



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Вероятностное и имитационное моделирование

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины – формирование у студентов представления об имитационном моделировании как одном из наиболее распространенных методов поддержки принятия решений по управлению сложными стохастическими системами

Задачами освоения дисциплины являются:

- ознакомление с базовыми понятиями вероятностного и имитационного моделирования;
- изучение методов построения и использования моделей для анализа стохастических процессов и систем;
- изучение математического аппарата и имитационного подхода к формализации задач;
- освоение современных информационных технологий разработки и исследования моделей стохастических процессов.

## 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
ПК-4 Способен осуществлять проектную деятельность, связанную с применением и разработкой математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения, в соответствии с поставленной задачей	ПК-4.1 Предлагает вариант математической модели для описания поставленной задачи	<b>знает</b> методы статистического моделирования вероятностных процессов и систем (Монте-Карло), основные типы имитационных моделей, методы построения математической модели процесса/системы в терминах вероятностного имитационного моделирования, IT-инструментарий для построения вероятностной/имитационной модели <b>умеет</b> формализовывать процесс/систему в терминах вероятностного и/или имитационного моделирования в соответствии с поставленной задачей <b>владеет</b> навыками формализованного описания процесса/системы в терминах вероятностного и имитационного моделирования в соответствии с поставленной задачей

<p>ПК-4 Способен осуществлять проектную деятельность, связанную с применением и разработкой математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения, в соответствии с поставленной задачей</p>	<p>ПК-4.4 Демонстрирует результаты математического моделирования исследуемого объекта</p>	<p><b>знает</b> методы статистического моделирования вероятностных процессов и систем (Монте-Карло), основные типы имитационных моделей, методы и IT-инструментарий построения математической модели процесса/системы в терминах вероятностного имитационного моделирования, методы проведения вычислительного имитационного эксперимента, позволяющие проводить математическое моделирование и анализ исследуемого объекта (процесса/системы) в соответствии с поставленной задачей</p> <p><b>умеет</b> проводить исследование объекта (процесса, системы) с использованием методов вероятностного и имитационного моделирования и соответствующего IT-инструментария, проводить анализ результатов проведенных вычислительных экспериментов, представлять результаты выполненных исследований в форме докладов, отчетов, презентаций</p> <p><b>владеет</b> проведения исследований объекта (процесса, системы) с использованием методов вероятностного и имитационного моделирования и соответствующего IT-инструментария, навыками проведения анализа результатов вычислительных экспериментов, навыками представления результатов выполненных исследований в форме докладов, отчетов, презентаций</p>
--	---	---

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.07 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Компьютерное и математическое моделирование	ОПК-3.1, ОПК-2.2, ОПК-4.2
2	Теория вероятностей и математическая статистика	ОПК-2.1
3	Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания	ОПК-1.1, ОПК-1.2

Для успешного освоения дисциплины обучающимся необходимо:

знать:

- основы компьютерного и математического моделирования;
- инструментарий теории вероятностей и математической статистики, применяемый для описания и моделирования вероятностных процессов и систем;
- теорию массового обслуживания;

уметь:

- формализовать модель процесса и/или системы;
- осуществлять математическое и компьютерное моделирование;
- строить эмпирический закон распределения случайной величины, применять критерии согласия распределений.

владеть навыками:

- формализации модели процесса и/или системы;
- математического и компьютерного моделирования;
- описания и проведения математико-статистического анализа случайных величин, случайных процессов.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5
2	Проектная практика	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.2, ПК-3.2, ПК-4.3, ПК(Ц)-1.4

