

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 41

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

проф., д. пед. н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

А.Г. Степанов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«23» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Имитационное моделирование»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладная информатика
Наименование направленности	Прикладная информатика в информационной сфере
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доцент, к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)


«23» июня 2021 г
(подпись, дата)

Е.А. Бакин
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 41
«23» июня 2021 г, протокол № 11А-2020/21.

Заведующий кафедрой № 41

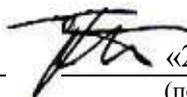
д.т.н., проф.
(уч. степень, звание)


«23» июня 2021 г
(подпись, дата)

Г.А. Коржавин
(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 09.03.03(01)

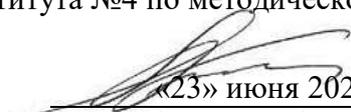
проф., д.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)


«23» июня 2021 г
(подпись, дата)

В.С. Павлов
(инициалы, фамилия)

Заместитель Директора института №4 по методической работе

доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)


«23» июня 2021 г
(подпись, дата)

А.А. Ключарев
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Имитационное моделирование» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 09.03.03 «Прикладная информатика» направленности «Прикладная информатика в информационной сфере». Дисциплина реализуется кафедрой «№41».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

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»

ОПК-6 «Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с приобретением основных знаний в области имитационного моделирования, а также навыков реализации алгоритмов моделирования на ЭВМ.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультация.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Имитационное моделирование является в настоящее время важной частью процесса проектирования сложных технических систем. Кроме того, оно широко используется при изучении сложных природных и общественных явлений. При имитационном моделировании не решается математическая задача с целью нахождения функциональных зависимостей, а имитируются условия работы, отдельные действия и события, сопровождающие функционирование моделируемого объекта..

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
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	УК-2.В.3 владеть навыками использования цифровых средств для решения поставленной задачи
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	ОПК-6.3.1 знать основы теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования ОПК-6.У.1 уметь применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий ОПК-6.В.1 владеть навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и

		технологий
--	--	------------

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Статистическая обработка информации.
- Построение и анализ графовых моделей.
- Моделирование.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Моделирование систем распределения ресурсов.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	5/ 180	5/ 180
Из них часов практической подготовки		
Аудиторные занятия, всего час.	68	68
в том числе:		
лекции (Л), (час)	34	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	54	54
Самостоятельная работа, всего (час)	58	58
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Введение в модели систем массового обслуживания	8	0	8		14
Раздел 2. Моделирование по событиям	8		8		14

Раздел 3. Генерация случайных величин с заданным законом распределения	8		8		14
Раздел 4. Оптимизация сетей массового обслуживания	10		10		16
Итого в семестре:	34		34		58
Итого	34	0	34	0	58

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Введение в модели систем массового обслуживания 1.1 Модель системы массового обслуживания (СМО) 1.2 Составные части СМО 1.3 Классификация СМО 1.4 Известные замкнутые выражения из теории массового обслуживания
2	Раздел 2. Моделирование по событиям 2.1 Базовый принцип моделирования по событиям 2.2 Эффективная организация программных модулей при реализации моделирования по событиям 2.3 Пример имитационного моделирования по событиям однолинейной СМО.
3	Раздел 3. Генерация случайных величин с заданным законом распределения 3.1 Метод обратного преобразования. 3.2 Метод генерации нормальных случайных величин, основанный на центральной предельной теореме. 3.3 Преобразование Бокса-Мюллера. 3.4 Метод суперпозиции.
4	Раздел 4. Оптимизация сетей массового обслуживания 4.1 Оптимизация тандемных сетей. 4.2 Оптимизация параллельных СМО.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					

Всего			
-------	--	--	--

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло	6	6	1
2	Датчики случайных чисел. Построение гистограмм	8	8	2
3	Моделирование входного потока запросов	6	6	3
4	Моделирование элементарной СМО с бесконечным буфером	8	8	4
5	Моделирование элементарной СМО с конечным буфером	6	6	5
Всего		34		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	20	20
Курсовое проектирование (КП, КР)	0	0
Расчетно-графические задания (РГЗ)	6	6
Выполнение реферата (Р)	0	0
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	8	8
Домашнее задание (ДЗ)	16	16
Контрольные работы заочников (КРЗ)	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	58	58

