

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.12 Математические методы в теории массового обслуживания

Учебный план: ФГОС3++b010302-4_26-14.plx

Кафедра: 16 Прикладной математики и информатики

Направление подготовки:
(специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:
(специализация) Прикладная математика и информатика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
7	УП	34	34	40	36	4	Экзамен
	РПД	34	34	40	36	4	
Итого	УП	34	34	40	36	4	
	РПД	34	34	40	36	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утверждённым приказом Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 9

Составитель (и):

старший преподаватель

Леонова Н.Л.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой прикладной математики и информатики

Ремизова И.В.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Ремизова И.В.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины:

Сформировать компетенции обучающихся в области теоретико-вероятностного подхода к изучению теории массового обслуживания, методов решения задач теории массового обслуживания, а также овладение навыками самостоятельного решения аналогичных задач.

1.2 Задачи дисциплины:

- формирование системного подхода к исследованию систем массового обслуживания;
- изучение математических методов исследования систем массового обслуживания;
- формирование навыков построения математических моделей и оптимизации систем массового обслуживания различных типов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-8: Способен подготавливать необходимые данные и составлять технические задания на проектирование АСУП
Знать: основные положения теории массового обслуживания; математические методы исследования систем массового обслуживания; математические модели теории массового обслуживания;
Уметь: использовать принципы и методы теории массового обслуживания; применять и модифицировать математические модели теории массового обслуживания;
Владеть: навыками применения и модификации математические моделей теории массового обслуживания для решения задач в области профессиональной деятельности.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Теория потоков событий	7				О
Тема 1. Понятие простейшего потока событий. Поток событий. Простейший поток и его свойства: стационарность, ординарность, отсутствие последствия.		6	2	4	
Тема 2. Нестационарные потоки событий. Потоки событий, не являющиеся простейшими: нестационарный пуассоновский поток, потоки Эрланга; регулярный поток; поток Пальма. Предельная теорема для суммарного потока.		6	4	4	
Раздел 2. Цепи Маркова					О,Пр
Тема 3. Случайные процессы. Понятие случайного процесса. Цепь Маркова с конечным числом состояний и дискретным временем. Граф состояний. Матрица переходных вероятностей. Стационарное распределение.		4	2	4	
Тема 4. Марковские процессы. Марковские процессы с конечным числом состояний и непрерывным временем. Размеченный граф состояний. Матрица интенсивностей перехода. Система дифференциальных уравнений Колмогорова. Нахождение стационарного распределения.		4	4	4	
Тема 5. Классификация состояний системы. Классификация состояний системы: источники, поглотители, транзитивные и изолированные состояния. Понятие об эргодическом процессе. Теорема Маркова (без доказательства) и ее применение для расчета финальных вероятностей состояний.		2	2	2	
Раздел 3. Расчет простейших систем массового обслуживания					О

Тема 6. Понятие и характеристики систем массового обслуживания. Основные понятия и классификация систем массового обслуживания (СМО): по поведению заявки (с отказами, с очередью, смешанного типа); по характеру источника заявок (открытого и замкнутого типа); по дисциплине ожидания и обслуживания. Параметры и характеристики СМО; параметры входящего потока; параметры структуры СМО. Показатели эффективности СМО. Формула Литтла.		2	2	5	
Тема 7. Марковские системы массового обслуживания. Многоканальная СМО с отказами (задача Эрланга). Предельное распределение вероятностей состояний. Определение основных характеристик обслуживания. Одноканальная СМО с ограниченной очередью. Многоканальная СМО с ограниченной очередью. Одноканальная СМО с неограниченной очередью. Многоканальная СМО с неограниченной очередью.		2	4	4	
Тема 8. Немарковские системы массового обслуживания. Одноканальная СМО с неограниченной очередью, простейшим входящим потоком и произвольным распределением времени обслуживания. Формулы Полячека-Хинчина. Расчет показателей эффективности.		2	2	3,5	
Раздел 4. Статическое моделирование систем массового обслуживания					
Тема 9. Понятие о методах статистического моделирования. Метод Монте-Карло. Случайные числа. Разыгрывание дискретной случайной величины. Метод обратных функций для разыгрывания непрерывной случайной величины. Приближенное разыгрывание нормальной случайной величины.		2	2	3,5	О
Тема 10. Моделирование случайного потока событий. Моделирование простейшего потока. Моделирование потока с заданным эмпирическим распределением интервалов времени между двумя последовательными событиями в потоке.		2	4	2	

Тема 11. Моделирование работы систем массового обслуживания. Построение временных диаграмм функционирования СМО. Моделирование СМО с отказами. Моделирование СМО с конечным числом мест в очереди. Моделирование работы СМО с приоритетами. Примеры расчета показателей эффективности работы СМО методом Монте-Карло.		2	6	4	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	40	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		33,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		70,5		73,5	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-8	1. Излагает основные идеи и принципы массового обслуживания, владеет специальной терминологией; 2. Поясняет принципы и методы теории массового обслуживания для анализа сложных систем; 3. Применяет полученные знания в конкретных прикладных областях