**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
			7
<b>Контактная работа</b>	32		32
Практические занятия (Пр)	32	0	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	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
<b>Часы на контроль</b>	8,75		8,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	67		67
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	108		108
<b>зачетные единицы:</b>	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. Вероятностное моделирование										
1.1.	Теоретические основы вероятностного моделирования	7			2				3	5	ПК-4.1, ПК-4.4
1.2.	Метод статистического моделирования Монте-Карло	7			4				8	12	ПК-4.1, ПК-4.4
2.	2 раздел. Теоретические основы имитационного моделирования										
2.1.	Концепции имитационного моделирования	7			2				8	10	ПК-4.1, ПК-4.4
3.	3 раздел. Инструментарий дискретно-событийного моделирования										
3.1.	Инструментарий дискретно-событийного моделирования	7			6				12	18	ПК-4.1, ПК-4.4
3.2.	Управление потоками транзактов	7			6				12	18	ПК-4.1, ПК-4.4
4.	4 раздел. Имитационное моделирование в среде AnyLogic										
4.1.	Описание системы имитационного моделирования AnyLogic	7			2				4	6	ПК-4.1, ПК-4.4
4.2.	Разработка моделей в AnyLogic	7			6				12	18	ПК-4.1, ПК-4.4
5.	5 раздел. Планирование имитационного компьютерного эксперимента										
5.1.	Планирование имитационного компьютерного эксперимента	7			4				8	12	ПК-4.1, ПК-4.4
6.	6 раздел. Контроль										
6.1.	Зачет с оценкой	7								9	ПК-4.1, ПК-4.4

### 5.1. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Теоретические основы вероятностного моделирования	Теоретические основы вероятностного моделирования Теоретические основы вероятностного моделирования. Генерация случайных величин. Проверка статистических гипотез.
2	Метод статистического моделирования Монте-Карло	Метод статистического моделирования Монте-Карло Метод статистического моделирования Монте-Карло. Проведение вычислительных экспериментов по методу Монте-Карло. Проверка статистических гипотез. Анализ результатов моделирования
3	Концепции имитационного моделирования	Концепции имитационного моделирования Типовые задачи имитационного моделирования. Классификация имитационных моделей. Этапы компьютерного моделирования. Понятие и способы задания модельного времени. Масштаб времени. Обзор IT-инструментария имитационного моделирования
4	Инструментарий дискретно-событийного моделирования	Описание системы дискретно-событийного моделирования История появления. Общая характеристика системы. Аппаратно-ориентированные и статистические объекты. Содержание стандартного отчета. Основные блоки.
4	Инструментарий дискретно-событийного моделирования	Имитационная модель системы массового обслуживания Построение имитационной модели системы массового обслуживания. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ результатов моделирования
5	Управление потоками транзактов	Управление потоками транзактов Транзактно-ориентированные блоки. Переменные, функции и сохраняемые величины. Управление потоками транзактов. Ансамбли транзактов. Анализ результатов моделирования
5	Управление потоками транзактов	Имитационная модель производственного предприятия Построение имитационной модели производственного предприятия. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ результатов моделирования
6	Описание системы имитационного моделирования AnyLogic	Общая характеристика системы имитационного моделирования AnyLogic Описание возможностей системы AnyLogic, история версий. Описание среды имитационного моделирования AnyLogic. Агентное, процессно-ориентированное моделирование, системная динамика в AnyLogic. Понятие агента. Основные библиотеки: библиотека моделирования процессов, пешеходная, железнодорожная, дорожного движения, палитра системной динамики и другие средства моделирования.
7	Разработка моделей в AnyLogic	Разработка моделей в AnyLogic Компоненты основной библиотеки. Настройка запуска модели. Визуализация результатов моделирования. Анализ результатов моделирования
7	Разработка моделей в AnyLogic	Моделирование процессов и систем в среде AnyLogic Разработка модели объекта (процесса/системы) в AnyLogic, проведение вычислительных экспериментов, анализ и оформление результатов, представление результатов исследований
8	Планирование имитационного	Планирование имитационного компьютерного эксперимента

	компьютерного эксперимента	Подходы к тестированию модели. Оценка адекватности, верификация модели. Валидация данных. Оценка точности и устойчивости результатов моделирования. Анализ чувствительности Основные понятия теории планирования эксперимента.
--	----------------------------	---

## 5.2. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Теоретические основы вероятностного моделирования	Теоретические основы вероятностного моделирования Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
2	Метод статистического моделирования Монте-Карло	Метод статистического моделирования Монте-Карло Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
3	Концепции имитационного моделирования	Концепции имитационного моделирования Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
4	Инструментарий дискретно-событийного моделирования	Система имитационного моделирования GPSS World Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
5	Управление потоками транзактов	Управление потоками транзактов Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
6	Описание системы имитационного моделирования AnyLogic	Система имитационного моделирования AnyLogic Проработка материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
7	Разработка моделей в AnyLogic	Разработка моделей в AnyLogic Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий
8	Планирование имитационного компьютерного эксперимента	Планирование имитационного компьютерного эксперимента Проработка теоретического материала, подготовка к устным опросам, выполнение и оформление практических заданий



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

Методические рекомендации по работе с теоретическим материалом

Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшем занятии за помощью к преподавателю.

Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Просматривайте видео материал. Внимательное слушание и конспектирование материала предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Конспектирование теоретического материала занятий помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом.

Методические рекомендации по подготовке к практическим работам

Практические работы представляют одну из форм освоения теоретического материала с одновременным формированием практических навыков в изучаемой дисциплине. Их назначение – углубление проработки теоретического материала, формирование практических навыков путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Процесс подготовки к практическим работам включает изучение рекомендуемых теоретических материалов, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. Непосредственное проведение практической работы предполагает:

- изучение теоретического материала по теме работы (по вопросам изучаемой темы);
- выполнение необходимых расчетов и экспериментов;
- оформление отчета с заполнением необходимых таблиц, построением графиков, подготовкой выводов по проделанным экспериментам и теоретическим расчетам;
- по каждой работе проводится контроль: проверяется содержание отчета, проверяется усвоение теоретического материала.

Контроль усвоения теоретического материала проводится в виде индивидуального опроса.

Методические рекомендации по подготовке к зачету с оценкой

Студенты сдают зачет с оценкой в конце обучения. К зачету допускается студент, выполнивший в полном объеме задания, предусмотренные в рабочей программе. В случае пропуска каких-либо видов учебных занятий по уважительным или неуважительным причинам студент самостоятельно выполняет и сдает на проверку в письменном виде общие или индивидуальные задания, определяемые преподавателем.

Зачет проходит в устной или письменной форме (определяется преподавателем) на основе перечня вопросов и заданий, которые отражают содержание действующей рабочей программы учебной дисциплины.

Студентам рекомендуется:

- внимательно прочитать вопросы к зачету и задачи;
- составить план ответа на каждый вопрос и задачу.

## **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	Теоретические основы вероятностного моделирования	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, практические задания
2	Метод статистического моделирования Монте-Карло	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, практические задания
3	Концепции имитационного	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос,

	моделирования		практические задания
4	Инструментарий дискретно-событийного моделирования	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, практические задания
5	Управление потоками транзактов	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, практические задания
6	Описание системы имитационного моделирования AnyLogic	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, выполнение практических заданий
7	Разработка моделей в AnyLogic	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, выполнение практических заданий
8	Планирование имитационного компьютерного эксперимента	ПК-4.1, ПК-4.4	устный опрос, выполнение практических заданий
9	Зачет с оценкой	ПК-4.1, ПК-4.4	вопросы и задания к зачету

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

Типовые практические задания для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПК-4.1, 4.4

Задание 1.

Разработать программное средство, реализующее генерацию независимых случайных величин, распределенных по заданным законам (например, по нормальному закону распределения, закону Пуассона, произвольному непрерывному закону на основе эмпирических данных, произвольному дискретному закону на основе эмпирических данных и т.п.). Входными данными являются параметры законов распределения и количество случайных чисел. В качестве результатов должны выводиться: сгенерированные выборки, основная описательная статистика (среднее, дисперсия, мода для дискретных СВ), гистограмма/полигон распределения. Проверить полученные выборки на соответствие заданному закону, используя статистические критерии. Дать СВ содержательную интерпретацию. Проверить полученные выборки на соответствие заданному закону, используя известные Вам статистические критерии.

Задание 2.

Имеются данные об инвестиционном проекте (Объем выпуска, цена за шт., переменные затраты, постоянные затраты, амортизация, налог на прибыль, норма дисконта, остаточная стоимость, начальные инвестиции, срок проекта), заданы законы и параметры распределения для всех приведенных данных.

Провести оценку инвестиционного проекта методом Монте-Карло, в частности:

- 1) предложить математическую модель проекта;
- 2) осуществить генерацию основных параметров, согласно заданным законам распределения, используя стандартное программное обеспечение;
- 3) рассчитать вектор выходных параметров;
- 4) провести количественный и графический анализ полученных результатов;
- 5) дать экономическую интерпретацию результатов и сформулировать рекомендации.