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
519.6(75) - Н73	Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов: Учебное пособие. - М. и др.: Питер, 2006 – 363 с.	100
519.8 (075) – М34	Математические методы и модели исследования операций: учебник / Под ред. В.А.Колемаева. - М.: ЮНИТИ, 2008. - 591 с	30
519.7 - К89	Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. - СПб.: Лань, 2005. - 395 с.	10
004.423.42 – Т24	Таха Х. Введение в исследование операций (Operations research: an introduction). - М. и др.: Вильямс, 2006. - 901 с.	10
004.4'416 – В29	Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: Учебное пособие. - М.: Высш. шк., 2001. - 208 с.	11

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://www.exponenta.ru/	Образовательный математический сайт Exponenta.ru
http://kufas.ru/	Основы программирования
http://www.mathworks.com/help/matlab/	Справка MATLAB

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Задачи; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Имитационное моделирование. Области применения.	ОПК-6.3.1
2	Объекты социальной сферы как системы массового обслуживания.	ОПК-6.3.1
3	Оценка необходимого объема моделирования: метод доверительных интервалов.	ОПК-6.У.1
4	Оценка необходимого объема моделирования: метод удвоения.	ОПК-6.У.1
5	Оценка необходимого объема моделирования: анализ циклов регенерации.	ОПК-6.У.1
6	Нелинейное преобразование случайной величины. Примеры.	ОПК-6.В.1
7	Генерация случайных величин: метод обратного преобразования. Примеры применения.	ОПК-6.В.1
8	Генерация случайных величин: метод суперпозиции. Примеры применения.	ОПК-6.В.1
9	Формирование чисел с нормальным законом распределения: метод, основанный на ЦПТ.	УК-2.В.3
10	Формирование чисел с нормальным законом распределения: преобразование Бокса-Мюллера.	УК-2.В.3
11	Датчики псевдослучайных равномерно распределенных величин.	УК-2.В.3
12	Оценка плотности вероятности случайной величины методом гистограмм.	ОПК-6.У.1
13	Классификация входных потоков заявок. Примеры.	ОПК-6.3.1
14	Характеристики входных потоков заявок.	ОПК-6.3.1
15	Бернуллиевский поток заявок. Примеры.	ОПК-6.3.1
16	Пуассоновский поток заявок. Примеры.	ОПК-6.3.1
17	Эрланговский поток заявок. Примеры.	ОПК-6.3.1
18	Алгоритмы моделирования входного потока заявок.	ОПК-6.У.1
19	Теорема Литтла.	ОПК-6.В.1
20	Элементарная система массового обслуживания.	ОПК-6.3.1

21	СМО с бесконечным буфером. Формула Поллачека-Хинчина.	ОПК-6.У.1
22	СМО с конечным буфером.	ОПК-6.В.1
23	Формула Поллачека-Хинчина. Вероятности отказа в обслуживании.	ОПК-6.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Дан поток, у которого i -ое расстояние между событиями вычисляется по формуле $\Delta_i = 1 + (i \bmod 3)$. Чему равна интенсивность этого потока.	ОПК-6.3.1
2	Дан поток с расстоянием между событиями, равномерно распределенными в интервале от 1 до 5. Чему равны интенсивность и коэффициент вариации данного потока.	ОПК-6.3.1
3	Пуассоновский поток с интенсивностью, равной 2, делится на два потока. Чему равны интенсивность и коэффициент вариации каждого из двух получившихся потоков.	ОПК-6.3.1
4	Даны два потока. Интервал между событиями первого постоянен и равен 3-ем. Интервал между событиями второго постоянен и равен 2-ум. Сравните их интенсивности и коэффициенты вариации.	ОПК-6.3.1
5	Дан пуассоновский поток с интенсивностью, равной пяти. Чему равна вероятность того, что интервал между событиями превысит 3.	ОПК-6.3.1
6	Дан поток, интервал между событиями которого – равномерно распределенная случайная величина. Интенсивность потока равна 0.5, коэффициент вариации $\frac{1}{\sqrt{3}}$. Чему равна вероятность того, что интервал между событиями превысит 5.	ОПК-6.3.1
7	В потоках А и Б расстояние между событиями распределено по эрланговскому закону порядка 2 с интенсивностью, равной 1. Чему равны интенсивность и коэффициент вариации потока В, полученного путем суммирования потоков А и Б.	ОПК-6.3.1
8	Дан нестационарный пуассоновский поток, интенсивность которого меняется в диапазоне от 1 до 4-х. В каком диапазоне при этом изменяется коэффициент вариации?	ОПК-6.3.1

