



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Математики

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

«29» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются обоснование важности знаний теории массового обслуживания для будущей профессиональной деятельности обучающихся. Целями также являются дополнение и углубление знаний по теории вероятностей и теории случайных процессов и их прикладного значения.

Знакомство с теорией систем массового обслуживания и расчетом оценочных показателей работы систем массового обслуживания

- знакомство с теорией марковских цепей;
- изучение потоков событий и случайных процессов протекающих в системах обслуживания;
- изучение типов и видов систем массового обслуживания ;
- изучение, проведение анализа деятельности систем массового обслуживания (любого типа).

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 знает основные понятия и методы фундаментальных математических дисциплин	знает основные понятия и методы математического анализа, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей, умеет использовать методы решения дифференциальных уравнений и методы теории вероятностей для вывода уравнений Колмогорова владеет навыками техникой решения дифференциальных уравнений
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности	знает основные модели, используемые в системах массового обслуживания умеет формулировать математическую постановку задачи оценивания работы систем массового обслуживания владеет навыками техникой расчета оценочных параметров эффективности работы СМО
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 умеет осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	знает основные модели, используемые в системах массового обслуживания умеет формулировать математическую постановку задачи оценивания работы систем массового обслуживания владеет навыками техникой расчета оценочных параметров эффективности работы СМО

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.33 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Дифференциальные уравнения	ОПК-1.2, ОПК-1.3
2	Математический анализ	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

Дифференциальные уравнения

знать: основные понятия теории ОДУ

уметь: решать ОДУ первого порядка

владеть: техникой решения ОДУ с помощью преобразования Лапласа

Математический анализ

знать: основные понятия математического анализа

уметь: вычислять определенные интегралы

владеть: техникой вычисления определенных интегралов

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Теория стохастических дифференциальных уравнений	ОПК-1.1, ОПК-1.2

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр	
			6	7
Контактная работа	96		48	48
Лекционные занятия (Лек)	32	0	16	16
Практические занятия (Пр)	64	0	32	32
Иная контактная работа, в том числе:	0,25			0,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)				
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))				
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25			0,25
Часы на контроль	12,75		4	8,75
Самостоятельная работа (СР)	107		56	51
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)				
часы:	216		108	108
зачетные единицы:	6		3	3

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Теория случайных процессов										
1.1.	Основные понятия теории вероятностей	6	2						2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
1.2.	Экспоненциальное, эрланговское, пуассоновское распределения и их характеристики	6		2				6	8	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
2.	2 раздел. Марковские цепи										
2.1.	Марковские процессы. Уравнения Чепмена-Колмогорова	6	4	6				6	16	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
3.	3 раздел. Системы массового обслуживания с отказами										
3.1.	Одноканальные и многоканальные системы с отказами	6	4						4	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
3.2.	Многоканальные системы с отказами	6		2					2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
4.	4 раздел. Системы массового обслуживания с очередью										
4.1.	Многоканальные системы с очередью	6	2	6				14	22	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
5.	5 раздел. Системы массового обслуживания с нетерпеливыми заявками										
5.1.	Системы массового обслуживания с нетерпеливыми заявками	6	2	4				10	16	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
6.	6 раздел. Замкнутые СМО										
6.1.	Система массового обслуживания с ограниченным количеством источников заявок	6	2	4				12	18	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
7.	7 раздел. Системы с групповым поступлением заявок										
7.1.	Системы с групповым поступлением заявок	6		4				5	9	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	