6.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание теоретических основ дисциплины, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; знаком с дополнительной литературой; способен проработать научно-исследовательскую литературу по темам дисциплины и грамотно изложить материал. Решает практические задачи, может объяснить взаимосвязь основных методов теории массового обслуживания с математическими моделями и прикладными задачами.	
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении	

	экзаменационных заданий, устраняет их без помощи преподавателя. Умеет применять методы математического и компьютерного моделирования для реализации решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать. Допускает несущественные погрешности при решении практических задач	
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение.	
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки. Не понимает смысл условия задачи, не может построить ее математическую модель и решить практическую задачу.	

6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Исследование системы $M/G/1/\infty$: определение среднего числа заявок в системе методом вложенной цепи Маркова.
2	Метод введения дополнительной переменной.
3	Исследование системы $M/G/1/\infty$: определение остаточного времени обслуживания методом введения дополнительной переменной.
4	Примеры немарковских СМО (не менее 3 примеров), их характеристики.
5	Определяющие параметры СМО.
6	Понятие о методах статистического моделирования. Метод Монте-Карло. Случайные числа. Разыгрывание дискретной случайной величины
7	Метод обратных функций для разыгрывания непрерывной случайной величины. Приближенное разыгрывание нормальной случайной величины.
8	Моделирование простейшего потока.
9	Моделирование потока с заданным эмпирическим распределением интервалов времени между двумя последовательными событиями в потоке.
10	Построение временных диаграмм функционирования СМО.
11	Моделирование СМО с отказами. Моделирование СМО с конечным числом мест в очереди.

12	Моделирование работы СМО с приоритетами. Примеры расчета показателей эффективности работы СМО методом Монте-Карло.
13	Понятие о системах массового обслуживания.
14	Простейший поток и его свойства: стационарность, ординарность, отсутствие последствия
15	Потоки событий, не являющиеся простейшими: нестационарный пуассоновский поток, потоки Эрланга; регулярный поток; поток Пальма.
16	Предельная теорема для суммарного потока.
17	Основные характеристики функционирования СМО
18	Классификация СМО
19	Система M/M/1/∞: уравнения для вероятностей состояния системы, условие существования стационарного режима, основные характеристики функционирования системы в стационарном режиме, структура выходного потока.
20	Система M/M/n/r: уравнения для вероятностей состояния системы, основные характеристики функционирования системы в стационарном режиме, структура выходного потока.
21	Система M/M/1/∞ с ограниченным временем ожидания: уравнения для вероятностей состояния системы, основные характеристики функционирования системы в стационарном режиме, структура выходного потока.
22	Система с конечным числом источников (Энгсета): уравнения для вероятностей состояния системы, основные характеристики функционирования системы в стационарном режиме, структура выходного потока.
23	Система M/Em/1/∞: построение марковского процесса методом фиктивных фаз, получение стационарных характеристик функционирования.
24	Алгоритмические методы исследования СМО на примере системы M/Hm/1/r.
25	Метод вложенных цепей Маркова

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. На диспетчерский пульт поступает поток заявок, который является потоком Эрланга второго порядка. Интенсивность потока заявок равна 6 заявок в час. Если диспетчер в случайный момент оставляет пульт, то при первой же очередной заявке он обязан вернуться к пульту. Найти плотность распределения времени ожидания очередной заявки и построить ее график. Вычислить вероятность того, что диспетчер сможет отсутствовать от 10 до 20 минут.

2. Дисплейный зал имеет 5 дисплеев. Поток пользователей простейший. Среднее число пользователей, посещающих дисплейный зал за сутки, равно 140. Время обработки информации одним пользователем на одном дисплее распределено по показательному закону и составляет в среднем 40 минут. Определить, существует ли стационарный режим работы зала; вероятность того, что пользователь застанет все дисплеи занятыми (p^*) и среднее число пользователей в дисплейном зале.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в компьютерном классе.
Возможность пользоваться справочным материалом.
Время на подготовку ответа 30 минут.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				

Н. Л. Леонова	Математические методы в теории массового обслуживания: учебно-методическое пособие	СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2024	https://nizrp.narod.ru/metod/kafpriklmatiif/1735506265.pdf
Дадаян, Л. Г.	Организационные системы: моделирование и управление	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия	2022	https://www.iprbookshop.ru/124251.html
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
Боев, В. Д., Сыпченко, Р. П.	Компьютерное моделирование	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа	2021	http://www.iprbookshop.ru/102015.html
Ахмадиев, Ф. Г., Гильфанов, Р. М.	Математическое моделирование и методы оптимизации	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2022	https://www.iprbookshop.ru/116448.html

7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

7.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду