

Автономная некоммерческая организация высшего образования  
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**Рабочая программа дисциплины**  
**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ»**

Направление подготовки: **27.03.04 – Управление в технических системах**

Профиль подготовки: **Информационные технологии в управлении**

Квалификация (степень): **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Санкт-Петербург, 2017

Рабочая программа дисциплины «Математическое и имитационное моделирование систем» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению 27.03.04 Управление в технических системах и профилю подготовки Информационные технологии в управлении.

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план направления 27.03.04 Управление в технических системах.

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Разработчик:**

Л.В. Боброва, к.т.н., доцент.

**Рецензент:**

Т.В. Глюжецкене, к.п.н., доцент кафедры математики и информатики  
ЧОУВО «Национальный открытый институт»

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры информационных технологий и безопасности «06» сентября 2017 года, протокол №1.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ.....	6
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ..	11
5.1. Темы контрольной работы .....	11
5.2. Темы курсовых работ.....	11
5.3. Перечень методических рекомендаций .....	11
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену. ....	11
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	12
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО–ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА .....	16
Приложение .....	17

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Целями освоения дисциплины «**Математическое и имитационное моделирование систем**» является:

- изучение основных понятий и принципов математического и имитационного моделирования;
- ознакомление с моделями систем массового обслуживания.

1.2. Изучение дисциплины «**Математическое и имитационное моделирование систем**» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:

- овладению методами построения имитационных моделей для решения инженерных задач;
- овладению методикой проведения инженерных расчетов в системе Maple.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

## *Общепрофессиональные (ОПК)*

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование и (или) описание компетенции</b>
<b>ОПК-2</b>	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
<b>ОПК-7</b>	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

## **Профессиональные (ПК)**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование и (или) описание компетенции</b>
<b>ПК-2</b>	способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** основные понятия математического моделирования и имитации систем массового обслуживания.
- **Уметь:** моделировать случайные величины и процессы с заданным законом распределения.
- **Владеть** методикой выполнения инженерных расчетов в системе Maple.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Математическое и имитационное моделирование систем» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

Теоретической и практической базой дисциплины «Математическое и имитационное моделирование систем» являются дисциплины «Информационные технологии», «Математика, ч.2. Теория вероятностей и элементы математической статистики», «Методы оптимальных решений».

Настоящая дисциплина является основополагающей для дисциплин «Интеллектуальные системы и технологии», «Методы и средства обработки информации».

Приобретенные студентами знания позволят использовать современные информационные технологии при решении инженерных задач, связанных с имитационным моделированием.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоемкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Практическое занятие	Лабораторная работа	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Зачёт (экзамен)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>Модуль 1. Наука и искусство моделирования: проблемы разработки моделей</b>	<b>60</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>56</b>			
2	Тема 1.1. Основы терминологии моделирования .	2	0,5			1,5			
3	Тема 1.2. Технология моделирования	8	0,5	1		6,5			
4	Тема 1.3 Классификация математических моделей.	8	0,5			7,5			
5	Тема 1.4. Модели систем массового обслуживания	42	0,5	1		40,5			
6	<b>Модуль 2. Имитационное моделирование.</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>53</b>			
7	Тема 2.1. Теоретические основы метода имитационного моделирования.	8	1	1		6			
8	Тема 2.2. Моделирование систем массового обслуживания методом имитационного моделирования	32	1	2		29			
9	Тема 2.3. Моделирование на GPSS (General Purpose Simulation System) – <u>система</u> имитационного моделирования общего назначения	20	1	1		18			
10	<b>Модуль 3. Аналитическое моделирование.</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>53</b>			
11	Тема 3.1. Марковские случайные процессы	10	1	1		8			
12	Тема 3.2. Моделирование систем массового обслуживания аналитическими методами теории массового обслуживания	20	1	1		18			
	Тема 3.3. Методика выполнения инженерных расчетов в среде Maple	30	1	2		27			
	<b>Итого</b>								
<b>Всего</b>		<b>180/5</b>	<b>8</b>	<b>10</b>		<b>162</b>	<b>1</b>		<b>экзамен</b>

## 4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Модуль 1. Наука и искусство моделирования: проблемы разработки моделей (60 часов)

#### Тема 1.1. Основы терминологии моделирования (2 часа)

Система как совокупность объектов или элементов, образующих целостность. Системный подход при изучении поведения систем. Устойчивая совокупность взаимосвязей между компонентами системы – структура системы. Показатели эффективности функционирования системы. Процесс функционирования как переход из одного состояния в другое.

