

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Рукович Александр Владимирович  
Должность: Директор  
Дата подписания: 21.09.2022 12:43:10  
Уникальный программный ключ:  
f45eb7c44954саас05ea7d4f32eb8d7d6b3cb96ae09b4bde0047b1ddaffb705f

Министерство высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К. АММОСОВА»  
Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «СВФУ» в г. Нерюнгри

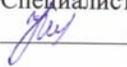
Кафедра математики и информатики

Рабочая программа дисциплины

### Б1.О.23 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

для программы бакалавриата  
по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»  
Направленность программы: Прикладная информатика в менеджменте  
Форма обучения: заочная

Автор: Юданова В.В., ст. преподаватель кафедры МиИ, e-mail: udanov\_sb@mail.ru

РЕКОМЕНДОВАНО Представитель кафедры МиИ  /Е.О. Агабабян И.о. заведующего кафедрой МиИ  /В.М. Самохина протокол № <u>10</u> от « <u>14</u> » <u>09</u> 2021г.	ОДОБРЕНО Представитель кафедры МиИ  /Е.О. Агабабян И.о. заведующего кафедрой МиИ  /В.М. Самохина протокол № <u>10</u> от « <u>14</u> » <u>09</u> 2021г.	ПРОВЕРЕНО Нормоконтроль в составе ОПОП пройден Специалист УМО  « <u>21</u> » <u>05</u> 2021 г.
Рекомендовано к утверждению в составе ОПОП Председатель УМС  / Л.А. Яковлева протокол УМС № <u>3</u> от « <u>27</u> » <u>мая</u> 2021 г.		Зав. библиотекой  « <u>21</u> » <u>05</u> 2021 г.



Нерюнгри 2021

**1. АННОТАЦИЯ**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**Б1.О.23 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
Трудоемкость 9 з.е.

**1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины**

Цель освоения дисциплины (модуля) "Математическое и имитационное моделирование" является формирование у студентов теоретических знаний о принципах построения систем математического и имитационного моделирования и получение практических навыков в управленческой подготовке и экономическом обучении; создание у студентов необходимого уровня подготовки для анализа эффективности информационных систем и их отдельных компонент методами математического имитационного моделирования; практическое освоение студентами способов применения математических и имитационных моделей в системах управления экономического назначения.

Краткое содержание дисциплины:

Основные понятия теории моделирования, виды моделирования, модели теории оптимального управления, задачи линейной и нелинейной оптимизации, транспортные задачи, численное моделирование, статистическое моделирование, корреляционный и регрессионный анализ, основы имитационного моделирования, дискретно-событийные и агентные модели, модели системной динамики, современные системы имитационного моделирования, верификация и валидация модели, проверка на адекватность, компьютерный эксперимент.

**1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций)	Наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знать основы дискретной математики, математического анализа, линейной алгебры и геометрии, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации, численных методов, математического и имитационного моделирования, вычислительной техники для теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Знать: основные экономические и социально значимые проблемы и процессы, принципы и положения естественнонаучных законов, способы сбора и анализа исходных данных, методику системного анализа и математический аппарат, используемые в теории моделирования, основные подходы имитационного моделирования и способы исследования и анализа построенной модели.
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, об основах вычислительной техники, методов математического анализа, линейной алгебры и геометрии, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизаций, и численного, математического и имитационного моделирования	Уметь: формализовать предметную область прикладной задачи, структурировать компоненты исследуемой системы, применять численные и статистические методы математического моделирования, дискретно-
	ОПК-1.3 Владеет навыками	

<p>ОПК-6 анализировать разрабатывать организационно- технические экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования</p>	<p>Способен и и</p>	<p>теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности ОПК-2.1 Знает современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности ОПК-2.2 Умеет выбирать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности ОПК-2.3 Владеет навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности ОПК-6.1 Знать основы теории систем и системного анализа, численных методов, математического и имитационного моделирования ОПК-6.2 Умеет применять методы математического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем ОПК-6.3 Владеет навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем.</p>	<p>событийный, системно- динамический и агентный подходы имитационного моделирования, использовать современные средства систем компьютерной математики и пакетов программ для создания имитационных моделей при решении прикладных задач естественно-научного направления и социально- экономического значения. Владеть: навыками построения математической и имитационной модели, методами исследования и оценки полученной модели и способами анализа результатов решений при изучении социального, экономического, естественного объекта, процесса или явления.</p>
--	-----------------------------	--	--

### 1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Индекс	Наименование дисциплины (модуля), практики	Семестр изучения	Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик	
			на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой

Б1.О.23	Математическое и имитационное моделирование	8/9/1 0	Б1.О.14 Математика Б1.О.25 Численные методы Б1.В.ДВ.03.01 Математическое моделирование MathCad Б1.В.ДВ.03.02 Математическое моделирование MathLab	Б2.В.02(П) Производственная проектно-технологическая практика Б3.01(Д) Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
---------	---	------------	--	---

