**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование информационных процессов

Information Process Modelling

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 4

Регистрационный номер рабочей программы: 003713

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Обучение математическим основам моделирования информационных систем и процессов, а также методам и средствам имитационного моделирования и обработки результатов имитационных экспериментов.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь предварительную подготовку в объеме базовых курсов по теории вероятностей и математической статистике, а также по языкам и системам программирования, изучаемых по направлению «Программная инженерия» согласно учебному плану образовательной программы.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения, обеспечивающие формирование компетенции | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-1 – способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности | обладать способностью применять базовые методы математического, статистического и имитационного моделирования для решения научно-технических задач и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий | ОПК-1.2 Определение качественных характеристик каждого компонента |
| 2 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности | Знать о современных инструментальных системах моделирования | ОПК-2.1 Уметь писать программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными |
| 3 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-5 Способен инсталировать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем | Знать о современных инструментальных системах моделирования | ОПК-5.1 Установка и настройка системного и прикладного ПО, необходимого для функционирования ИС в соответствии с трудовым заданием |
| 4 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-6 – способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов; | обладать способностью применять базовые методы математического, статистического и имитационного моделирования для решения научно-технических задач и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий | ОПК-6.2 Уметь определять перечень возможных шаблонов (стилей) проектирования для каждого слоя или компонента |
| 5 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-7 – способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой; | обладать способностью применять базовые методы математического, статистического и имитационного моделирования для решения научно-технических задач и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий | ОПК-7.2 Оценка осуществимости функционирования и сопровождения программного средства |
| 6 | Общепрофессиональные компетенции | ОПК-8 Способен осуществить поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий | обладать способностью применять базовые методы математического, статистического и имитационного моделирования для решения научно-технических задач и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий | ОПК-8.1 Оценка и выбор технологии доступа к данным |
| 7 | Профессиональные компетенции | ПКП-1 – способен проектировать программные системы; | Знание ключевых фактов и общее представление о системном программировании, основных современных направлениях исследований. | ПКП-1.1 Уметь разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие |
| 8 | Профессиональные компетенции | ПКП-2 Способен использовать основные модели информационных технологий и способы их применения для решения задач в предметных областях | иметь навыки моделирования и оптимизации информационных процессов в задачах исследования производительности и анализа эффективности информационных технологий, процессов и систем | ПКП-2.1 Уметь описывать алгоритмы компонентов, включая методы и схемы |
| 9 | Профессиональные компетенции | ПКП-3 Способен разрабатывать моделирующие алгоритмы и реализации их на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования | иметь навыки моделирования и оптимизации информационных процессов в задачах исследования производительности и анализа эффективности информационных технологий, процессов и систем | ПКП-3.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика |
| 10 | Профессиональные компетенции | ПКП-4 Способен выбирать архитектуру и комплексирование современных компьютеров, систем, комплексов и сетей системного администрирования | иметь навыки моделирования и оптимизации информационных процессов в задачах исследования производительности и анализа эффективности информационных технологий, процессов и систем | ПКП-4.1 Оценка и выбор варианта архитектуры программного средства |
| 11 | Профессиональные компетенции | ПКП-5 – способен использовать современные системные программные средства: операционные системы, операционные и сетевые оболочки, сервисные программы; | иметь навыки моделирования и оптимизации информационных процессов в задачах исследования производительности и анализа эффективности информационных технологий, процессов и систем | ПКП-5.1 Уметь выбирать технологии и средства разработки программного обеспечения |
| 12 | Профессиональные компетенции | ПКП-6 – способен формировать суждения о проблемах современной информатики, ее категорий и связей с другими научными дисциплинами; | иметь навыки моделирования и оптимизации информационных процессов в задачах исследования производительности и анализа эффективности информационных технологий, процессов и систем | ПКП-6.1 Уметь разрабатывать процедуры проверки работоспособности и измерения характеристик программного обеспечения |
| 13 | Профессиональные компетенции | ПКП-7 – способен систематизировать и применять знания о содержании основных этапов и тенденций развития программирования, математического обеспечения и информационных технологий; | иметь навыки моделирования и оптимизации информационных процессов в задачах исследования производительности и анализа эффективности информационных технологий, процессов и систем | ПКП-7.2 Оценка и выбор архитектуры развертывания каждого компонента |
| 14 | Универсальные компетенции | УК-1 – способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач; | иметь представление о применении математических моделей и вычислительных методов для формализации и решения задач моделирования информационных систем и процессов | УК 1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; |
| 15 | Универсальные компетенции | УК-2 – способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; | иметь представление о применении математических моделей и вычислительных методов для формализации и решения задач моделирования информационных систем и процессов | УК-2.3. Оценивает соответствие способов решения цели проекта; |
| 16 | Универсальные компетенции | УКБ-1 – способен участвовать в разработке и реализации проектов, в т.ч. предпринимательских; | иметь представление о применении математических моделей и вычислительных методов для формализации и решения задач моделирования информационных систем и процессов | УКБ-1.6. Представляет результаты проекта; |
| 17 | Универсальные компетенции | УКБ-3 Способен понимать сущность и значение информации в развитии общества, использовать основные методы получения и работы с информацией с учетом современных технологий цифровой экономики, искусственного интеллекта и науки о данных, а также информационной безопасности | иметь представление о применении математических моделей и вычислительных методов для формализации и решения задач моделирования информационных систем и процессов | УКБ-3.1. Находит и использует различные источники информации. |