Модель как заместитель оригинала. Математическая модель как совокупность соотношений (например, формул, уравнений, неравенств, логических условий, операторов), определяющих характеристики состояний системы (а через них и выходные сигналы) в зависимости от параметров системы, входных сигналов, начальных условий и времени.

#### *Виды учебных занятий:*

Лекция: Основные понятия моделирования 0,5 часа

#### Тема 1.2. Технология моделирования (8 часов)

Этапы моделирования. Постановка цели моделирования, разработка концептуальной модели, подготовка исходных данных, разработка математической модели, выбор метода моделирования, выбор средств моделирования, разработка программного обеспечения, проверка адекватности и корректировка модели, планирование машинных экспериментов, моделирование на вычислительном комплексе, обработка и анализ моделирования.

#### *Виды учебных занятий:*

Лекция: Этапы моделирования 0,5 часа  
Практическое занятие: Разработка концептуальной модели, проверка адекватности и корректировка модели, планирование машинных экспериментов 1 час

#### Тема 1.3 Классификация математических моделей (8 часов)

Три основных класса математических моделей: аналитические, имитационные и нечёткие (семиотические). В первом случае устанавливаются формульные, аналитические зависимости между параметрами системы. Для описания этих зависимостей разработан язык алгебраических, дифференциальных, интегральных и др. уравнений. Эти модели можно получить, например, в рамках математического программирования (линейное,

целочисленное, нелинейное, динамическое, стохастическое) и теории массового обслуживания.

Для задач, требующих учета большого количества факторов, в том числе и случайных или нечётких (неопределённых), разработаны методы имитационного и нечёткого моделирования.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Классификация математических моделей 0,5 часа

**Тема 1.4. Модели систем массового обслуживания (42 часа)**

Системы массового обслуживания (СМО). Заявки, очереди, интервалы между заявками. Дисциплина обслуживания. Обслуживающие устройства, приборы, каналы. Входные и выходные потоки.

Классификация систем массового обслуживания. Марковские и немарковские модели. Основные классификационные признаки: организация потока заявок, характер образования очереди, ограничения очереди, количество обслуживающих каналов, дисциплина очереди.

Системы с отказами и с ожиданием. Одноканальные и многоканальные.

Показатели эффективности работы СМО.

Теория массового обслуживания как аппарат моделирования СМО. Метод имитационного моделирования (метод статистических испытаний, метод Монте-Карло).

Аналитические и имитационные модели.

Потоки событий. Регулярные потоки. Стационарные и одиарные потоки. Потоки без последействия. Простейшие (стационарные пуассоновские) и нестационарные потоки. Поток Пальма. Поток Эрланга.

Планирование и организация компьютерного эксперимента.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Основные понятия теории систем массового обслуживания 0,5 часа

Практическое занятие: Основные классы и виды систем массового обслуживания 1 час

**Модуль 2. Имитационное моделирование (60 часов)**

**Тема 2.1. Теоретические основы метода имитационного моделирования (8 часов)**

Сущность метода и области его применения. Построение искусственного вероятностного процесса, параметры которого дают решение поставленной задачи, причем сама задача может и не быть вероятностной. Прямая и обратная задачи.

Генераторы случайных величин как база имитационного моделирования.