**1.4. Язык преподавания: русский.**

**2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Выписка из учебного плана (гр. БА-ПИ-21(5)):

Код и название дисциплины по учебному плану	Б1.О.23 Математическое и имитационное моделирование	
Курс изучения	34/5	
Семестр(ы) изучения	8/9/10	
Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	8/9 – зачет 10 - экзамен	
Контрольная работа	10	
Трудоемкость (в ЗЕТ)	9 ЗЕТ	
<b>Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:</b>	72/72/180	
<b>№1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах:</b>	Объем аудиторной работы, в часах	В т.ч. с применением ДОТ или ЭО <sup>1</sup> , в часах
Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):	13/17/25	-
1.1. Занятия лекционного типа (лекции)	4/4/8	-
1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:	-	-
- семинары (практические занятия, коллоквиумы и т.п.)	6/10/10	-
- лабораторные работы	-	-
- практикумы	-	-
1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)	3/3/7	-
<b>№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)</b>	55/51/146	
<b>№3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)</b>	4/4/9	

<sup>1</sup>Указывается, если в аннотации образовательной программы по позиции «Сведения о применении дистанционных технологий и электронного обучения» указан ответ «да».

### 3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

Раздел	Всего часов	Контактная работа, в часах									Часы СРС
		Лекции	из них с применением ЭО и ДОТ	Семинары (практические занятия, коллоквиумы)	из них с применением ЭО и ДОТ	Лабораторные работы	из них с применением ЭО и ДОТ	Практикумы	из них с применением ЭО и ДОТ	КСР (консультации)	
<b>8 семестр</b>											
1. Основные понятия теории моделирования. Математическое моделирование.	19	1	-	2	-	-	-	-	-	1	15(ПР)
2. Основы численного анализа и методы статистического моделирования	19	1	-	2	-	-	-	-	-	1	15(ПР)
3. Модели теории оптимального управления	30	2	-	2	-	-	-	-	-	1	15(ПР) 10(СР)
Зачет	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Всего часов	72	4	-	6	-	-	-	-	-	3	55+4
<b>9 семестр</b>											
4. Теоретические основы имитационного моделирования. Программные системы имитационного моделирования.	14	1	-	2	-	-	-	-	-	1	10(ПР)
5. Компьютерная реализация имитационных моделей и их структура.	16	1	-	4	-	-	-	-	-	1	10(ПР)
6. Математические основы имитационного моделирования	38	2	-	4	-	-	-	-	-	1	20(ПР) 11(СР)
Зачет	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Всего часов	72	4	-	10	-	-	-	-	-	3	51+4
<b>10 семестр</b>											

7. Исследование имитационной модели и принятие решений	82	4	-	-	-	5	-	-	-	3	50(ЛБ) 20(Т)
8. Математическое и имитационное моделирование сложных систем	89	4	-	-	-	5	-	-	-	4	50(ЛБ) 26(КР)
Экзамен	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Всего часов	180	8	-	-	-	10	-	-	-	7	146+9
Всего	324	16	-	16	-	10	-	-	-	1 3	252+17

Примечание: ПР-подготовка к практическим занятиям, ЛР-подготовка к лабораторным занятиям, СР – самостоятельная работа, КР – контрольная работа, Т - тестирование.

### 3.2. Содержание тем программы дисциплины 8 семестр

#### **Тема 1. Основные понятия теории моделирования. Математическое моделирование.**

Введение в теорию систем. Понятие системного подхода. Структура системного анализа. Декомпозиция, анализ, синтез. Показатели и критерии оценивания систем. Критерии пригодности, оптимальности и превосходства. Шкалы измерений. Моделирование, виды моделирования. Понятие математического моделирования. Виды математических моделей. Этапы математического моделирования.

#### **Тема 2. Основы численного анализа и методы статистического моделирования**

Системы компьютерной математики. Обзор их возможностей. Численное решение задач дифференциального и интегрального исчисления. Исследование функций и возможности графического представления данных. Обработка и оценка результатов исследования. Корреляционный и регрессионный анализ исследовательских данных. Планирование и обработка результатов факторного эксперимента

#### **Тема 3. Модели теории оптимального управления**

Общая постановка задачи оптимизации. Моделирование задач линейной оптимизации. Моделирование задач нелинейной оптимизации. Транспортные задачи. Моделирование задач многокритериальной оптимизации. Моделирование задач дискретной оптимизации. Решение задач о назначении, задачи коммивояжера, о распределении ресурсов, о раскрое, о выборе оптимальной траектории

### 9 семестр

#### **Тема 4. Теоретические основы имитационного моделирования. Программные системы имитационного моделирования**

Понятие имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования. Виды имитационного моделирования. Системы имитационного моделирования и обзор их возможностей (Arena, Ithink, GPSS и др.). Среда моделирования AnyLogic. Средства, ресурсы и библиотеки системы AnyLogic для моделирования. Обзор облачной платформы системы и примеры использования имитационных моделей.

#### **Тема 5. Компьютерная реализация имитационных моделей и их структура.**

Основные концепции дискретно-событийного моделирования. Компоненты реализаций концепций дискретно-событийной модели. Методология системной динамики. Модель мировой динамики. Основные концепции моделирования системной динамики. Агентный подход в моделировании. Основные концепции моделирования агентной модели. Возможности использования различных видов имитационного моделирования на примерах.

#### **Тема 6. Математические основы имитационного моделирования**

Метод Монте-Карло и основы формирования случайных потоков событий. Моделирование группы несовместных событий, дискретных и непрерывных случайных величин.

Основы теории систем массового обслуживания. Элементы систем массового обслуживания и их классификация. Показатели эффективности работы. Понятие о статистическом моделировании систем массового обслуживания. Введение в агрегативные модели. Имитационное моделирование в рамках агрегативной математической схемы.

### 10 семестр

#### Тема 7. Исследование имитационной модели и принятие решений

Комплексный подход к тестированию имитационной модели. Гомоморфизм и изоморфизм. Основные категории оценки. Оценка адекватности модели. Методы статистической теории оценивания и проверки гипотез. Верификация модели. Формальные и неформальные процедуры верификации. Валидация данных: оценка точности и устойчивости результатов моделирования, оценка чувствительности имитационной модели. Компьютерный эксперимент на имитационной модели и его планирование. Прямая и обратная задача имитационного моделирования в принятии решений.

#### Тема 8. Математическое и имитационное моделирование сложных систем.

Модели функционирования производства. Модели функционирования маршрутизатора сообщений. Модель обработки запросов сервером. Модель функционирования вычислительной системы. Модель формирования документооборота в информационной системе. Моделирование транспортных потоков и сетей.

### 3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются традиционные технологии наряду с активными и интерактивными технологиями.

#### *Учебные технологии, используемые в образовательном процессе*

Раздел дисциплины	Семестр	Используемые активные/интерактивные образовательные технологии	Количество часов
Основные понятия теории моделирования. Математическое моделирование.	8	Лекция-визуализация, презентация, проблемное обучение	2
Основы численного анализа и методы статистического моделирования		Дискуссионные методы, case-study (анализ конкретных, практических ситуаций).	2
Теоретические основы имитационного моделирования. Программные системы имитационного моделирования.	9	Лекция-визуализация, презентация, проблемное обучение	2
Компьютерная реализация имитационных моделей и их структура.		Дискуссионные методы, case-study (анализ конкретных, практических ситуаций).	4
Исследование имитационной модели и принятие решений	10	Лекция-визуализация, презентация, проблемное обучение	4
Математическое и имитационное моделирование сложных систем		Дискуссионные методы, case-study (анализ конкретных, практических ситуаций).	4
Итого:			4/6/8

При *проблемном обучении* под руководством преподавателя формулируется проблемный вопрос, создаются проблемные ситуации, в результате чего активизируется самостоятельная деятельность студентов, происходит овладение профессиональными компетенциями.

*Дискуссионные методы* могут быть реализованы в виде диалога участников или групп участников, групповой дискуссии, анализа конкретной ситуации или других.

**4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы<sup>2</sup>  
обучающихся по дисциплине  
Содержание СРС**

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид СРС	Трудо-емкость (в часах)	Формы и методы контроля
<b>8 семестр</b>				
1	Основные понятия теории моделирования. Математическое моделирование.	Подготовка к практическому занятию	15	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий.
2	Основы численного анализа и методы статистического моделирования	Подготовка к практическому занятию	15	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий.
3	Модели теории оптимального управления	Подготовка к практическому занятию  Выполнение самостоятельной работы	15  10	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий.  Отчет о выполнении самостоятельной работы.
4	Зачет		4	
	Всего часов		55+4	
<b>9 семестр</b>				
4	Теоретические основы имитационного моделирования. Программные системы имитационного моделирования.	Подготовка к практическому занятию	10	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий.
5	Компьютерная реализация имитационных моделей и их структура.	Подготовка к практическому занятию	10	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий.
6	Математические основы имитационного моделирования	Подготовка к практическому занятию	20	Анализ теоретического материала,

<sup>2</sup> Самостоятельная работа студента может быть внеаудиторной (выполняется студентом самостоятельно без участия преподавателя – например, подготовка конспектов, выполнение письменных работ и др.) и аудиторной (выполняется студентом в аудитории самостоятельно под руководством преподавателя – например, лабораторная или практическая работа).

