/\infty$

Тема 11. Система $M/G/1/r$. Система $M/G/n/0$

Тема 12. Система $MAP/G/1/r$

Тема 13. Система $M/G/1/\infty$: некоторые специальные дисциплины обслуживания. Обслуживание ненадёжным прибором. Абсолютный приоритет

Тема 14. Инверсионный порядок обслуживания с вероятностным приоритетом

Тема 15. Система $M2/G2/1/\infty$ с относительным приоритетом. Равномерное разделение прибора. Ограничение на время ожидания начала обслуживания

Тема 16. Случайный выбор из очереди. Преимущественное разделение прибора заявками минимальной обслуженной длины. Обслуживание кратчайшей заявки

Тема 17. Сети массового обслуживания. Описание класса сетей. Открытые экспоненциальные сети. Замкнутые экспоненциальные сети

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

Acrobat Reader DC, Apache OpenOffice (свободное программное обеспечение)

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории ауд. 405, рег. номер ПУЛ 4 535-405/1-19.