Этапы имитационного моделирования: разработка детерминированной математической модели процесса; получение на ЭВМ отдельных реализаций случайных событий, величин, функций, т. Е. моделирование случайного явления с заданными характеристиками; многократная реализация детерминированного процесса, где в каждой из реализаций учитывается влияние случайных явлений; статистическая обработка полученных результатов в соответствии с характером имитируемого процесса.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Моделирование случайных процессов как основа теории систем массового обслуживания	1 час
Практическое занятие:	Получение случайных величин с заданным законом распределения	1 час

**Тема 2.2. Моделирование систем массового обслуживания методом имитационного моделирования (32 часа)**

Моделирование потока заявок. Основные характеристики СМО: характер входящего потока заявок (т. Е. последовательность событий, специальным образом упорядоченных во времени), а также дисциплины ожидания и обслуживания. Моделирование входных пуассоновских потоков.

Описание потока заявок как стационарный поток однородных событий с ограниченным последствием (поток типа Пальма).

Простейшая модель многоканальной СМО.

Модификации моделей СМО: системы с ограничением по длине очереди, системы с ограничениями по длительности обслуживания и длительности пребывания, модель СМО со случайным порядком обслуживания, модель СМО с заданным порядком выбора обслуживающих каналов, модель СМО с выходом из строя каналов.

Модель многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди и ограниченным временем ожидания заявок начала обслуживания.

Методика определения приоритета обслуживания заявок.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Построение простейшей модели многоканальной СМО	1 час
Практическое занятие:	Модель многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди и ограниченным временем ожидания заявок начала обслуживания	2 часа

**Тема 2.3. Моделирование на GPSS (General Purpose Simulation System) – система имитационного моделирования общего назначения (20 часов)**

Введение в язык GPSS. Система GPSS как совокупность языка и транслятора.

Представление модели исследуемой системы описанием абстрактных элементов – объектов и логических правил их взаимодействия – стандартных операций. Осуществление экспериментов над интересующей системой (моделью) путем комбинации объекта и стандартных операций над ним.

Четыре класса объектов: динамические, оборудование, статистические и операционные. Динамические объекты транзакты. Транзакт как абстракция, которой разработчик модели придает определенный смысл, т.е. устанавливает его соответствие с объектами реальной системы.

Моделирование случайных величин. Модель одноканальной СМО. Модель многоканальной СМО.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Введение в язык GPSS	1 час
Практическое занятие:	Реализация на GPSS моделей СМО	1 час

**Модуль 3. Аналитическое моделирование (60 часов)**

**Тема 3.1. Марковские случайные процессы (10 часов)**

Марковский (или процессом «без последствия»): если для любого момента времени  $t_0$  вероятностные характеристики процесса в будущем (при  $t > t_0$ ) зависят только от его состояния в данный момент времени  $t_0$  и не зависят от того, когда и как система пришла в это состояние.

Разделение случайных процессов можно на процессы с дискретными и непрерывными состояниями. Марковская цепь. Непрерывная цепь Маркова. Предельные вероятности состояний.

Процесс «размножения и гибели».

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Марковские случайные процессы	1 час
Практическое занятие:	Процессы с дискретным состоянием и непрерывным временем	1 час

**Тема 3.2. Моделирование систем массового обслуживания аналитическими методами теории массового обслуживания (20 часов)**

Установление зависимости между характером потока заявок, числом каналов, их производительностью, правилами работы СМО и успешностью (эффективностью) обслуживания.

Описание работы СМО с помощью дифференциальных уравнений, в предельном случае – линейных алгебраических.

Многоканальная СМО с отказами. Граф состояний системы.

Модели различных СМО.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Аналитическое описание работы СМО	1 час
Практическое занятие:	Модели различных СМО	1 час

### **Тема 3.3. Методика выполнения инженерных расчетов в среде Maple (30 часов)**

Программа Maple 9 как средство реализации аналитических вычислений.  
Основы программирования в среде Maple. Элементы входного языка.  
Операторы.