Задание 3.

Подготовить сообщение по одной из систем имитационного моделирования, которое должно содержать следующее: название; фирма производителя (в том числе страна); год появления на рынке; развитие ПС (количество версий, особенности каждой); стоимость, наличие демо-версий и версий для обучения (их ограничения); функциональные возможности. Оформить результаты в виде отчета и презентации. Варианты: Arena, iThink, Actor Pilgrim, Simulink (Mathlab), Powersim и др

Задание 4.

1) Построить имитационную модель работы одноканального и многоканального устройства в GPSS World без ограничения и с ограничением на длину очереди. Характеристики потоков заявок задать самостоятельно. Осуществить имитационное моделирование для 1000 обслуженных заявок.

2) Проанализировать статистику работы системы и сделать выводы. Примерные объекты исследования: Кассы по продажам ж/д билетов (1 и 2 кассы), Работа морского порта по разгрузке судов (1 и 3 причалов) и др.

Задание 5.

1) Предложить имитационную модель реального экономического или производственного объекта, учитывающую особенности его функционирования. Например варианты: Моделирование системы управления качеством, Моделирование работы участка цеха, Моделирование работы супермаркета и т.п. Дать обоснования используемым в модели случайным величинам. Предложить расчетный показатель для оценки эффективности работы системы. Обосновать выбор периода моделирования.

2) Рассмотреть предлагаемую имитационную модель, провести её анализ (подробное описание текста на GPSS, результаты моделирования, интерпретация), оформить в виде презентации и отчета.

Задание 6.

1) Для объекта моделирования предложить имитационную модель процесса обслуживания заявок, используя несколько единиц ресурсов. Предусмотреть возможные потери заявок из-за превышения времени ожидания. Реализовать модель в среде AnyLogic.

2) Провести её анализ (привести подробное описание модели в AnyLogic, привести результаты моделирования, интерпретация), оформить в виде презентации и отчета.

Задание 7.

1) Выбрав содержательную постановку задачи из задания 5 или 6 поставить цель эксперимента, провести имитационный эксперимент с использованием указанной системы моделирования.

2) Дать интерпретацию по результатам моделирования. Представить результаты в виде отчета, презентации, доклада

Вопросы для устных опросов по разделам

Раздел 1. Вероятностное моделирование.

1. Дать определение метода Монте-Карло (статистических испытаний)

2. Перечислите этапы метода Монте-Карло

3. Что представляет собой датчик случайных чисел?

4. Перечислите подходы к генерации случайных величин, имеющих произвольный закон распределения.

5. Опишите метод обратных функций.

6. В каких случаях необходимо использовать метод свертки?

7. Как получить стандартное нормальное распределение?

8. Почему в ЭВМ возможна работа только с псевдослучайными числами?

9. Для чего используют обобщенное распределение Эрланга?

10. Опишите алгоритм псевдослучайных чисел в памяти компьютера.

11. В каких ситуациях, рекомендовано использовать метод Монте-Карло?

12. Приведите примеры использования метода Монте-Карло.

13. Приведите примеры использования метода Монте-Карло.

14. Приведите примеры использования методов вероятностного моделирования

Раздел 2. Теоретические основы имитационного моделирования

1. Дать определение метода Монте-Карло (статистических испытаний)

2. Перечислите этапы метода Монте-Карло

3. Что представляет собой датчик случайных чисел?

4. Перечислите подходы к генерации случайных величин, имеющих произвольный закон распределения.

5. Опишите метод обратных функций.

6. В каких случаях необходимо использовать метод свертки?

7. Как получить стандартное нормальное распределение?

8. Почему в ЭВМ возможна работа только с псевдослучайными числами?

9. Опишите алгоритм генерации псевдослучайных чисел в памяти компьютера.

10. В каких ситуациях, рекомендовано использовать метод Монте-Карло?

11. Охарактеризовать область применения вероятностного и имитационного

## моделирования

12. На решение какого класса задач направлены дискретные имитационные модели?
13. Приведите примеры имитационных моделей?
14. В каких ситуациях оправдано использование имитационного моделирования?
15. На решение каких задач было направлено дискретно-событийное моделирование?
16. На решение каких задач было направлено агентное моделирование?
17. В чем суть моделирования методами системной динамики
18. В чем преимущество агентного моделирования?