8.	8 раздел. системы с повторными заявками										
8.1.	Системы с повторными заявками	6			4				3	7	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
9.	9 раздел. Контроль										
9.1.	Зачет	6								4	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
10.	10 раздел. многофазные СМО										
10.1.	Многофазные системы	7	4		4				8	16	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
11.	11 раздел. Вложенные цепи Маркова										
11.1.	Вложенные цепи Маркова	7	4		6				16	26	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
12.	12 раздел. СМО с произвольно распределенным временем обслуживания										
12.1.	Система M/G/1 с неограниченным накопителем	7	4		8				10	22	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
13.	13 раздел. СМО со специальными дисциплинами обслуживания										
13.1.	СМО со специальными дисциплинами обслуживания	7	4		14				17	35	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
14.	14 раздел. Контроль										
14.1.	Зачет с оценкой	7								9	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Основные понятия теории вероятностей	Основные понятия теории вероятностей Случайные величины и случайные процессы. Функции распределения и числовые характеристики. Характеристические функции
3	Марковские процессы. Уравнения Чепмена-Колмогорова	Марковские цепи с дискретным и непрерывным временем. Марковские цепи с дискретным временем и графы. Генераторы и Q-матрицы. Прямые и обратные уравнения Колмогорова Процессы рождения -гибели и их свойства. Q-матрицы и прямые уравнения Колмогорова

4	Одноканальные и многоканальные системы с отказами	Системы массового обслуживания без накопителей Выводятся уравнения Колмогорова для одноканальных и многоканальных СМО без накопителей. Исследуются решения этих уравнений и находятся выражения для показателей эффективности работы СМО
6	Многоканальные системы с очередью	СМО с с очередью Выводятся прямые уравнения Колмогорова, ищутся стационарные решения и рассчитываются показатели качества системы
7	Системы массового обслуживания с нетерпеливыми заявками	СМО с нетерпеливыми заявками Выводятся прямые уравнения Колмогорова, ищутся стационарные решения и рассчитываются показатели качества системы
8	Система массового обслуживания с ограниченным количеством источников заявок	Замкнутые системы массового обслуживания Рассматриваются замкнутые СМО. Выводятся прямые уравнения Колмогорова, ищутся стационарные решения этих уравнений. Выводятся соотношения, описывающие показатели качества СМО.
12	Многофазные системы	многофазные системы Вывод уравнений Колмогорова, расчет стационарных режимов
13	Вложенные цепи Маркова	Вложенные цепи Маркова, процессы восстановления Вложенные цепи Маркова, теория, примеры, Процессы восстановления
14	Система M/G/1 с неограниченным накопителем	Системы с произвольным временем обслуживания Системы с произвольным временем обслуживания и неограниченным накопителем
15	СМО со специальными дисциплинами обслуживания	СМО со специальными дисциплинами обслуживания Обслуживание ненадежным прибором. Абсолютный приоритет Инверсионный порядок обслуживания

5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Экспоненциальное, эрланговское, пуассоновское распределения и их характеристики	Экспоненциальная и пуассоновская случайная величина, пуассоновский процесс Экспоненциальная и пуассоновская случайная величина, пуассоновский процесс Функции распределения и числовые характеристики.
3	Марковские процессы. Уравнения Чепмена-Колмогорова	Марковские цепи с дискретным временем, Марковские цепи с дискретным временем, Стохастические матрицы, графы
3	Марковские процессы. Уравнения Чепмена-Колмогорова	Марковские цепи с непрерывным временем По заданной Q матрице вывести систему прямых уравнений Колмогорова
5	Многоканальные системы с отказами	Многоканальные системы с отказами Расчет многоканальной системы с отказами
6	Многоканальные	расчет систем вида M/M/n/r Расчет многоканальной СМО с очередью

	системы с очередью	
7	Системы массового обслуживания с нетерпеливыми заявками	СМО с нетерпеливыми заявками
8	Система массового обслуживания с ограниченным количеством источников заявок	Расчет замкнутых систем массового обслуживания. Расчет замкнутых систем массового обслуживания.
9	Системы с групповым поступлением заявок	Системы с групповым поступлением заявок Выводятся прямые уравнения Колмогорова для СМО с групповым поступлением заявок. Изучаются стационарные режимы работы и вычисляются показатели качества работы СМО
10	Системы с повторными заявками	Системы с повторными заявками Вывод уравнений Колмогорова, решение задач
12	Многофазные системы	Решение задач
13	Вложенные цепи Маркова	Вложенные цепи Маркова Вложенные цепи Маркова
14	Система M/G/1 с неограниченным накопителем	Системы M/G/1 с неограниченным накопителем Методы исследования систем M/G/1 с неограниченным накопителем
15	СМО со специальными дисциплинами обслуживания	Обслуживание ненадежным прибором Обслуживание ненадежным прибором
15	СМО со специальными дисциплинами обслуживания	Инверсионный порядок обслуживания Инверсионный порядок обслуживания