Расчет характеристик СМО с использованием Maple и Excel.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Основы работы в пакете Maple	1 час
Практическое занятие:	Расчет характеристик СМО с использованием Maple и Excel	2 часа

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Темы контрольной работы**

№ п/п	Наименование тем
1.	Управление запасами на складе
2	Расчет критического времени обработки детали.
3	Имитационное моделирование технологического участка
4	Модель потребительского рынка.
5	Простая модель города.

### **5.2. Темы курсовых работ**

Рабочим учебным планом выполнение курсовых работ (проектов) не предусмотрено.

### **5.3. Перечень методических рекомендаций**

№ п/п	Наименование
1.	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

### **5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену.**

1. Методика формального представления объекта моделирования и принципы, на которых базируется теория моделирования.
2. Характеристика основных этапов технологии моделирования.
3. Методология разработки концептуальной модели.
4. Разработка математической модели и характеристика обобщённых формализованных схем.
5. Классификация математических моделей.
6. Структура модели СМО и классификация моделей СМО.
7. Потoki событий.

8. Методы построения генераторов случайных величин.
9. Проверка качества последовательностей случайных величин.
10. Моделирование случайных процессов (реализация события).
11. Моделирование случайных процессов (реализация группы событий).
12. Моделирование случайных процессов (реализация сложного события, состоящего из двух независимых событий).
13. Моделирование случайных процессов (реализация сложного события, состоящего из двух зависимых событий).
14. Моделирование случайных процессов (реализация однородной марковской цепи).
15. Моделирование случайных процессов с заданным законом распределения.
16. Необходимое число реализаций имитационного эксперимента для обеспечения точности статистических характеристик.
17. Принципы построения моделирующих алгоритмов (принцип «Дельта  $t$ », «Особых состояний», «Последовательной проводки заявок»).
18. Алгоритм имитации функционирования одноканальной СМО и анализ показателей её функционирования.
19. Алгоритм имитации функционирования многоканальной СМО и анализ показателей её функционирования.
20. Методика определения приоритетов обслуживания заявок.
21. Моделирование случайных величин (на *GPSS* ).
22. Модель многоканальной СМО (на *GPSS* ).
23. Модель многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди (на *GPSS* ).
24. Модель СМО с приоритетами (на *GPSS* ).
25. Методика расчёта вероятностей состояний однородной марковской цепи.
26. Методика составления уравнений Колмогорова.
27. Предельные вероятности состояний.
28. Процесс «размножения и гибели».
29. Модель многоканальной СМО с отказами.
30. Модель одноканальной СМО с ограниченной очередью.
31. Модель одноканальной СМО с неограниченной очередью.
32. Модель многоканальной СМО с ограниченной очередью.
33. Модель многоканальной СМО с неограниченной очередью.
34. Модель СМО с ограниченным временем ожидания.
35. Методика расчёта характеристик СМО с использованием пакета *Maple*.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература**

1. Кудряшов В.С. Моделирование систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудряшов В.С., Алексеев М.В.— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012.— 208 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27320>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### **б) дополнительная литература**

1. *Петухов, О.А.* Моделирование: системное, имитационное, аналитическое: учеб. пособие / О.А. Петухов, А.В. Морозов, Е.О. Петухова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 288 с.
2. *Золотов, О.И.* Моделирование систем (Модели систем массового обслуживания): учеб. пособие / О.И. Золотов, О.А. Петухов, Р.Р. Хамидуллин. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 168 с.
3. Моделирование. Имитационные модели: учеб. пособие / О.А. Петухов, И.А. Бригаднов, А.В. Морозов, Е.О. Петухова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. – 133 с.
4. Моделирование. Аналитические модели: учеб. пособие / О.А. Петухов, И.А. Бригаднов, А.В. Морозов, Е.О. Петухова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. – 112 с.
5. *Советов, Б.Я.* Моделирование систем: учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. школа, 2005. – 343 с.
6. *Кельтон, В.* Имитационное моделирование / В. Кельтон, А. Лоу. – 3-е изд. / Пер. с англ. – СПб.: Издательская группа ВHV, 2004. – 847 с.
7. *Кудрявцев, Е.М.* GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК пресс, 2004. – 320 с.
8. *Боброва, Л.В.* Методы и средства обработки экономической информации: учебно-методический комплекс (информационные ресурсы дисциплины: учебное пособие) / Л.В. Боброва. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 217 с.