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Практические занятия – 10 ак. ч.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 6 | 30 |  | 2 | 30 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 36 |  | 10 | 4 |
|  | 2-42 |  | 2-25 | 2-25 |  |  |  |  | 2-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 30 |  | 2 | 30 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 44 |  | 36 |  |  | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 6 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Период обучения: **Семестр 8** | | | |
| **№ п.п.** | | **Наименование темы (раздела, части)** | **Вид учебных занятий** | **Кол-во часов** | |
| 1 | | Тема .1 Введение. Методы моделирования | лекции | 6 | |
| практические занятия | 6 | |
| по методическим материалам | 10 | |
| 2 | | Тема 2. Имитационное моделирование | лекции | 8 | |
| практические занятия | 10 | |
| по методическим материалам | 14 | |
| 3 | | Тема 3. Статистический анализ результатов моделирования | лекции | 8 | |
| практические занятия | 8 | |
| по методическим материалам | 10 | |
| 4 | | Тема 4. Аналитические модели | лекции | 8 | |
| практические занятия | 6 | |
| по методическим материалам | 10 | |
| 5 | | Промежуточная аттестация | консультации | 2 | |
| Самостоятельная работа | 36 | |
| Экзамен | 2 | |

Тема 1. Введение. Методы моделирования

1. *Моделирование информационных систем и процессов.* Понятие модели системы (процесса). Основные цели моделирования. Моделирование как инструмент анализа эффективности и оценки производительности информационных систем. Индексы производительности. Индексы продуктивности, реактивности и использования систем.
2. *Аналитические и имитационные модели.* Концептуальная модель системы. Понятия состояния и перехода. Имитационные модели. Аналитические модели. Другие типы моделей: автоматные модели, сети Петри, событийные графы. Пример: система с обслуживающим устройством и очередью. Представление системы при помощи имитационной и аналитической моделей. Примеры решение задач исследования системы на основе моделирования.

Тема 2. Имитационное моделирование

1. *Имитационная модель.* Основные этапы разработки модели. Компоненты модели. Детальность модели. Индексы степени детализации модели. Гибкость модели. Выбор переменных. Детерминированные и стохастические модели. Выбор инструментальных средств реализации модели.
2. *Тип и структура модели.* Понятия события, действия и процесса. Модели с использованием событийного подхода. Обработка и управление событиями. Модель системы с обслуживающим устройством и очередью на основе событийного подхода. Модели на основе сканирования активностей. Модели с использованием подхода, ориентированного на процессы. Система моделирования GPSS. Основные элементы системы. Пример программы на языке GPSS для системы с обслуживающим устройством и очередью.
3. *Генерация псевдослучайных чисел.* Способы получения псевдослучайных чисел. Математические методы моделирования. Генераторы (датчики) псевдослучайных чисел. Основные требования к датчикам. Моделирование равномерного распределения. Метод сравнений. Мультипликативный датчик. Тестирование мультипликативного датчика. Метод обратной функции. Моделирование экспоненциального распределения. Моделирование дискретных распределений. Специальные методы моделирования распределений.

Тема 3. Статистический анализ результатов моделирования

1. *Задачи оценивания и проверки гипотез.* Точечное и интервальное оценивание. Выборочное среднее. Оценки разброса. Доверительный интервал. Построение доверительного интервала для среднего. Определение необходимого объема выборки. Проверка статистических гипотез. Проверка гипотезы о среднем. Элементы регрессионного анализа. Задача дисперсионного анализа.
2. *Оценка дисперсии при имитационном моделировании.* Метод независимых прогонов. Метод подинтервалов. Регенеративный метод. Методы понижения дисперсии. Методы противоположных переменных, управляющих переменных, общих переменных, расслоенной выборки, существенной выборки.

Тема 4. Аналитические модели

1. *Детерминированные и вероятностные модели.* Детерминированные модели. Модели средних значений. Формула Литтла. Показатели эффективности для систем с очередями. Примеры моделей систем. Вероятностные модели. Цепи Маркова и модели теории массового обслуживания.
2. *Цепи Маркова.* Математическая модель. Вероятность состояния. Вероятность перехода. Однородная цепь Маркова. Матрица переходных вероятностей. Стационарные вероятности. Условия существования и вычисление стационарных вероятностей. Примеры моделей систем.
3. *Модели теории массового обслуживания.* Вероятностные модели с непрерывным временем. Пуассоновский поток событий. Свойства пуассоновского потока. Цепь Маркова с непрерывным временем. Основные модели систем массового обслуживания. Примеры моделей информационных систем.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря посещению лекций, участию в обсуждении вопросов, подготовленных к занятию, самостоятельной работе, включающей в себя чтение специальной литературы по разделам темы, решение задач моделирования информационных систем с помощью инструментальных средств моделирования.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Материалы курса в форме компьютерных презентаций, рекомендованные электронные и обычные издания, интернет-ресурсы.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Контроль успеваемости включает проверку выполнения индивидуального задания и экзамен по теоретической части курса. Экзамен проводится в устной форме с ответом на два теоретических вопроса и решением контрольной задачи в письменном виде.

Оценка «отлично» («A» по системе ECTS) ставится, если обучающийся полностью выполнил индивидуальное задание, правильно ответил на два теоретических вопроса и верно решил контрольную задачу;

оценка «хорошо» («B» по системе ECTS) ставится, если обучающийся полностью выполнил индивидуальное задание, правильно ответил на два теоретических вопроса;

оценка «хорошо» («C» по системе ECTS) ставится, если обучающийся полностью выполнил индивидуальное задание, правильно ответил на один теоретический вопрос и верно решил контрольную задачу;

оценка «удовлетворительно» («D» по системе ECTS) ставится, если обучающийся не выполнил индивидуальное задание, правильно ответил на два теоретических вопроса и верно решил контрольную задачу;

оценка «удовлетворительно» («E» по системе ECTS) ставится, если обучающийся не выполнил индивидуальное задание, правильно ответил на один теоретический вопрос и верно решил контрольную задачу;

оценка «неудовлетворительно» («F» по системе ECTS) ставится, если обучающийся не выполнил индивидуальное задание, не ответил хотя бы на один теоретический вопрос и неверно решил контрольную задачу.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Примерный список вопросов к экзамену:

1. Моделирование информационных процессов. Основные понятия и цели моделирования. Методы моделирования и типы моделей.
2. Аналитические и имитационные модели. Достоинства и недостатки имитационного моделирования. Цели и задачи моделирования, требования к модели.
3. Структура имитационной модели. Понятия события, действия и процесса. Типы имитационных моделей.
4. Особенности событийного подхода при имитационном моделировании.
5. Методы генерации псевдослучайных чисел. Датчики псевдослучайных чисел.
6. Метод обратной функции моделирования распределений. Моделирование экспоненциального распределения.
7. Моделирование дискретных распределений.
8. Оценивание параметров распределения. Точечное и интервальное оценивание. Примеры точечных оценок.
9. Неравенство Чебышева. Закон больших чисел. Выборочное среднее.
10. Нормальное распределение вероятностей. Свойства нормального закона. Центральная предельная теорема.
11. Задача интервального оценивания. Основные понятия и общая процедура построения доверительных интервалов.
12. Построение доверительного интервала при оценке среднего по выборке.
13. Определение необходимого объема выборки.
14. Задача проверки статистических гипотез. Основные понятия и общая процедура проверки.
15. Проверка гипотезы о среднем значении распределения.
16. Методы оценки и понижения дисперсии при имитационном моделировании.
17. Задача регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов.
18. Задача дисперсионного анализа.
19. Аналитические методы моделирования информационных процессов. Основные типы моделей.
20. Детерминированные модели. Формула Литтла. Показатели эффективности систем с очередями.
21. Вероятностные модели. Цепи Маркова. Вероятности состояния и перехода. Граф переходов.
22. Стационарные вероятности состояний и условия их существования. Вычисление стационарных вероятностей.
23. Бесконечная цепь Маркова. Пример расчета системы управления каналом передачи сообщений.
24. Модели с непрерывным временем. Пуассоновский поток событий и его свойства.
25. Распределение интервалов времени между событиями пуассоновского потока. Свойство отсутствия памяти экспоненциального распределения.
26. Анализ простейшей системы с обслуживающим устройством и очередью.
27. Цепи Маркова с непрерывным временем. Уравнения Колмогорова. Стационарные вероятности цепи.
28. Модели массового обслуживания. Обозначения Кендалла. Системы M/M/1 и M/M/1/m.
29. Расчет характеристик систем M/M/m/m и M/M/∞.
30. Системы M/M/m, M/GI/1 и M/D/1.

Примеры домашних заданий для самостоятельной работы.

1. Предприятие выполняет заказы по разработке программных продуктов. Каждый заказ проходит две стадии: разработка и тестирование. На предприятии работает 12 специалистов, каждый из которых может осуществлять как разработку, так и тестирование. Имеется два отдела: отдел разработки и отдел тестирования, между которыми необходимо распределить имеющийся персонал. Известно, что заказы поступают случайно с независимыми интервалами, распределенными по экспоненциальному закону со средним 10 дней, разработка программных средств по одному заказу требует 40±30 дней, а тестирование 30±10 дней. Требуется так распределить персонал, чтобы число заказов, выполненных за 1 год, было максимальным.

2. Информационно-вычислительная система предприятия имеет 5 серверов. Каждый сервер подвергается атакам через интервалы времени, распределенные экспоненциально со средними значениями, которые составляют для этих серверов 20, 30, 26, 50, 64 час., соответственно. Из числа всех атак только 20% представляют серьезную угрозу безопасности, при которой сервер полностью выходит из строя, а в остальных 80% случаев система компьютерной безопасности обеспечивает надлежащую защиту системы. Для выполнения работ по восстановлению работоспособности серверов предприятие имеет некоторое количество системных программистов, каждый из которых одновременно может работать только с одним сервером. Время восстановления работоспособности любого сервера составляет 8±4 час. Необходимо определить минимальное число системных программистов, при котором в среднем за 1 год число работоспособных серверов составляло не менее 80% от их общего числа.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции | Контрольно-измерительные материалы (КИМ) (тестовые вопросы, контрольные задания, кейсы и пр.) |
|  | 1 | 2 |
| 1 | ОПК-1.2 Определение качественных характеристик каждого компонента | отчёты по домашним работам независимо оцениваются с точки зрения качества оформления и полноты изложения по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 2 | ОПК-2.1 Уметь писать программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных технических средств, языков программирования и/или инструментальных сред по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 3 | ОПК-5.1 Установка и настройка системного и прикладного ПО, необходимого для функционирования ИС в соответствии с трудовым заданием | обучающегося просят продемонстрировать установку инструментальных или иных сред, использованных в домашних работах. Результат оценивается по шкале от 0 (не сделано) до 100 (очень хорошо) |
| 4 | ОПК-6.2 Уметь определять перечень возможных шаблонов (стилей) проектирования для каждого слоя или компонента | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных технических средств, языков программирования и/или инструментальных сред по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 5 | ОПК-7.2 Оценка осуществимости функционирования и сопровождения программного средства | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных технических средств, языков программирования и/или инструментальных сред по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 6 | ОПК-8.1 Оценка и выбор технологии доступа к данным | отчёты по домашним работам независимо оцениваются с точки зрения качества оформления и полноты изложения по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 7 | ПКП-1.1 Уметь разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных технических средств, языков программирования и/или инструментальных сред по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 8 | ПКП-2.1 Уметь описывать алгоритмы компонентов, включая методы и схемы | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных подходов, моделей и практик по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 9 | ПКП-3.1 Разработка модели бизнес-процессов заказчика | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных подходов, моделей и практик по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 10 | ПКП-4.1 Оценка и выбор варианта архитектуры программного средства | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных подходов, моделей и практик по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 11 | ПКП-5.1 Уметь выбирать технологии и средства разработки программного обеспечения | содержание домашних работ независимо оценивается с точки зрения использованных технических средств, языков программирования и/или инструментальных сред по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 12 | ПКП-6.1 Уметь разрабатывать процедуры проверки работоспособности и измерения характеристик программного обеспечения | ответы на оба вопроса на экзамене, ответы на дополнительные теоретические вопросы, а также обе домашние работы независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа/не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 13 | ПКП-7.2 Оценка и выбор архитектуры развертывания каждого компонента | ответы на оба вопроса на экзамене, ответы на дополнительные теоретические вопросы, а также обе домашние работы независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа/не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 14 | УК 1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; | отчёты по домашним работам независимо оцениваются с точки зрения качества оформления и полноты изложения по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 15 | УК-2.3. Оценивает соответствие способов решения цели проекта; | отчёты по домашним работам независимо оцениваются с точки зрения качества оформления и полноты изложения по шкале от 0 (не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 16 | УКБ-1.6. Представляет результаты проекта; | ответы на оба вопроса на экзамене, ответы на дополнительные теоретические вопросы, а также обе домашние работы независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа/не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |
| 17 | УКБ-3.1. Находит и использует различные источники информации. | ответы на оба вопроса на экзамене, ответы на дополнительные теоретические вопросы, а также обе домашние работы независимо оцениваются по шкале от 0 (нет ответа/не сделано) до 10 (очень хорошо), далее оценка усредняется. Результат переводится в диапазон от 0 до 100 |

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными в установленном порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

Диплом о высшем образовании по соответствующему направлению и ученая степень, соответствующая профилю дисциплины.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Не предусмотрено.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Стандартное оборудование, используемое для обучения в СПбГУ. MS Windows, MS Office, Mozilla FireFox, Google Chrome, Acrobat Reader DC, WinZip, Антивирус Касперского

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не предусмотрено.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Программная система имитационного моделирования GPSS World Student Version.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Согласно стандартным требованиям.

**3.4. Информационное обеспечение**

2. Ермаков С. М., Михайлов Г. А. Статистическое моделирование. - М.: Наука, 1982. 296 с. Мм – 44 экз.  
3. Боев В. Д. Имитационное моделирование систем: Учебное пособие. М.: Изд-во Юрайт, 2018-2020. 253 с. Пм – 3 экз. ЭБС «Юрайт» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2767/bcode/453964  
4. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. - М.: ДМК Пресс, 2004. 320 с. – ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2279/book/1213  
5. Ермаков С. М., Жиглявский А. А. Математическая теория оптимального эксперимента. - М.: Наука, 1987. 319 с. Мм – 12 экз.  
6. Шелухин О. И. Моделирование информационных систем: Учебное пособие. М.: Горячая линия-Телеком, 2012. 516 с. ЭБС «Айбукс» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2374/bookshelf/334050/reading  
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учебник. М.: Высшая школа, 1998,1999,2001,2002. 576 с. Мм – 31 экз.  
8. Langer A. M. Analysis and Design of Information Systems. - Springer: London, 2008. 412 p. – ЭР по подписке СПбГУ: https://find.library.spbu.ru/vufind/Record/978-1-84628-655-1  
9. Rubinstein R. Y. Simulation and the Monte Carlo Method. - Wiley: Hoboken, NJ., 2008. - 345 p. – ЭР по подписке СПбГУ: http://spbu.summon.serialssolutions.com/search?s.q=Simulation+and+the+Monte+Carlo+Method.&Search=%D0%9F%D0%BE%D0%B8%D1%81%D0%BA#!/search?ho=t&l=ru-RU&q=Simulation%20and%20the%20Monte%20Carlo%20Method.  
10. Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/>

11. Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ: <http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS>

12. Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>

13. Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?name=rures&resource%20type=8>

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

Ресурсы сети Интернет.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Кривулин Николай Кимович, д.ф.-м.н., доцент, профессор каф. статистического моделирования, nkk@math.spbu.ru