## Раздел 3. Инструментарий дискретно-событийного моделирования

1. Дайте определение транзакта.
2. Для чего используется объект память?
3. Дайте определение устройства.
4. Для чего используется логический переключатель?
5. Для чего используется объект очередь?
6. Каким образом может быть представлена модель системы на языке блок-диаграмм?
7. Для чего используется блок GENERATE? Охарактеризуйте его параметры.
8. Приведите примеры использования блока GENERATE.
9. Для чего используется блок TERMINATE? Охарактеризуйте его параметры.
10. Для чего используется блок ADVANCE? Охарактеризуйте его параметры.
11. Как использовать в моделях объект память (многоканальное устройство)?
12. Какие блоки используются для сбора информации об очереди?
13. Дайте понятие параметра транзакта.
14. Каким образом можно задать параметры транзактов?
15. Приведите примеры использования блока ASSIGN.
16. Какими способами может быть задан приоритет транзакта?
17. Какие типы переменных существуют в GPSS?
18. Как задать функцию в GPSS?
19. Перечислите режимы блока TRANSFER.
20. Приведите примеры использования блока TRANSFER.
21. Какие блоки используются для проверки логических условий?
22. Для чего используется блок GATE? Охарактеризуйте его параметры.
23. Что такое ансамбль транзактов?
24. Какие блоки используются для управления ансамблями транзактов?
25. Каким образом в GPSS можно организовать цикл?
26. Как осуществляется управление модельным временем в GPSS?
27. Охарактеризуйте возможности системы GPSS.
28. Перечислите статистические объекты системы GPSS.
29. Охарактеризуйте структуры стандартного отчета.
30. Какая информация доступна в стандартном отчете об устройствах?
31. Какая информация доступна в стандартном отчете о многоканальных устройствах?
32. Какая информация доступна в стандартном отчете об очереди?

## Раздел 4. Имитационное моделирование в среде AnyLogic

1. Какие концепции имитационного моделирования поддерживаются в AnyLogic?
2. Какие элементы используются для задания поведения активных объектов (агентов)?
3. Перечислите доступные библиотеки в AnyLogic
4. Из каких областей состоит окно разработки моделей в AnyLogic.
5. Охарактеризуйте назначения общей библиотеки.
6. В чем отличие пешехода от активного объекта?
7. Опишите назначения и параметры блока source.
8. Какой блок используется для вывода агентов из системы?
9. Какой блок отвечает за задержку агента в определенной точке модели?
10. Дайте понятие ресурса в AnyLogic.
11. Перечислите блоки, используемые для работы с ресурсами.
12. Перечислите типы ресурсов.
13. Опишите назначения и параметры блока service.
14. Как задать ограничение на длину очереди в AnyLogic?

15. Как предусмотреть уход активного объекта по таймауту?
16. Как задать модельное время в AnyLogic?
17. Какие блоки используются для копирования и объединения активных объектов?
18. Какой блок отвечает за синхронизацию движения?
19. Охарактеризуйте возможности системы AnyLogic
20. Для чего используются компоненты железнодорожной библиотеки?
21. Перечислите компоненты палитры для сбора и представления статистики.
22. Как проводится визуализация модели

#### Раздел 5. Планирование имитационного компьютерного эксперимента

1. Дайте определение эксперимента.
2. Дайте понятие планирования эксперимента как научной дисциплины.
3. Охарактеризуйте виды экспериментов.
4. Выделите основные этапы планирования эксперимента.
5. Дайте определение функции отклика.
6. Как выбирается порядок функции отклика?
7. Что такое факторный эксперимент?
8. Сколько опытов необходимо провести в полном факторном эксперименте?
9. Как проверяется адекватность имитационной модели
10. Что означает термин верификация модели. Как проводится верификация модели
11. Как проводится анализ чувствительности
12. Как осуществляется верификация модели
13. Как осуществляется валидация данных
14. Как осуществляется оценка чувствительности выходного параметра модели
15. Какие статистические критерии используются для анализа адекватности модели
16. Какие статистические критерии используются для анализа устойчивости модели