### **Программное обеспечение**

1. ППП MS Office 2010
2. Текстовый редактор Блокнот
3. Браузеры IE, Google Chrome, Opera и др.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО– ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>
2. Учебно-информационный центр АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельную работу студента, консультации.

9.1. При изучении тем студентам необходимо повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения каждого модуля необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенными в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.2. После изучения каждого модуля дисциплины необходимо ответить на вопросы контрольного теста по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

9.3. После изучения всех модулей приступить к выполнению контрольной работы, руководствуясь методическими рекомендациями по ее выполнению.

9.4. По завершению изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

9.5. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Internet – технологии:

WWW (англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Библиотека.

2. Справочно-правовая система Консультант Плюс.

3. Электронная информационно-образовательная среда университета.

4. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Формирование оценки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины осуществляется с использованием балльно-рейтинговой оценки работы студента

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видеолекций	0 - 5
Контрольный тест 1	0 - 3
Контрольный тест 2	0 - 3
Контрольный тест 3	0 - 3
Контрольный тест 4	0 - 3
Контрольный тест 5	0 - 3
Контрольный тест 6	0 - 4
Контрольный тест 7	0 - 4
Контрольный тест 8	0 - 4
Контрольный тест 9	0 - 4
Контрольный тест 10	0 - 4
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	0 - 30
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ	0 - 30
<b>ВСЕГО</b>	<b>0 - 100</b>

<b>БОНУСЫ</b> (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
- за активность	0 - 10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0 - 50
- за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения)	0 - 50

### Балльная шкала оценки

Оценка (экзамен)	Баллы
отлично	86 – 100
хорошо	69 – 85
удовлетворительно	51 – 68
неудовлетворительно	менее 51

### Оценка по контрольной работе

Оценка	Количество баллов
отлично	27 – 30
хорошо	23 – 26
удовлетворительно	18 – 22
неудовлетворительно	менее 18



## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

#### *Общепрофессиональные (ОПК)*

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
<b>ОПК-2</b>	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
<b>ОПК-7</b>	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

#### *Профессиональные (ПК)*

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
<b>ПК-2</b>	способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1. Наука и искусство моделирования: проблемы разработки моделей	ОПК-2, ОПК-7, ПК-2	Контрольные тесты 1, 2 Контрольная работа
2	Модуль 2. Имитационное моделирование.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-2	Контрольные тесты 3,4, 5, 6 Контрольная работа
3	Модуль 3. Имитационное моделирование.	ОПК-2, ОПК-7, ПК-2	Контрольные тесты 7,8,9,10 Контрольная работа
4	Модули 1-3	ОПК-2, ОПК-7, ПК-2	Итоговый контрольный тест

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	<b>Знать</b> (ОПК-2, ОПК-7, ПК-2) : основные понятия математического моделирования и теории систем массового обслуживания, методы моделирования одноканальных и многоканальных СМО	<b>Не знает</b>	<b>Знает</b> общие понятия методов имитационного моделирования	<b>Знает</b> общие понятия методов имитационного моделирования и методы Монте-Карло	<b>Знает</b> методы моделирования одноканальных СМО	<b>Знает</b> основные понятия математического моделирования и теории систем массового обслуживания, методы моделирования одноканальных и многоканальных СМО
Второй этап	<b>Уметь</b> (ОПК-2, ОПК-7, ПК-2): проводить моделирование случайных процессов и систем для имитации работы СМО	<b>Не умеет</b>	<b>Умеет</b> Проводить моделирование случайных величин с заданным законом распределения	<b>Умеет</b> реализовать алгоритм имитации функционирования одноканальной СМО	<b>Умеет</b> реализовать алгоритм имитации функционирования многоканальной СМО	<b>Умеет</b> проводить моделирование случайных процессов и систем для имитации работы СМО
Третий этап	<b>Владеть</b> ОПК-2, ОПК-7, ПК-2 методикой расчёта характеристик СМО с использованием пакетов Maple и Excel	<b>Не владеет</b>	<b>Владеет</b> основами работы в пакетах Maple и Excel	<b>Владеет</b> основами обработки информации в пакетах Maple и Excel	<b>Владеет</b> методикой расчёта отдельных характеристик СМО с использованием пакетов Maple и Excel.	<b>Владеет</b> методикой расчёта характеристик СМО с использованием пакетов Maple и Excel