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
2	Экспоненциальное, эрланговское, пуассоновское распределения и их характеристики	Численные характеристики случайных величин Численные характеристики случайных величин, математическое ожидание, дисперсия, производящая функция, характеристическая функция
3	Марковские процессы. Уравнения Чепмена-Колмогорова	Марковские цепи с дискретным и непрерывным временем Графы, уравнения Чепмен-Колмогорова Q- матрицы, уравнения Колмогорова
6	Многоканальные системы с очередью	Расчет систем типа M/M/n/r Расчет системы M/M/n/r
7	Системы массового обслуживания с нетерпеливыми заявками	Расчет СМО с нетерпеливыми заявками Расчет СМО с нетерпеливыми заявками
8	Система массового обслуживания с	Расчет замкнутых систем массового обслуживания. Расчет замкнутых систем массового обслуживания.

	ограниченным количеством источников заявок	
9	Системы с групповым поступлением заявок	Расчет систем с групповыми заявками Расчет систем с групповыми заявками
10	Системы с повторными заявками	Расчет систем с повторными заявками Расчет систем с повторными заявками
12	Многофазные системы	Многофазные системы Расчет стационарных режимов, решение задач
13	Вложенные цепи Маркова	Вложенные цепи Маркова, процессы восстановления Вложенные цепи Маркова, процессы восстановления
14	Система M/G/1 с неограниченным накопителем	Системы M/G/1 с неограниченным накопителем Системы M/G/1 с неограниченным накопителем
15	СМО со специальными дисциплинами обслуживания	Обслуживание ненадежным прибором. Инверсионный порядок обслуживания Обслуживание ненадежным прибором. Инверсионный порядок обслуживания

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Методические указания по выполнению самостоятельной работы содержатся в файлах в системе MS Teams в канале

Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания

https://teams.microsoft.com/_#/school/files/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F?threadId=19%3Ad098ec263f564f68bdca941457194154%40thread.tacv2&ctx=channel&context=%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25B8-%25D0%2591%25D0%25B5%25D0%25BB%25D0%25BE%25D0%25BF%25D0%25BE%25D0%25BB%25D1%258C%25D1%2581%25D0%25BA%25D0%25B0%25D1%258F&rootfolder=%252Fsites%252F1--3939%252FShared%2520Documents%252F%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25B8-%25D0%2591%25D0%25B5%25D0%25BB%25D0%25BE%25D0%25BF%25D0%25BE%25D0%25BB%25D1%258C%25D1%2581%25D0%25BA%25D0%25B0%25D1%258F

и в системе Moodle в курсе

"Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания"

<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1182>

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Основные понятия теории вероятностей	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
2	Экспоненциальное, эрланговское, пуассоновское распределения и их характеристики	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос
3	Марковские процессы. Уравнения Чепмена-Колмогорова	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
4	Одноканальные и многоканальные системы с отказами	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
5	Многоканальные системы с отказами	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
6	Многоканальные системы с очередью	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
7	Системы массового обслуживания с нетерпеливыми заявками	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
8	Система массового обслуживания с ограниченным количеством источников заявок	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
9	Системы с групповым поступлением заявок	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	Решение задач
10	Системы с повторными заявками	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	Устный опрос, решение задач
11	Зачет	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	
12	Многофазные системы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
13	Вложенные цепи Маркова	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-	устный опрос

		1.3	
14	Система M/G/1 с неограниченным накопителем	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос
15	СМО со специальными дисциплинами обслуживания	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос
16	Зачет с оценкой	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.1-1.3 контрольные вопросы:

1. Марковские цепи с дискретным и непрерывным временем
2. Уравнения Колмогорова
3. Классификация состояний марковской цепи
4. Компоненты и классификация моделей массового обслуживания
5. Процессы рождения и гибели в СМО
6. Одноканальная СМО с отказами
7. Многоканальная СМО с отказами
8. Многоканальная СМО с ожиданием

задачи:

1. Среднее число вызовов, поступающих на АТС в одну минуту, равно двум. Найти вероятность того, что за 4 мин поступит: а) три вызова; б) менее трех вызовов; в) не менее трех вызовов. Поток вызовов предполагается пуассоновским.

2. Среднее число заказов такси, поступающих на диспетчерский пункт в одну минуту, равно трем. Найти вероятность того, что за 2 мин поступит: а) четыре вызова; б) менее четырех вызовов; в) не менее четырех вызовов. Поток вызовов предполагается пуассоновским.

3. Время обслуживания для аппаратов некоторой системы массового обслуживания распределено по показательному закону $F(t) = 1 - e^{-2t}$,
 t – время в минутах. Найти вероятность того, что обслуживание продлится не более 8 мин.

4. Время обслуживания для аппаратов некоторой системы массового обслуживания распределено по показательному закону $F(t) = 1 - e^{-1,5t}$,
 t – время в минутах. Найти вероятность того, что обслуживание продлится не более 15 мин.

5. Классификация СМО по Кендаллу M/M/n/t. Что означает первый символ M? а) число приборов, б) число мест в очереди, в) входящий поток.

Что означают остальные символы?

6. Чему равна интенсивность поступления λ , если на вход обслуживающего устройства поступают 3 пакета за 5 минут.

а) 0,6, б) 1, в) 0,67.

7. Чему равна интенсивность обслуживания μ , если обслуживающего устройство обрабатывает 4 пакета за 5 минут.

а) 1, б) 0,8, в) бесконечно.

8. Поток машин, идущих по шоссе в одном направлении, представляет собой простейший (пуассоновский) поток с интенсивностью 6 машин в минуту. Человек выходит на шоссе, чтобы остановить первую попавшуюся машину, идущую в данном направлении.

Найти закон распределения времени T , которое ему придется ждать; определить его математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение.

9. В справочное бюро обращается в среднем 2 человека за 10 минут. Найти вероятность того, что за 30 минут за справкой обратится:

а) 4 человека, б) не менее 3-х человек.

10. В приборе имеются два блока, работающих независимо друг от друга. Время безотказной работы определяется показательным законом. Среднее время безотказной работы 1-го блока – $t_1 = 2$ года, 2-го – $t_2 = 1$ год. Найти вероятность того, что за 1,5 года: а) не откажет ни один из блоков; б) откажет только 2-й блок; в) откажут оба блока.

11. В справочное бюро обращается в среднем 2 человека за 10 минут. Найти вероятность того, что за 30 минут за справкой обратится:

а) 4 человека, б) не менее 3-х человек.

12. В приборе имеются два блока, работающих независимо друг от друга. Время безотказной работы определяется показательным законом. Среднее время безотказной работы 1-го блока – $t_1 = 2$ года, 2-го – $t_2 = 1$ год. Найти вероятность того, что за 1,5 года: а) не откажет ни один из блоков; б) откажет только 2-й блок; в) откажут оба блока.

Контрольная работа 1

1 вариант

1. На склад в среднем прибывает 3 машины в час. Разгрузку осуществляют 3 бригады грузчиков. Среднее время разгрузки - 1 час. В очереди в ожидании разгрузки могут находиться не более 4 машин.

Дать оценку работы СМО

2. В билетной кассе работает один кассир, обслуживающий в среднем двух покупателей за одну минуту. Каждый час в среднем приходят покупать билеты 90 посетителей. Провести анализ работы СМО

2 вариант

1. Сберкасса имеет трех контроллеров-кассиров ($n = 3$) для обслуживания вкладчиков. Поток вкладчиков поступает в сберкассу с интенсивностью 30 чел./ч. Средняя продолжительность обслуживания контроллером-кассиром одного вкладчика 3 мин. Определить характеристики сберкассы как объекта СМО, предполагая, что очередь неограничена.