9	Дан поток с равномерным законом распределения интервалов между событиями в интервале $[a, b]$. Во сколько раз изменится коэффициент вариации потока, если закон распределения изменится на пуассоновский с сохранением интенсивности?	ОПК-6.3.1
10	Во сколько раз различаются коэффициенты вариации эрланговского потока второго порядка и эрланговского потока третьего порядка при равенстве интенсивностей? Если интенсивность второго потока в два раза больше интенсивности первого?	ОПК-6.3.1
11	На сколько эрланговских потоков надо разделить пуассоновский, чтобы интенсивность уменьшилась в 5 раз? Во сколько раз при этом изменится коэффициент вариации?	ОПК-6.3.1
12	Поток с равномерным законом распределения интервалов между событиями делится на два потока. Какой закон распределения интервалов между событиями будет у получившегося потока? Как изменится коэффициент вариации и интенсивность по отношению к исходному потоку?	ОПК-6.3.1
13	Поток с равномерным законом распределения интервалов между событиями делится на двенадцать потоков. Какой закон распределения интервалов между событиями будет у получившегося потока? Как изменится коэффициент вариации и интенсивность по отношению к исходному потоку?	ОПК-6.3.1
14	Дан поток, время появления k -ого события в котором определяется по следующей формуле: $t_k = k \cdot \Delta t + n_k$, где Δt - некая константа, n_k - гауссовская случайная величина с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной $\Delta t^2/50$. Чему равен коэффициент вариации и интенсивность данного потока.	ОПК-6.3.1
15	Дан поток, время появления k -ого события в котором определяется по следующей формуле: $t_k = k \cdot \Delta t + r_k$, где Δt - некая константа, r_k - случайная величина, равномерно распределенная в интервале $\left[-\frac{\Delta t}{10}, \frac{\Delta t}{10}\right]$. Чему равен коэффициент вариации и интенсивность данного потока.	ОПК-6.3.1
16	Дан пуассоновский поток с интенсивностью, равной двум. Чему равна вероятность того, что интервал между событиями будет находиться в диапазоне от 1-го до 3-х.	ОПК-6.3.1
17	Дан поток, интервал между событиями которого – равномерно распределенная случайная величина. Интенсивность потока равна $1/3$, коэффициент вариации $1/3\sqrt{3}$. Чему равна вероятность того, что интервал между событиями будет лежать в диапазоне от 3-х до 4-х.	ОПК-6.3.1
18	Дан поток с равномерным законом распределения интервалов между событиями. Интенсивность равна одному, коэффициент вариации равен $2/\sqrt{3}$. Реализуем ли физически такой поток? Почему?	ОПК-6.3.1
19	Дан поток с равномерным законом распределения интервалов	ОПК-6.3.1

	между событиями и коэффициентом вариации равным $\frac{2}{\sqrt{3}}$. Чему должна быть равна интенсивность данного потока, чтобы он был физически реализуемым?	
20	Дан поток, у которого i -ое расстояние между событиями вычисляется по формуле $\Delta_i = 1 + (i^2 \bmod 2)$. Чему равна интенсивность этого потока.	ОПК-6.3.1
21	Среднее время пребывания заявки в ЭСМО равно 0,875. Интенсивность входного пуассоновского потока заявок равна 1, интенсивность эрланговского потока обслуживания равна 2. Эрланговским потоком какого порядка является поток обслуживания?	ОПК-6.3.1
22	В ЭСМО поток заявок - пуассоновский с интенсивностью, равной единице. Время обслуживания – случайная величина с равномерным законом распределения в диапазоне от 0.5 до 1. Способна ли данная СМО справиться с данным потоком заявок? Почему?	ОПК-6.3.1
23	Интервал между входными заявками первой ЭСМО – равномерно распределенная случайная величина в диапазоне $[2, 3]$. Интервал между входными заявками второй ЭСМО – равномерно распределенная случайная величина в диапазоне $[1, 4]$. Сравните производительности этих ЭСМО, если интенсивности потоков обслуживания у них одинаковы.	ОПК-6.3.1
24	Даны две ЭСМО. Поток обслуживания первой – эрланговский, второго порядка с интенсивностью, равной 4. Поток обслуживания второй – эрланговский, третьего порядка с интенсивностью, так же равной 4. Сравните производительности и среднее время пребывания запроса в обеих системах, если входной поток – пуассоновский, с интенсивностью, равной 2.	ОПК-6.3.1
25	Загрузка ЭСМО с пуассоновским входным потоком заявок равна 0.5. Чему должен быть равен коэффициент вариации потока обслуживания, чтобы число заявок в системе не превышало 5-ти.	ОПК-6.3.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