#### 4. Шкалы оценивания (балльно-рейтинговая система)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видеолекций	0 - 5
Контрольный тест 1	0 - 3
Контрольный тест 2	0 - 3
Контрольный тест 3	0 - 3
Контрольный тест 4	0 - 3
Контрольный тест 5	0 - 3
Контрольный тест 6	0 - 4
Контрольный тест 7	0 - 4
Контрольный тест 8	0 - 4
Контрольный тест 9	0 - 4
Контрольный тест 10	0 - 4
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	0 - 30
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ	0 - 30
<b>ВСЕГО</b>	<b>0 - 100</b>

#### Балльная шкала оценки

Оценка (экзамен)	Баллы
отлично	86 – 100
хорошо	69 – 85
удовлетворительно	51 – 68
неудовлетворительно	менее 51

- 5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы**

#### 5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу

№ п/п	Наименование тем
1.	Управление запасами на складе
2	Расчет критического времени обработки детали.
3	Имитационное моделирование технологического участка
4	Модель потребительского рынка.
5	Простая модель города.

#### 5.2. Типовой тест промежуточной аттестации

1. Что понимается под *технологией моделирования*?
  - a. Строго определённая последовательность этапов исследования модели.
  - b. Расчёт значений параметров системы.
  - c. Взгляд разработчика на математическую модель.
  - d. Совокупность математических зависимостей.

2. Модель – это...
  - a. Структура системы
  - b. Объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.
  - c. Алгоритм функционирования
  - d. Описание объекта.
  
3. Что понимается под *математической моделью*?
  - a. Первый этап построения компьютерной модели.
  - b. Совокупность соотношений, определяющих характеристики системы.
  - c. Совокупность объектов, выполняющих определённую задачу.
  - d. Расчёт значений одного варианта выходных характеристик.
  
4. Система массового обслуживания – это:
  - a. Совокупность технических и программных средств.
  - b. Первый этап построения математической модели.
  - c. Физическая модель системы.
  - d. Совокупность обслуживающих приборов, входного и выходного потоков
  
5. Коэффициент парной корреляции позволяет установить
  - a. Есть ли связь между случайными величинами и насколько сильная.
  - b. Отсутствие связи между выборками.
  - c. Вид функциональной зависимости между случайными величинами.
  - d. Форму функциональной зависимости между случайными величинами.
  
6. Коэффициент парной корреляции изменяется в пределах
  - a. От 0 до 1.
  - b. От  $-\infty$  до  $\infty$ .
  - c. От -1 до 1.
  - d. От -10 до 10.
  
7. Коэффициент парной корреляции равен 0,25. Это означает, что
  - a. Между случайными величинами связи нет.
  - b. Есть очень сильная связь.
  - c. Есть очень слабая связь.
  - d. Есть умеренная связь.
  
8. При изучении взаимосвязи трех процессов получены следующие коэффициенты парной корреляции:  $r_{12} = 0,88$ ;  $r_{13} = -0,95$ ;  $r_{23} = 0,33$   
 Укажите наличие взаимосвязей исследуемых процессов
  - a. У первого процесса – сильная прямая связь со вторым и сильная обратная с третьим процессом. У второго и третьего процессов сильная прямая связь.
  - b. У первого процесса – сильная прямая связь со вторым и сильная обратная с третьим процессом. У второго и третьего процессов связи нет.
  - c. У первого процесса – сильная обратная связь со вторым и сильная прямая с третьим процессом. У второго и третьего процессов сильная прямая связь.
  - d. Связи между процессами нет.
  
9. Для исследуемого процесса вычислены коэффициенты линейной регрессии:  $a^* = 3,4$ ;  $b^* = 2,5$ . Напишите уравнение регрессии.
  - a.  $Y = 2.5 + 3.4 * X$

- b.  $Y = -2.5 + 3.4 * X$
  - c.  $Y = 3.4 + 2.5 * X$
  - d.  $Y = 3.4 - 2.5 * X$
10. Для исследуемого процесса вычислены коэффициенты линейной регрессии:  $a^* = 3,4$ ;  $b^* = 2,5$ . Осуществите прогноз для  $X = 10$ .
- a. 28,4
  - b. 36,5
  - c. 5,9
  - d. 15,9
11. Что понимается под *имитационным моделированием*?
- a. Расчёт характеристик системы по заданному набору аналитических зависимостей..
  - b. Проведение экспериментов с математической моделью.
  - c. Искусственный вероятностный процесс для решения поставленной задачи.
  - d. Дискретно-событийное детерминированное представление исследуемого процесса.
12. Генератор случайных величин – это:
- a. Физическое устройство для получения случайных чисел.
  - b. Программа получения последовательности псевдослучайных величин
  - c. Таблица случайных величин.
  - d. Генератор дискретных событий для реализации моделирования.
13. Как рассчитываются вероятности начальных состояний однородной марковской цепи?
- a.  $p_{0i} = 1 / k$ .
  - b.  $p_{0i} = k$ .
  - c.  $p_{0i} = n / k$ .
  - d.  $p_{0i} = kn$ .
14. Чему равна вероятность начального ( $S_0$ ) состояния одноканальной СМО с отказами
- a.  $P_0 = \lambda + \mu / \lambda$
  - b.  $P_0 = \mu + \mu / \lambda$
  - c.  $P_0 = \lambda + \lambda / \mu$
  - d.  $P_0 = \mu + \lambda / \mu$
15. Матрица переходных вероятностей для однородной марковской цепи содержит величины:
- a.  $M_{ij}$
  - b.  $\sigma^2$ .
  - c.  $p_x$ .
  - d.  $p_{ij}$ .
16. Какое соотношение нужно проверить, чтобы реализовать событие A, наступающее с вероятностью  $p$ ?
- a.  $\xi_i \leq p$
  - b.  $\xi_i \approx p$ .
  - c.  $\xi_i \leq \pm p$
  - d.  $\xi_i > \pm p$ .

17. Как получить последовательность случайных величин, равномерно распределённых в интервале  $[-30, -20]$ ?
- $x_i = 20\xi_i^2$ .
  - $x_i = -30\xi_i$ .
  - $x_i = -30 + \xi_i(-20 + 30)$ .
  - $x_i = (-30 - 20)\xi_i$ .
18. Дисциплина обслуживания заявок в СМО – это...
- Порядок поступления заявок в очередь.
  - Длительность пребывания заявок на обслуживании.
  - Правило выбора заявок на обслуживание из очереди.
  - Правило определения длительности ожидания заявок начала обслуживания.
19. От каких величин зависит количество реализаций процесса имитационного моделирования?
- $N = f(t_j, \varepsilon)$ .
  - $N = f(m, n)$ .
  - $N = f(\tau_j, \tau_j^*, t_j)$ .
  - $N = f(p, \varepsilon, Q)$ .
20. Для построения графика используется функция:
- $\text{plot}(f(x))$ .
  - $\text{plot}(f(x), x=x_{\min} \dots x_{\max})$ .
  - $\text{plot}(f)$ .
  - $\text{plot}(f(x), x_{\min}, x_{\max})$ .

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

- Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписанию занятий или в установленное деканатом время.
- Студент информируется о результатах текущей успеваемости.
- Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонус-ных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.
- Производится идентификация личности студента.
- Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.
- Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.