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

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - 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> <p>навыки: - 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>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - 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> <p>умения: - 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> <p>навыки: - 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>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

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

Примерный перечень теоретических вопросов для проведения промежуточной аттестации обучающихся:

1. Подход имитационного моделирования. Виды имитационных моделей.
2. Метод Монте-Карло.
3. Описание системы имитационного моделирования GPSS.
4. Основные объекты системы имитационного моделирования GPSS.
5. Транзакты и их свойства. Параметры транзактов, задание параметров.
6. Статистические объекты GPSS.
7. Блоки, имитирующие работу устройства. Блоки, имитирующие работу емкости/многоканального устройства.
8. Управление движением транзактов.
9. Содержание стандартного отчета в GPSS.
10. Сохраняемые величины, переменный и функции в GPSS.
11. Стандартные библиотеки AnyLogic PLE.
12. Теоретические основы имитационного моделирования: понятие псевдослучайных чисел, датчики случайных чисел.
13. Концепции имитационного моделирования.
14. Элементы основной библиотеки AnyLogic и настройка запуска модели.
15. Моделирование систем массового обслуживания в GPSS.
16. В чем суть планирования имитационного компьютерного эксперимента.
17. На решение каких задач было направлено агентное моделирование. Примеры моделей.
18. На решение каких задач было направлено дискретно-событийное моделирование.

Примеры моделей.

19. На решение каких задач было направлено моделирование методами системной динамики.

Примеры моделей.

20. Охарактеризуйте возможности системы GPSS.
21. Охарактеризуйте возможности системы AnyLogic.
22. Как проводится визуализация модели в AnyLogic.
23. Как осуществляется тестирование имитационной модели.
24. Какие статистические критерии используются для тестирования имитационной модели.

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерные варианты практических заданий.

Задача 1

Провести моделирование работы склада для хранения однородной продукции в течение одной смены (12 часов). На склад в интервале от 15 до 25 минут приезжают грузовые автомобили вместимостью 1 т. для отгрузки продукции, если в момент приезда склад занят разгрузкой другого автомобиля, прибывший становится в очередь. Определить какой объем продукции останется на конец смены, если на её начало, на складе было 50 т. продукции.

Задача 2

Провести моделирование отдела по заключению договоров ОСАГО (1 рабочий день). Поток заявок от автомобилистов, пришедших для заключения договоров ОСАГО имеет пуассоновский закон распределения с параметром 2. Время работы с каждым клиентом у специалиста составляет  $15 \pm 3$  мин. Собрать статистику об очереди на заключение договоров.

Задача 3

Провести моделирование одного дня работы мужского зала парикмахерской (9 часов), в котором два работают два мастера, время обслуживания которых имеет нормальный закон распределения с параметрами 15, 3 мин. и 18, 2 мин. Клиенты приходят через каждые  $12 \pm 10$  мин. и им не важно, у какого парикмахера стричься.

Задача 4

Построить имитационную модель работы склада для хранения произведенной продукции вместимостью 1000 тонн: поставка партий происходит через каждые 2 дня, объем 1 партии 4 тонны. Время пребывания продукции на складе до её дальнейшей отгрузки распределено по равномерно-му в интервале от 3 до 7 дней.

#### Задача 5

Рассмотреть работу гипермаркета за городом в течение 12 часов. Покупатели приезжают на машинах (вместимость автостоянки составляет 300 мест) через каждые  $25 \pm 5$  минут. Клиент, встает в очередь на кассу к одному из 3 кассиров, время обслуживания составляет  $30 \pm 10$  минут. Собрать информацию об очереди.

#### Задача 6

Построить имитационную модель обслуживания клиентов в студенческом буфете в случае одного кассира для 200 студентов. Время прихода студентов подчинено равномерному закону в интервале 2-6 минут, а время обслуживания составляет  $3 \pm 2$  минуты. Ограничения на длину очереди нет.

#### Задача 7

Рассмотреть работу почтового отделения за один рабочий день (10 часов). Время между приходом клиентов, подчинено нормальному закону с параметрами 9, 2.5, время обслуживания составляет  $10 \pm 3$  минуты. Собрать статистику об очереди. (среда GPSS World/AnyLogic по указанию преподавателя)

#### Задача 8

Построить имитационную модель обслуживания 1000 клиентов в магазине с 3 кассами, если время прихода клиента имеет нормальное распределение с параметрами 5, 1 мин., а время обслуживания подчинено экспоненциальному закону с мат. ожиданием 3 мин. Вместимость магазина 20 человек, необходимо собрать статистику об очереди

#### Задача 9

Провести моделирование отдела по заключению договоров ОСАГО (1 рабочий день). Поток заявок от автомобилистов, пришедших для заключения договоров ОСАГО имеет пуассоновский закон распределения с параметром 2. Время работы с каждым клиентом у первого специалиста составляет  $15 \pm 3$  мин., у второго  $18 \pm 6$  мин. Собрать статистику об очереди на заключение договоров, оценить загрузку каждого специалиста.

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

Курсовые работы (проекты) 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. 7.3.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет с оценкой проводится в форме собеседования, в том числе по выполненным практическим работам.

#### 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»		



	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>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.</p>	<p>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</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -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>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -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>	<p>Обучающийся демонстрирует: -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.</p>

<p>умения</p>	<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>
<p>владение навыками</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>

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
<b>Основная литература</b>		
1	Лимановская О. В., Обабкова И. Н., Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 частях. Ч.1, Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/106371.html">http://www.iprbookshop.ru/106371.html</a>
2	Боев В. Д., Концептуальное проектирование систем в AnyLogic и GPSS World, Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/102016.html">https://www.iprbookshop.ru/102016.html</a>
3	Салмина Н. Ю., Имитационное моделирование, Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/70012.html">http://www.iprbookshop.ru/70012.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Бабина О. И., Мошкович Л. И., Имитационное моделирование процессов планирования на промышленном предприятии, Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/84349.html">http://www.iprbookshop.ru/84349.html</a>
2	Лимановская О. В., Обабкова И. Н., Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 частях. Ч.2, Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/106372.html">http://www.iprbookshop.ru/106372.html</a>
3	Журавлева Т. Ю., Практикум по дисциплине «Имитационное моделирование», Саратов: Вузовское образование, 2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/27380.html">http://www.iprbookshop.ru/27380.html</a>

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
Математическое и имитационное моделирование	<a href="https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KATAEV/academics/Tab1/MIM_P_teor.pdf">https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KATAEV/academics/Tab1/MIM_P_teor.pdf</a>
Официальный сайт AnyLogic	<a href="https://www.anylogic.ru/">https://www.anylogic.ru/</a>
Документация и справочные материалы по AnyLogic	<a href="https://anylogic.help/ru/">https://anylogic.help/ru/</a>
Боев, В.Д. Концептуальное проектирование систем в Anylogic 7 и GPSS World. Электронный курс лекций	<a href="http://www.intuit.ru/studies/courses/13846/1243/info">http://www.intuit.ru/studies/courses/13846/1243/info</a>
Система имитационного моделирования GPSS	<a href="http://elina-computer.ru/static/skachat.html">http://elina-computer.ru/static/skachat.html</a>

### 8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Информационно-правовая система Гарант	<a href="http://law.lan.spbgasu.ru/GarantClient">\\law.lan.spbgasu.ru\GarantClient</a>
Информационно-правовая система Консультант	<a href="http://law.lan.spbgasu.ru/ConsultantPlusADM">\\law.lan.spbgasu.ru\ConsultantPlus ADM</a>
Информационно-правовая база данных Кодекс	<a href="http://gasudata.lan.spbgasu.ru/docs/">http://gasudata.lan.spbgasu.ru/docs/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>

Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.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 Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г
AnyLogic версия 7.1.2	Договор №21/10-14-1 от 21.10.2014 г. с ООО "Компания ЭниЛоджик". Лицензия бессрочная
Matlab версия R2019a	Договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025
LibreOffice	Свободно распространяемое
PyCharm Community	Свободно распространяемое
Math Cad версия 15	Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО "Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная
Python версия 3.7.6386.10	Свободно распространяемое
Microsoft Visual Studio Community Edition	Свободно распространяемое

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
73. 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
73. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная аудитория 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, аудиосистема), доска маркерная белая эмалевая, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
73. Компьютерный класс	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.

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