Задачи для экзамена представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Задачи для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Дана функция $f(x) = 4x$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^1 f(x) dx$ методом Монте-Карло при 100 экспериментах.	ОПК-6.У.1

2	<p>Дана функция $f(x) = 4x$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^2 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.1.</p>	ОПК-6.У.1
3	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 2 & \text{при } x > 1 \\ 1 & \text{при } x \leq 1 \end{cases}$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^2 f(x) dx$ методом Монте-Карло при 1000 экспериментах.</p>	ОПК-6.У.1
4	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 2 & \text{при } x > 1 \\ 1 & \text{при } x \leq 1 \end{cases}$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^2 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.01.</p>	ОПК-6.У.1
5	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 2-x & \text{при } x > 1 \\ x & \text{при } x \leq 1 \end{cases}$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^2 f(x) dx$ методом Монте-Карло при 400 экспериментах.</p>	ОПК-6.У.1
6	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 2-x & \text{при } x > 1 \\ x & \text{при } x \leq 1 \end{cases}$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_{-1}^3 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.05.</p>	ОПК-6.У.1
7	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \leq 1 \\ 2 & \text{при } 1 < x < 2 \\ 3 & \text{при } 2 \leq x \end{cases}$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^6 f(x) dx$ методом Монте-Карло при 10 экспериментах.</p>	ОПК-6.У.1

8	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x \leq 1 \\ 2 & \text{при } 1 < x < 3 \\ 3 & \text{при } 3 \leq x \end{cases}$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_{-2}^6 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.2.</p>	ОПК-6.У.1
9	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 2x & \text{при } x \leq 1 \\ 4 - 2x & \text{при } 1 < x < 2 \\ 2x - 4 & \text{при } 2 \leq x \end{cases}$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^3 f(x) dx$ методом Монте-Карло при 50 экспериментах.</p>	ОПК-6.У.1
10	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 2x & \text{при } x \leq 1 \\ 4 - 2x & \text{при } 1 < x < 2 \\ 2x - 4 & \text{при } 2 \leq x \end{cases}$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^3 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.02.</p>	ОПК-6.У.1
11	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 0.5x & \text{при } x < 2 \\ x - 1 & \text{при } x \geq 2 \end{cases}$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^4 f(x) dx$ методом Монте-Карло при 10^5 экспериментах.</p>	ОПК-6.У.1
12	<p>Дана функция $f(x) = \begin{cases} 0.5x & \text{при } x < 2 \\ x - 1 & \text{при } x \geq 2 \end{cases}$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^4 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.001.</p>	ОПК-6.У.1
13	<p>Дана функция $f(x) = \lfloor x \rfloor$. Найдите средний квадрат</p>	ОПК-6.У.1

	ошибки оценки определенного интеграла $\int_{-2}^3 f(x)dx$ методом Монте-Карло при 500 экспериментах.	
14	Дана функция $f(x) = \lfloor x \rfloor$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_{-2}^3 f(x)dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.1.	ОПК-6.У.1
15	Дана функция $f(x) = \lceil x \rceil$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^3 f(x)dx$ методом Монте-Карло при 300 экспериментах.	ОПК-6.У.1
16	Дана функция $f(x) = \lceil x \rceil$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^3 f(x)dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.005.	ОПК-6.У.1
17	Дана функция $f(x) = -x$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_{-2}^2 f(x)dx$ методом Монте-Карло при 100 экспериментах.	ОПК-6.У.1
18	Дана функция $f(x) = -x$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_0^2 f(x)dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.02.	ОПК-6.У.1
19	Дана функция $f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x > 0 \\ -1 & \text{при } x \leq 0 \end{cases}$. Найдите средний квадрат ошибки оценки определенного интеграла $\int_{-1}^2 f(x)dx$ методом Монте-Карло при 4000 экспериментах.	ОПК-6.У.1
20	Дана функция $f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } x > 0 \\ -1 & \text{при } x \leq 0 \end{cases}$. Найдите число экспериментов, необходимое и достаточное для того, чтобы средний квадрат ошибки оценки определенного	ОПК-6.У.1