2. В парикмахерской работают 3 мастера. За 1 час в парикмахерскую приходят в среднем 10 человек.

Среднее время обслуживания клиента каждым мастером -- 20 минут. Зал ожидания рассчитан на 4 места.

Дать оценку работы СМО

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none">- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none">- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;- грамотно обосновывает ход решения задач;- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
---------------------------------------	--

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
Зачеты проводятся в форме собеседования.

Вопросы к зачету 6 семестр

1. Экспоненциальное и пуассоновское распределение и их числовые характеристики
2. Марковские процессы определения и свойства. Уравнение Чепмена-Колмогорова
3. Марковские цепи с дискретным временем, уравнение Чепмена-Колмогорова
4. Марковские цепи с непрерывным временем, уравнение Чепмена-Колмогорова
5. Матрица перехода и граф состояний марковской цепи с дискретным временем
6. Матрица переходов марковской цепи с непрерывным временем и ее свойства.
- 7 Q-матрица и ее свойства, примеры
8. Генератор марковской цепи. Прямые и обратные уравнения Колмогоров9. Процессы рождения и гибели в СМО
10. Многоканальная СМО с отказами
11. Многоканальная СМО с ожиданием
12. Замкнутые системы
- 13 Системы с повторными заявками

Вопросы к зачету 7 семестр

1. Системы массового обслуживания. Классификация Кендалла
2. Многоканальная СМО с отказами
3. Многоканальная СМО с очередью
4. Системы с ограниченным числом заявок
5. Системы с повторными заявками
6. Системы с групповым приходом заявок
7. Многофазные системы
8. Вложенные мартовские цепи
9. Системы с произвольным законом обслуживания
- 10 Системы с различными дисциплинами обслуживания

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Тесты:

1. СМО – это
 - а) система массового обслуживания,
 - б) сеть массового обслуживания,
 - в) марковская система обслуживания.
2. Какое количество накопителей может содержать СМО?
 - а) 1,
 - б) 3,
 - в) бесконечно большое.
4. Какое количество мест в очереди содержит СМО М/М/3
 - а) 1,
 - б) 3,
 - в) бесконечно большое.
5. Что такое канал обслуживания?
 - а) обслуживающее устройство или средство, способное в каждый данный момент времени обслуживать лишь одно требование,
 - б) обслуживающее устройство или средство.
6. Задачи теории массового обслуживания состоят в установлении связей между

- а) эффективностью функционирования СМО и ее организацией,
- б) качеством обслуживания пакетов и скоростью обслуживания,
- в) организацией СМО и качеством обслуживания пакетов.

7. Под организацией СМО понимают

- а) число каналов,
- б) правила работы СМО,
- в) характер потока пакетов,
- г) производительность пакетов.

8. Промежуток времени между двумя соседними пакетами выходящего потока пакетов представляет собой

- а) время простоя каналов,
- б) время обслуживания одного пакета плюс время простоя каналов,
- в) время обслуживания одного пакета.

9. Приведенная интенсивность входящего потока пакетов равна

- а) интенсивность потока обслуживаний,
- б) интенсивность входящего потока пакетов,
- в) отношения интенсивности входящего потока к интенсивности потока обслуживания.

10. Для одноканальной СМО с отказами интенсивность выходящего потока обслуженных пакетов равна

- а) абсолютной пропускной способности,
- б) приведенной интенсивности,
- в) относительной пропускной способности.

11. Для одноканальной СМО с ограниченным числом мест в очереди среднее число пакетов под обслуживанием равно

- а) приведенной интенсивности,
- б) относительной пропускной способности,
- в) произведению приведенной интенсивности на относительной пропускной способности.