		Выполнение самостоятельной работы	11	выполнение практических заданий. Отчет о выполнении самостоятельной работы.
7	Зачет		4	
	Всего часов		51+4	
<b>10 семестр</b>				
8	Исследование имитационной модели и принятие решений	Подготовка к лабораторному занятию	50	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий  Отчеты на вопросы
		Тестирование	20	
9	Математическое и имитационное моделирование сложных систем	Подготовка к лабораторному занятию	50	Анализ теоретического материала, выполнение практических заданий. Отчет о выполнении контрольной работы по вариантам.
		Выполнение контрольной работы	26	
10	Экзамен		9	
	Всего часов		146+9	
	Итого		252+17	

### **Работа на лабораторном и практическом занятиях**

В период освоения дисциплины студенты самостоятельно изучают дополнительный теоретический материал к лабораторным и практическим занятиям. Критериями оценки работы на лабораторном и практическом занятиях является: владение теоретическими положениями по теме, выполнение практических заданий, знание терминологии. Самостоятельная подготовка студентов включает проработку конспектов лекций, обязательной и дополнительной учебной литературы в соответствии с планом занятия; выполнение практических работ. Основной формой проверки СРС являются отчетные материалы студентов, устный опрос на лабораторном занятии.

Тематика практических работ

8 семестр

Тема 1. Основы математического моделирования. Численное решение задач дифференциального и интегрального исчисления.

Тема 2. Основы математического моделирования. Исследование функций и возможности графического представления данных.

Тема 3. Методы статистического моделирования. Корреляционный анализ.

Тема 4. Методы статистического моделирования. Парный регрессионный анализ.

Тема 5. Методы статистического моделирования. Множественный регрессионный анализ.

Тема 6. Модели задач оптимального управления. Задачи линейной оптимизации.

Тема 7. Модели задач оптимального управления. Транспортные задачи.

Тема 8. Модели задач оптимального управления. Задачи нелинейной оптимизации

Тема 9. Многокритериальные задачи оптимизации.

## Тема 10. Модели задач дискретной оптимизации

9 семестр

Тема 1. Моделирование случайных процессов методом Монте-Карло.

Тема 2. Моделирование распределений случайных величин.

Тема 3. Моделирование динамических систем

Тема 4. Дискретно-событийная модель

Тема 5. Настройка анимации в имитационной модели

Тема 6. Стейтчарты и диаграммы процесса в имитационной модели

Тема 7. Системно-динамическая модель

Тема 8. Агентная модель

Тема 9. Имитационная модель системы массового обслуживания (СМО)

Тема 10. Имитационная модель многоканальной СМО

Тема 11. Имитационная модель СМО с отказами

Тема 12. Имитационная модель СМО с вытеснением и ожиданием

### **Критерии оценки:**

0 баллов - ставится, если студент не готов к практической работе.

1 балл - ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений обсуждаемой темы, но при выполнении заданий допущены неточности или задание выполнено на 50-60%; оформление работы выполнено недостаточно последовательно, допущены ошибки в языковом оформлении материала.

2 балла - ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений обсуждаемой темы, но при выполнении заданий допущены неточности или задание выполнено на 60-70%; слабо владеет навыками исследовательского анализа по данной теме; оформление работы выполнено недостаточно правильно.

3 балла - ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений обсуждаемой темы, но при выполнении заданий допущены неточности или задание выполнено на 70-85%; при этом студент хорошо владеет навыками исследовательского анализа по данной теме.

4 балла - ставится, если студент почти полностью выполнил задание на 85-95%, но допустил единичные ошибки в изложении материала, знает теоретический материал, самостоятельно поправляет ошибки и погрешности после замечаний преподавателя.

5 баллов – ставится если задание выполнено верно на 100%; студент обладает необходимыми навыками научно-исследовательского анализа по данной теме и обнаруживает полное понимание материала, может обосновать свои суждения; оформление задания выполнено последовательно и полно, правильно использована соответствующая терминология.

## Тематика лабораторных работ

10 семестр

Тема 1. Моделирование работы заводского цеха

Тема 2. Моделирование пешеходной динамики

Тема 3. Моделирование транспортных перевозок

Тема 4. Модель функционирования систем связи

Тема 5. Модель обработки документов в организации

Тема 6. Моделирование бизнес-процессов

### **Критерии оценки:**

0 баллов - ставится, если студент не выполнил к практической (лабораторной) работе.

1 балл - студент показал поверхностные знания по большей части темы, допущены грубые ошибки при выполнении заданий или выполнено меньше половины задания.

2 балла - ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений обсуждаемой темы, но при выполнении заданий допущены неточности или задание выполнено

на 80-90%, оформление работы выполнено недостаточно последовательно, допущены ошибки в оформлении материала.

3 балла - ставится, если студент полностью выполнил задание, но допустил единичные ошибки в изложении материала, знает материал, самостоятельно поправляет ошибки и погрешности после замечаний преподавателя.