	интеграла $\int_{-2}^1 f(x) dx$ методом Монте-Карло составлял не больше 0.01.	
21	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для равномерного закона распределения: $f(x) = \begin{cases} 1 & \text{при } 1 < x < 2 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} .$	ОПК-6.В.1
22	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для экспоненциального закона распределения: $f(x) = \begin{cases} 2 \cdot e^{-2x} & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} .$	ОПК-6.В.1
23	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для нормального закона распределения ($\mu = 3, \sigma = 1$): $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} .$	ОПК-6.В.1
24	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для эрланговского закона распределения порядка 2 и параметром 3.	ОПК-6.В.1
25	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для равномерного закона распределения: $f(x) = \begin{cases} 0.125 & \text{при } -2 < x < 6 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} .$	ОПК-6.В.1
26	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для экспоненциального закона распределения: $f(x) = \begin{cases} 7 \cdot e^{-7x} & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} .$	ОПК-6.В.1
27	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для нормального закона распределения ($\mu = 1, \sigma = 3$): $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} .$	ОПК-6.В.1
28	Опишите алгоритм вычисления случайного значения моделируемой величины через значения базового датчика для эрланговского закона распределения порядка 4 и параметром 2.	ОПК-6.В.1
29	Постройте теоретическую гистограмму равномерного	УК-2.В.3

	<p>закона распределения $f(x) = \begin{cases} 0.5 & \text{при } 0 < x < 2 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$.</p> <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 4. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	
30	<p>Постройте теоретическую гистограмму экспоненциального закона распределения:</p> $f(x) = \begin{cases} 5 \cdot e^{-5x} & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 10. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
31	<p>Постройте теоретическую гистограмму нормального закона распределения ($\mu = 0, \sigma = 1$):</p> $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 6. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
32	<p>Постройте теоретическую гистограмму равномерного закона распределения $f(x) = \begin{cases} 0.25 & \text{при } 1 < x < 5 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$.</p> <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 8. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
33	<p>Постройте теоретическую гистограмму экспоненциального закона распределения:</p> $f(x) = \begin{cases} 3 \cdot e^{-3x} & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 20. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
34	<p>Постройте теоретическую гистограмму нормального закона распределения ($\mu = 2, \sigma = 8$):</p>	УК-2.В.3

	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 15. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	
35	<p>Постройте теоретическую гистограмму равномерного закона распределения</p> $f(x) = \begin{cases} 0.125 & \text{при } 0 < x < 8 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 2. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
36	<p>Постройте теоретическую гистограмму экспоненциального закона распределения:</p> $f(x) = \begin{cases} 1 \cdot e^{-1x} & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 7. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
37	<p>Постройте теоретическую гистограмму нормального закона распределения ($\mu = 10, \sigma = 10$):</p> $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 12. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
38	<p>Постройте теоретическую гистограмму равномерного закона распределения</p> $f(x) = \begin{cases} 0.1 & \text{при } -5 < x < 5 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 10. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
39	<p>Постройте теоретическую гистограмму экспоненциального закона распределения:</p>	УК-2.В.3

	$f(x) = \begin{cases} 10 \cdot e^{-10x} & \text{при } x \geq 0 \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 5. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	
40	<p>Постройте теоретическую гистограмму нормального закона распределения ($\mu = -1, \sigma = 1$):</p> $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ <p>Границы построения гистограммы выбрать таким образом, чтобы вероятность попадания случайной величины за границы этого интервала составляла не более 10%. Число подинтервалов выбрать равным 9. При необходимости воспользоваться программой MathCAD.</p>	УК-2.В.3
41	<p>В ЭСМО поток обслуживания – эрланговский третьего порядка с интенсивностью, равной 5-ти. Найдите среднее время пребывания запроса в системе, если входной поток – пуассоновский с интенсивностью, равной 4-м.</p>	ОПК-6.В.1
42	<p>В ЭСМО поток заявок - пуассоновский с интенсивностью, равной двум. Поток обслуживания – равномерный в интервале от 0.1 до 0.5. Вычислите производительность данной СМО.</p>	ОПК-6.В.1
43	<p>В ЭСМО поток заявок - пуассоновский с интенсивностью, равной единице. Поток обслуживания – экспоненциальный. Вычислите интенсивность потока обслуживания, необходимую и достаточную для того, чтобы среднее время пребывания запроса в системе не превышало 0.5.</p>	ОПК-6.В.1
44	<p>В ЭСМО с пуассоновским потоком заявок и экспоненциальным потоком обслуживания среднее число сообщений в очереди равно 3-ем. Найдите отношение интенсивности потока заявок к интенсивности потока обслуживания.</p>	ОПК-6.В.1
45	<p>В ЭСМО с пуассоновским потоком заявок и экспоненциальным потоком обслуживания среднее число заявок в очереди равно 5. Вычислите среднее число заявок в системе.</p>	ОПК-6.В.1