12. Для одноканальной СМО с ожиданием среднее число пакетов в системе – это среднее число пакетов

- а) в очереди,
- б) под обслуживанием,
- в) в очереди и под обслуживанием.

13. Для одноканальной СМО с ожиданием предельный режим функционирования существует, если нагрузка системы

- а) равна единице,
- б) меньше единицы,
- в) больше единицы.

14. Для СМО с ожиданием среднее время ожидания пакетов в очереди равно среднему числу пакетов в очереди, деленному

- а) на приведенную интенсивность,
- б) на интенсивность потока обслуживаний пакетов,
- в) на интенсивность входящего потока пакетов.

15. Если вероятность появления того или другого числа событий на участке времени T зависит от длины этого участка и не зависит от того, где на оси времени этот участок расположен, поток событий называется

- а) стационарным,
- б) без последствий,
- в) ординарным.

16. Промежуток времени между двумя соседними пакетами выходящего потока пакетов представляет собой

- а) время обслуживания одного пакета,
- б) время обслуживания одного пакета плюс время простоя канала,
- в) время простоя канала.

17. Под эффективностью функционирования СМО понимают

- а) качество обслуживания пакетов,
- б) пропускная способность СМО.

18. Число состояний одноканальной СМО с ограничением на длину очереди в m пакетов равно
- $m + 2$,
 - $m + 1$,
 - m .
19. Для одноканальной СМО с ограниченным числом мест в очереди среднее число пакетов под обслуживанием равно
- приведенной интенсивности,
 - относительной пропускной способности,
 - произведению приведенной интенсивности на относительную пропускную способность.
20. Для одноканальной СМО с ожиданием среднее время пребывания пакетов в системе равно отношению среднего числа пакетов в системе
- к интенсивности входящего потока,
 - к интенсивности потока обслуживаний,
 - к приведенной интенсивности.
21. Для одноканальной СМО отказами интенсивность простейшего входящего потока равна величине, обратной среднему времени
- обслуживания каналом одного пакета,
 - простаивания канала.
22. Для одноканальной СМО с ожиданием абсолютная пропускная способность равна интенсивности а) входящего потока, б) выходящего потока, в) потока обслуживаний.
23. Для n -канальной СМО с ожиданием вероятность, того что пришедший пакет будет принят в систему равна 1 если
- свободен хотя бы один канал,
 - все каналы заняты, и образуется очередь,
 - все каналы, но очереди нет, г) свободны все каналы.
24. Для одноканальной СМО с ожиданием среднее число пакетов под обслуживанием равно интенсивности
- приведенной,
 - потока обслуживаний,
 - входящего потока.
25. Для СМО с отказами среднее число занятых каналов – это среднее число пакетов
- в системе,
 - в очереди,
 - под обслуживанием.
26. Для одноканальной СМО с ожиданием относительная пропускная способность равна ...
27. Для одноканальной СМО число мест в очереди m и единичной приведенной интенсивностью вероятность отказа равна ...

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 6 семестре и зачета с оценкой в 7 семестре.

Зачет проводится в форме собеседования в рамках которого студенту предлагается два два

теоретических вопроса и практическое задание,

соответствующие содержанию формируемых компетенций.

Для сдачи зачета нужно иметь выполненные домашние задания и сданные контрольные работы.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	---	--	--	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Белопольская Я. И., Васильчук В. Ю., Теория случайных процессов и системы массового обслуживания, Санкт-Петербург, 2019	ЭБС
2	Тарасова Н. В., Системы массового обслуживания, Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012	ЭБС
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Розанов Ю. А., Случайные процессы. Краткий курс, М.: Наука, 1971	ЭБС
2	Тарасова Н. В., Системы массового обслуживания, Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012	http://www.iprbookshop.ru/17695.html
1	Розанов Ю. А., Случайные процессы. Краткий курс, М.: Наука, 1979	ЭБС

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Moodle SPbGASU.ru	https://moodle.spbgasu.ru/login/index.php
MS Teams	

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	http://www.iprbookshop.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
07. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
07. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

07. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
---	--

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.