### Самостоятельная работа

#### 8 семестр

Тема: Системы компьютерной математики

#### СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение в системы компьютерной математики. Историческая справка.
2. Теоретическая часть
  - 2.1. Инструменты пакета Поиск решения для моделирования задач теории оптимального управления в системе Excel
  - 2.2. Обзор встроенных функций для численного моделирования в системе MathCad
3. Практическая часть
  - 3.1. Пример моделирования задач в системе Excel
  - 3.2. Пример моделирования задач в системе MathCad
4. Заключение

#### 9 семестр

#### Тема

Тема: Прикладные задачи математического и имитационного моделирования

#### Варианты заданий

1. Математические и имитационные модели обработки запросов аппаратно-программными устройствами
2. Математические и имитационные модели работы систем связи
3. Математические и имитационные модели транспортных перевозок
4. Математические и имитационные модели предоставления услуг
5. Математические и имитационные модели производства изделий
6. Математические и имитационные модели бизнес-процессов
7. Математические и имитационные модели функционирования предприятия
8. Математические и имитационные модели процессов управления персоналом
9. Математические и имитационные модели процессов документооборота в организации
10. Математические и имитационные модели в геоинформационных системах

#### СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Описание предметной области модели
3. Пример моделирования объектов и процессов предметной области
4. Заключение

#### Критерии оценки:

№	Критерий	3б	2б	1б	0б
1	Актуальность: конкретность и достижимость целей и задач; соответствие разработки современным подходам к рассматриваемой проблеме; соответствие целей и задач ожидаемым результатам; четкость формулировок ожидаемых результатов				
2	Содержание теоретического материала: соответствие содержания заявленной теме; отсутствие в тексте отступлений от темы; логичность и последовательность в изложении материала;				

	способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой				
3	Содержание практической части: способность к анализу и обобщению информационного материала; способность к проведению расчетов, согласно заданию; использование компьютерных программ при выполнении задания; анализ полученных расчетных характеристик, обоснованность выводов				
4	Оформление правильность оформления (наличие всех структурных частей, структурная упорядоченность, ссылки на литературу, цитаты, таблицы, рисунки и т.д.); соответствие оформления правилам компьютерного набора текста (соблюдение объема, шрифтов, интервалов, выравнивания текста на страницах, нумерация страниц и т.д.); аккуратность оформления (отсутствие помарок, работа сброшюрована и т.д.);				
5	Защита владение материалом; правильность ответов на заданные вопросы; способность к изложению собственных мыслей.				
	<b>ИТОГО</b>	<b>156</b>			

Соответствие критерию: наиболее полно – 3 балла; достаточно полно – 2 балла; частично – 1 балл; не соответствует – 0 баллов.

## Контрольная работа

### 10 семестр

#### Тема «Математическое и имитационное моделирование сложных систем»

#### Тематика заданий

Выполнить разработку модели имитирующей работу информационной системы (вычислительный центр, информационно-справочная система и т.п.). В систему поступают заявки (запросы) и требуют выполнения нескольких операций обработки. Обработка каждой заявки требует финансовых затрат и приносит прибыль. Требуется при выполнении задания решить следующие задачи:

1. Разработать модель, имитирующую работу ИС в течение одного часа.
2. Создать 3D анимацию моделируемого процесса.
3. Рассчитать основные показатели работы моделируемой системы и организовать их сохранение в файле MS EXCEL:
  - Среднее время пребывания заявок в системе
  - Среднее время пребывания заявок в очереди
  - Среднее время обслуживания заявок
4. Определить показатели экономической эффективности моделируемой системы.
5. Определить оптимальное количество ресурсов, чтобы длина очереди не превышала допустимое значение (оптимизационный эксперимент).
6. Настроить графический модели – панель запуска должна содержать информацию о названии модели и ее разработчике, элементы для установки начальных значений работы модели (при необходимости). Настроить навигацию по презентации модели (Logic, 3D, Statistica и др.)

#### Критерии оценки:

	Критерии	26	16	06
1	Владение базовыми знаниями в профессиональной области и в смежных областях			

2	Владение навыками решения исследовательских задач и технических проблем, нестандартных задач или задач повышенной сложности			
3	Владение навыками использования современных пакетов компьютерных программ и технологий			
4	Владение навыками оформления отчетных материалов			
5	Правильность ответов на заданные вопросы			
	<b>ИТОГО</b>	<b>106</b>		

Соответствие критерию: полно – 2 балла; частично – 1 балл; не соответствует – 0 баллов.

## Тестирование

### 10 семестр

1. Расположите этапы имитационного моделирования в порядке их выполнения:
  - a. Валидация и верификация имитационной модели
  - b. Формулировка цели моделирования
  - c. Построение имитационной модели
  - d. Выполнение эксперимента
  - e. Системный анализ и синтез задачи
2. Какие модели описывают процессы в которых отсутствуют всякие случайные величины и даже случайные процессы.
  - a. Детерминированные
  - b. Стохастические
  - d. Физические
3. Дополните:  
 ### модель – это вид имитационной модели в которой описывается поведение множества объектов, которые образуют поведение системы в целом.
4. Кардинально противоположным методом моделирования по отношению к детерминированным является ...
  - a. Стохастическое
  - b. Математическое
  - c. Физическое
  - d. Непрерывное
5. Дополните:  
 ### модель – это вид имитационной модели, в которой выполняется описание поведения объекта в какой-либо момент времени

## Критерии оценивания

Процент правильных ответов	Количество набранных баллов
95% - 100%	6
85% - 94,9%	5
75% - 84,9%	4
65% - 74,9%	3
55% - 64,9%	2
25% – 54,9%	1
0% - 24,9%	0

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для помощи обучающимся в успешном освоении дисциплины в соответствии с запланированными видами учебной и самостоятельной работы обучающихся размещены в СДО Moodle: <http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=11101>.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Математическое и имитационное моделирование» для студентов направлений подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика», 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (очная форма обучения) Часть I, составитель Юданова В.В., Издательство ТИ (ф) СВФУ, 1,75 п.л., 2017 г.

### Рейтинговый регламент по дисциплине:

#### 8 семестр

№	Вид выполняемой учебной работы (контролирующие материалы)		Количество баллов (min)	Количество баллов (max)	Примечание
	Испытания / Формы СРС	Время, час			
1	Выполнение пр. работы	45	16 ЛР*36=48	16 ЛР*56=85	знание теории; выполнение практического задания
2	Самостоятельная работа	10	12	15	в письменном виде
3	Зачет	4			
	<b>Итого:</b>	<b>55+4</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	

#### 9 семестр

№	Вид выполняемой учебной работы (контролирующие материалы)		Количество баллов (min)	Количество баллов (max)	Примечание
	Испытания / Формы СРС	Время, час			
1	Выполнение пр. работы	40	17 ПР*36=51	17 ПР*56=85	знание теории; выполнение практического задания
2	Самостоятельная работа	11	9	15	В письменном виде по вариантам
3	Зачет	4			
	<b>Итого:</b>	<b>51+4</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	

#### 10 семестр

№	Вид выполняемой учебной работы (контролирующие материалы)		Количество баллов (min)	Количество баллов (max)	Примечание
	Испытания / Формы СРС	Время, час			
1	Выполнение лаб. работы	100	18 ЛР*26=36	18 ЛР*36=54	знание теории; выполнение практического задания
2	Тестирование	20	4	6	ответы на вопросы
3	Контрольная работа	26	5	10	в письменном виде, по вариантам,
3	Экзамен	9		30	

	<b>Итого:</b>	<b>146+9</b>	<b>45</b>	<b>70+30</b>	
--	---------------	--------------	-----------	--------------	--

**6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

**6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания**  
Зачет

Коды оцениваемых компетенций	Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)	Уровни освоения	Критерии оценивания (дескрипторы)	Оценка
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Знать: основные экономические и социально значимые проблемы и процессы, принципы и положения естественнонаучных законов, способы сбора и анализа исходных данных, методику системного анализа и математический аппарат, используемые в теории моделирования, основные подходы имитационного моделирования и способы исследования и анализа построенной модели.	<i>Освоено</i>	Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения нестандартных заданий с использованием инструментария современного программного обеспечения. Присутствие сформированной компетенции на высоком уровне, способность к ее дальнейшему саморазвитию и высокой адаптивности практического применения в условиях своей профессиональной деятельности	<i>Зачтено</i>
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности	Уметь: формализовать предметную область прикладной задачи, структурировать компоненты исследуемой системы, применять численные и статистические методы математического моделирования, дискретно-событийный, системно-динамический и	<i>Освоено</i>	Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые были разобраны на практических занятиях с преподавателем. Обучаемый владеет терминологией, знаниями, умениями и	<i>Зачтено</i>
ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования				

	<p>агентный подходы имитационного моделирования, использовать современные средства систем компьютерной математики и пакетов программ для создания имитационных моделей при решении прикладных задач естественно-научного направления и социально-экономического значения.</p> <p>Владеть: навыками построения математической и имитационной модели, методами исследования и оценки полученной модели и способами анализа результатов решений при изучении социального, экономического, естественного объекта, процесса или явления.</p>		<p>навыками в применении программного обеспечения в своей профессиональной деятельности.</p>	
		Освоено	<p>Обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению практических и теоретических заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем.</p> <p>Имеются ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучаемый не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи.</p>	Зачтено
		Не освоены	<p>Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.</p> <p>Отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию инструментария программного обеспечения для решения задач в профессиональной деятельности и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения</p>	Не зачтено

			поставленной задачи по стандартному образцу.	
--	--	--	--	--

Экзамен

Коды оцениваемых компетенций	Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)	Уровни освоения	Критерии оценивания (дескрипторы)	Оценка
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Знать: основные экономические и социально значимые проблемы и процессы, принципы и положения естественнонаучных законов, способы сбора и анализа исходных данных, методику системного анализа и математический аппарат,	Высокий	Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения нестандартных заданий с использованием инструментария современного программного обеспечения. Присутствие сформированной компетенции на высоком уровне, способность к ее дальнейшему саморазвитию и высокой адаптивности практического применения в условиях своей профессиональной деятельности	отлично
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности	используемые в теории моделирования, основные подходы имитационного моделирования и способы исследования и анализа построенной модели. Уметь: формализовать предметную область прикладной задачи, структурировать компоненты исследуемой системы, применять численные и статистические методы математического моделирования, дискретно-событийный, системно-динамический и			
ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	исследуемой системы, применять численные и статистические методы математического моделирования, дискретно-событийный, системно-динамический и	Базовый	Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение знаний, умений и навыков при решении заданий, аналогичных тем, которые	хорошо

<p>агентный подходы имитационного моделирования, использовать современные средства систем компьютерной математики и пакетов программ для создания имитационных моделей при решении прикладных задач естественно-научного направления и социально-экономического значения. Владеть: навыками построения математической и имитационной модели, методами исследования и оценки полученной модели и способами анализа результатов решений при изучении социального, экономического, естественного объекта, процесса или явления.</p>		<p>были разобраны на практических занятиях с преподавателем. Обучаемый владеет терминологией, знаниями, умениями и навыками в применении программного обеспечения в своей профессиональной деятельности.</p>	
	Минимальный	<p>Обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении знаний, умений и навыков к решению практических и теоретических заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем. Имеются ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучаемый не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи.</p>	удовлетворительно
	Не освоены	<p>Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении</p>	неудовлетворительно

			заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения. Отсутствие самостоятельности в применении умения к использованию инструментария программного обеспечения для решения задач в профессиональной деятельности и неспособность самостоятельно проявить навык повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу.	
--	--	--	--	--

6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации  
 Программа экзамена включает в себя 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание, направленные на выявление уровня форсированности компетенции.

Перечень теоретических вопросов

### 10 семестр

1. Моделирование, виды моделирования.
  2. Понятие математического моделирования.
  3. Виды математических моделей.
  4. Этапы математического моделирования.
  5. Метод Монте-Карло.
  6. Основные типы распределений случайных величин.
  7. Основы теории систем массового обслуживания (СМО).
  8. Элементы СМО.
  9. Классификация систем массового обслуживания.
  10. Показатели эффективности работы СМО.
  11. Задачи теории СМО
  12. Понятие имитационного моделирования.
  13. Этапы имитационного моделирования.
  14. Виды имитационного моделирования.
  15. Системы имитационного моделирования Ithink, Arena, GPSS.
  16. Среда моделирования AnyLogic.
  17. Средства, ресурсы и библиотеки системы AnyLogic для моделирования.
  18. Основные концепции ДС моделирования.
  19. Методология системной динамики.

20. Агентный подход в имитационном моделировании
21. Комплексный подход к тестированию имитационной модели.
22. Оценка адекватности модели.
23. Верификация модели.
24. Валидация данных. Оценка точности результатов моделирования.
25. Валидация данных. Оценка устойчивости результатов моделирования.
26. Валидация данных. Оценка чувствительности модели..
27. Компьютерный эксперимент на имитационной модели.
28. Тактическое планирование имитационного эксперимента.
29. Содержание вычислительного эксперимента на модели
30. Модели функционирования производства.
31. Модели функционирования маршрутизатора сообщений.
32. Модель обработки запросов сервером.
33. Модель функционирования вычислительной системы.
34. Модель формирования документооборота в информационной системе.
35. Моделирование транспортных потоков и сетей..

Компетенции	Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания	Количество набранных баллов
ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий. Знание по предмету демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	9-10 б.
	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен. Могут быть допущены 2-3 неточности или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.	7-8 б.
	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть значение обобщенных знаний не показано.	5-6 б.
	Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса по билету с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента.	0 б.

	<i>или</i> Ответ на вопрос полностью отсутствует <i>или</i> Отказ от ответа	
ОПК-1 ОПК-2 ОПК-6	Практическое задание выполнено верно, отсутствуют ошибки различных типов. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	9-10 б.
	Практическое задание выполнено в полном объеме. Допущена незначительная ошибка.	7-8 б.
	Допущены несколько незначительных ошибок различных типов.	5-6 б.
	Допущены значительные ошибки. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента. <i>или</i> Выполнение практического задания полностью неверно, отсутствует	0 б.