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Имитационное моделирование является в настоящее время важной частью процесса проектирования сложных технических систем. Кроме того, оно широко используется при изучении сложных природных и общественных явлений. При имитационном моделировании не решается математическая задача с целью нахождения функциональных зависимостей, а имитируются условия работы, отдельные действия и события, сопровождающие функционирование моделируемого объекта.

Целью данной дисциплины является изучение одного класса имитационных моделей – модели систем массового обслуживания. Данные модели описывают большое количество социальных, экономических и технических систем.

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Раздел 1. Введение в модели систем массового обслуживания

- Модель системы массового обслуживания (СМО)
- Составные части СМО
- Классификация СМО
- Известные замкнутые выражения из теории массового обслуживания

Раздел 2. Моделирование по событиям

- Базовый принцип моделирования по событиям
- Эффективная организация программных модулей при реализации моделирования по событиям
- Пример имитационного моделирования по событиям однолинейной СМО.

Раздел 3. Генерация случайных величин с заданным законом распределения

- Метод обратного преобразования.
- Метод генерации нормальных случайных величин, основанный на центральной предельной теореме.

- Преобразование Бокса-Мюллера.
 - Метод суперпозиции.
- Раздел 4. Оптимизация сетей массового обслуживания
- Оптимизация тандемных сетей.
 - Оптимизация параллельных СМО.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах
Не предусмотрено учебным планом

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий
Не предусмотрено учебным планом

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторная работа № 1

1. Записать математически анализируемую функцию. Для этого необходимо из таблицы в соответствии с вариантом выбрать три функции: $f_1(t)$, $f_2(t)$ и $f_3(t)$ (в таблице записаны номера функций, сами функции приведены под таблицей), а также три весовых коэффициента: a_1 , a_2 и a_3 . Результирующая функция определяется по следующей формуле ($\tau = 1$):

$$f_{рез}(t) = \begin{cases} a_1 f_1(t) & \text{при } t < \tau \\ a_2 f_2(t - \tau) & \text{при } \tau \leq t \leq 2\tau \\ a_3 f_3(t - 2\tau) & \text{при } t > 2\tau \end{cases}$$

2. Вычислить аналитически определенный интеграл $F = \int_0^{3\tau} f_{рез}(t) dt$.

3. Разработать программу, вычисляющую величину F методом Монте-Карло при заданном числе экспериментов.

4. При помощи разработанной программы вычислить определенный интеграл \hat{F} при $N = 2^i$ экспериментах, где $i = \overline{0,14}$.

Лабораторная работа № 2

1. Выбрать из таблицы 3 в соответствии с вариантом закон распределения вероятностей.
2. Вывести соотношение, позволяющее из чисел, сформированных базовым датчиком, получить числа с заданным законом распределения.
3. Написать программу, реализующую датчик случайных чисел с заданным законом распределения. Входными параметрами программы являются характеристики закона распределения и требуемое количество чисел.
4. Написать программу построения гистограммы выборки, сформированной созданным датчиком с учетом параметров, заданных в таблице. Программа должна автоматически выбирать конфигурацию подинтервалов и объем выборки. Также должна быть предусмотрена возможность на каждом цикле программы вычислять оценки математического ожидания и дисперсии по текущей выборке.
5. При помощи программы построения гистограмм заполнить таблицу. Зафиксировать x_{min} и x_{max} .

Лабораторная работа № 3

1. Выбрать из таблицы 4 в соответствии с вариантом закон распределения интервалов между двумя соседними заявками.
2. Рассчитать теоретическое значение интенсивности λ и вариации v_u .
3. Написать программу, реализующую методику оценки интенсивности потока, описанную в п. 1.3 .
1. При помощи программы произвести оценку интенсивности и коэффициента вариации заданного потока;
2. Построить график зависимости оценок $\hat{\lambda}$ и \hat{v}_u от величины N .

