

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.ДВ.04.01** Моделирование систем массового обслуживания

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b010302БИ-1\_23-14.plx

Кафедра:  Прикладной математики и информатики

Направление подготовки:  
(специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:  
(специализация) Биоинформатика

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					
8	УП	18	54	36	36	4	Экзамен
	РПД	18	54	36	36	4	
Итого	УП	18	54	36	36	4	
	РПД	18	54	36	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

Яковлев В.П.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Яковлев В.П.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучаемых 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:

Прикладной системный анализ в биоинформатике

Проектирование и сопровождение биоинформационных систем

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ПК-6: Способен разрабатывать концепцию системы в области биоинформатики

**Знать:** базовые понятия теории массового обслуживания, принципы построения математических моделей систем массового обслуживания.

**Уметь:** применять математические методы для решения задач моделирование систем массового обслуживания.

**Владеть:** способами построения математических и имитационных моделей систем массового обслуживания с использованием программных средств.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Теория потоков событий	8					О
Тема 1. Понятие простейшего потока событий.  Поток событий. Простейший поток и его свойства: стационарность, ординарность, отсутствие последствия.		2	4	3		
Тема 2. Нестационарные потоки событий.  Потоки событий, не являющиеся простейшими: нестационарный пуассоновский поток, потоки Эрланга; регулярный поток; поток Пальма. Предельная теорема для суммарного потока.		2	5	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.		2	5	4	ИЛ	
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.	2	5	4			

<p>Тема 5. Классификация состояний системы.</p> <p>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.</p>		1	4	4		
<p>Раздел 3. Расчет простейших систем массового обслуживания</p>						
<p>Тема 6. Понятие и характеристики систем массового обслуживания.</p> <p>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.</p>		3	8	8		
<p>Тема 7. Марковские системы массового обслуживания.</p> <p>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.</p>		3	12	6	ИЛ	О
<p>Тема 8. Немарковские системы массового обслуживания.</p> <p>Одноканальная СМО с неограниченной очередью, простейшим входящим потоком и произвольным распределением времени обслуживания. Формулы Полячека-Хинчина. Расчет показателей эффективности.</p>		3	11	3		
<p>Итого в семестре (на курсе для ЗАО)</p>		18	54	36		
<p>Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)</p>			2,5	33,5		
<p><b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b></p>			74,5	69,5		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-6	Имеет представление о способах математического описания реальных случайных процессов и их моделировании средствами теории массового обслуживания Использует при решении прикладных задач основы Марковской теории и методов статистического моделирования систем массового обслуживания Показывает навыки решения задач в профессиональной деятельности с применением средств вычислительной техники и с учетом основных требований информационной безопасности	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 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. демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей величин. 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.	
4 (хорошо)	Обучающийся показывает 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, демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей величин. Умеет применять методы математического и компьютерного моделирования для реализации решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы преподавателя и несущественные погрешности при решении практических	

	задач	
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает неполное знание теоретических основ дисциплины, ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; не знаком с дополнительной литературой; может проработать научно-исследовательскую литературу по темам дисциплины, но не может грамотно и четко изложить материал, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы преподавателя. 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 не знает теоретических основ дисциплины, способен проработать научно-исследовательскую литературу по темам дисциплины, но не может грамотно и четко изложить материал, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы преподавателя. Не понимает смысл условия задачи, не может построить ее математическую модель и решить практическую задачу.	

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 8	
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

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 5.2.3 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.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 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»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Экзамен проводится в компьютерном классе с выходом в Интернет.

Возможность пользоваться справочным материалом. Время на подготовку ответа 15 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Ефромеева, Е. В., Ефромеев, Н. М.	Имитационное моделирование: основы практического применения в среде AnyLogic	Саратов: Вузовское образование	2020	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/86701.html">https://www.iprbooks.hop.ru/86701.html</a>
Якимов, В. Н.	Имитационное моделирование систем с дискретными событиями	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2019	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/111611.html">https://www.iprbooks.hop.ru/111611.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Огнева, Э. Н.	Математические методы исследования	Кемерово: Кемеровский государственный институт культуры	2014	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/55238.html">http://www.iprbooks.hop.ru/55238.html</a>



Боев, В. Д., Сыпченко, Р. П.	Компьютерное моделирование	Москва: Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа	2021	<a href="http://www.iprbookshop.ru/102015.html">http://www.iprbookshop.ru/102015.html</a>
---------------------------------	-------------------------------	--	------	---

## 6.2 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/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

## 6.4 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