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Характеристики процедуры	
Вид процедуры	зачет зачет/ экзамен
Цель процедуры	выявить степень сформированности компетенции ОПК-1, ОПК-2, ОПК-6
Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры	Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 3.0, утверждено ректором СВФУ 19.02.2019 г. Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.
Субъекты, на которых направлена процедура	студенты 4 и 5 курса бакалавриата
Период проведения процедуры	экзаменационные сессии на 3 и 4 курсе, сессия на 4 курсе
Требования к помещениям и материально-техническим средствам	-
Требования к банку оценочных средств	-
Описание проведения процедуры	В соответствии с п. 5.12 Положения о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, зачет «ставится при наборе 60 баллов». Таким образом, процедура зачета не предусмотрена. Экзамен принимается в устной форме по билетам. Экзаменационный билет по дисциплине включает два теоретических вопроса и практическое задание. Время на подготовку – 1 астрономический час.
Шкалы оценивания результатов	Шкала оценивания результатов приведена в п.6.2. РПД.
Результаты процедуры	В результате сдачи всех заданий студенту необходимо набрать не менее 60 баллов, чтобы получить зачет.

	В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену.
--	--

**7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины<sup>3</sup>**

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	Библиотека ТИ (ф) СВФУ, кол-во экземпляров	Электронные издания: точка доступа к ресурсу (наименование ЭБС, ЭБ СВФУ)	Количество студентов
<b>Основная литература<sup>4</sup></b>					
1	Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - Изд. 2-е., испр. - Москва: Физматлит, 2005. - 316 с. : ил. - Библиогр. : с. 313-316. - ISBN 5-9221-0120-X : 179.		1		17
2	Математические методы и модели для магистрантов экономики: учеб. пособ. / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов. - СПб: Питер, 2006. - 496 с. : ил. - Библиогр. : с. 486-492. - Прил. : предмет. указ. - ISBN 5-469-00879-7 : 385,24.		20		17
<b>Дополнительная литература</b>					
1	Математическое моделирование в экономике: учеб. пособие для студ. вузов / Е. С. Кундышева; под науч. ред. Б. А. Сулакова. - Изд. 3-е, перераб. и испр. - Москва: Дашков и Д, 2007. - 350 с. - ISBN 5-91131-235-2 : 255,00.		2		17
2	Моделирование информационных и динамических систем: учеб. пособие для студ. вузов / В. К. Морозов, Г. Н. Рогачев. - Москва: Академия, 2011. - 377 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр. : с. 368-370. - ISBN 978-5-7695-4221-3 : 574,20.		15		

<sup>3</sup> Для удобства проведения ежегодного обновления перечня основной и дополнительной учебной литературы рекомендуется размещать раздел 7 на отдельном листе, с обязательной отметкой в Учебной библиотеке.

<sup>4</sup> Рекомендуется указывать не более 3-5 источников (с грифами).

3	<p>Элементы математических моделей в теории и практике случайных процессов: учеб. пособие для студ. вузов бакалавриата / С. В. Трофименко; М-во образования и науки РФ, ТИ(ф) фед. гос. автономного образов. учреждения высш. пролф. образования "СВФУ им. М. К. Аммосова" в. г. Нерюнгри. - Нерюнгри: Изд-во ТИ (ф)СВФУ, 2013. - 193 с. - Библиогр. : с. 190. - ISBN 978-5-91243-061-9 : 280,00.</p>		25		
---	---	--	----	--	--

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины

1. Портал Math.ru: библиотека, медиатека, олимпиады, задачи, научные школы, история математики <http://www.math.ru>
2. Московский центр непрерывного математического образования <http://www.mccme.ru>
3. Прикладная математика: справочник математических формул, примеры и задачи с решениями <http://www.pm298.ru>

## 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий*	Наименование аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр.	Перечень оборудования
1.	Лабораторные занятия	Компьютерные классы	интерактивная доска, компьютеры 10 шт, мультимедийный проектор
2.	Подготовка к СРС	Кабинет для СРС № 402	Компьютер, доступ к интернет

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

### 10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине<sup>5</sup>

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия), видео- и аудиоматериалов (через Интернет);
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и СДО Moodle.

### 10.2. Перечень программного обеспечения

Свободно распространяемое ПО: [Open Office, Anylogic Personal Learning Edition \(https://www.anylogic.ru/downloads/\)](https://www.anylogic.ru/downloads/)

### 10.3. Перечень информационных справочных систем

Не используются.

<sup>5</sup>В перечне могут быть указаны такие информационные технологии, как использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет), виртуальных лабораторий, практикумов), специализированных и офисных программ, информационных (справочных) систем, баз данных, организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты, форумов, Интернет-групп, скайп, чаты, видеоконференцсвязь, компьютерное тестирование, дистанционные занятия (олимпиады, конференции), вебинар (семинар, организованный через Интернет), подготовка проектов с использованием электронного офиса или оболочки) и т.п.