Лабораторная работа № 4

1. Выбрать вариант задания из таблицы.
2. В соответствии с вариантом составить и отладить моделирующую программу.
3. Провести моделирование для тестового примера. Отладить программу на тестовом примере. Подобрать объем моделирования N так, чтобы относительная погрешность экспериментальных данных для тестового примера не превосходила 10%;
4. Провести моделирование для получения требуемой экспериментальной зависимости при $\lambda = 0.1\mu_0, 0.2\mu_0, K, 1\mu_0$. Полученные данные внести в таблицу.

Лабораторная работа № 5

1. Выбрать вариант задания из таблицы.
2. В соответствии с вариантом составить и отладить моделирующую программу.
3. Провести моделирование для тестового примера. Отладить программу на тестовом примере. Подобрать объем моделирования M так, чтобы относительная погрешность экспериментальных данных для тестового примера не превосходила 10%.
4. Провести моделирование для получения требуемых экспериментальных зависимостей при $\lambda = 0.1\mu_0, 0.2\mu_0, K, 1\mu_0$. Полученные данные занести в таблицу.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Лабораторная работа № 1

1. Цель работы.
2. График функции $f_{pez}(t)$.
3. Аналитический расчет величины F .

4. Описание разработанной программы: список использованных переменных, блок-схема, текст программы.
5. Табличное представление результатов моделирования $\hat{F}(N)$.
6. График по рассчитанной таблице. Ось абсцисс представить в логарифмическом масштабе по основанию 2. На графике отметить уровнем величину F .
7. Выводы.

Лабораторная работа № 2

1. Цель работы.
1. Формула и график моделируемого закона распределения.
2. Описание разработанных программ: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
3. Табличное представление результатов анализа сформированной выборки (данные таблицы 2).
4. Гистограмма сформированной выборки.
5. Графики зависимости оценок математического ожидания и дисперсии от объема выборки. На графиках уровнем отметить теоретические значения эти величин.
6. Выводы.

Лабораторная работа № 3

1. Цель работы.
2. Формула и график закона распределения интервалов.
3. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
4. Графики зависимости оценок интенсивности и коэффициента вариации от M . На графиках уровнем отметить теоретические значения эти величин;
5. Выводы.

Лабораторная работа № 4

1. Цель работы.
2. Формулы и графики законов распределения вероятностей для интервалов между заявками и времени обслуживания заявок.
3. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
4. Теоретический и экспериментальный графики зависимости среднего времени пребывания заявки в системе от интенсивности входного потока для тестового примера.
5. Данные таблицы и построенный по ним график.
6. Выводы.

Лабораторная работа № 5

1. Цель работы.
2. Формулы и графики законов распределения вероятностей интервалов между заявками и времени обслуживания заявок.
3. Описание разработанной программы: список использованных переменных, список использованных функций, блок-схема, листинг.
4. Теоретический и экспериментальный графики зависимостей производительности СМО и среднего времени задержки запроса от интенсивности входного потока для тестового примера.
5. Экспериментальные графики зависимостей производительности СМО и среднего времени задержки запроса в СМО от интенсивности входного потока для своего варианта.

6. Выводы.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

См. подраздел «Структура и форма отчета о лабораторной работе». Каждый отчет должен быть сброшюрован и **обязательно** завершаться количественными и качественными выводами. Общие требования к оформлению указаны в ГОСТ 7.32-2001.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

В случае невыполнения и/или неуспешной сдачи 60% от общего количества лабораторных работ и практических работ, по которым предусмотрены защита и выполнение отчета, а также отсутствия по неуважительным причинам на более чем 40% лекционных занятиях обучающийся, при успешном прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена, не может получить аттестационную оценку выше "удовлетворительно".

Для успешного прохождения промежуточной аттестации в форме экзамена обучающийся должен продемонстрировать соответствие критериям оценки уровня сформированности компетенций (таблица 14), а также выполнить, выложить отчеты в личный кабинет и успешно защитить не менее 80% лабораторных работ.

Промежуточный контроль успеваемости проводится в соответствии со стандартом организации ГУАП системы менеджмента качества 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов ГУАП, обучающихся по образовательным программам высшего образования» на основании приказа ГУАП и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой