



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

Институт математики и информационных технологий  
Кафедра вычислительной математики и оптимизации



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**ФТД.01 Имитационное моделирование**

Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) подготовки	Цифровая бизнес-аналитика
Квалификация выпускника	магистр
Форма обучения	очная

Иркутск 2024 г.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели:

Изучить методы и средства математического и имитационного моделирования систем и процессов.

Задачи:

1. Изучить основные понятия, виды и принципы математического моделирования.
2. Изучить методы и средства имитационного моделирования.
3. Получить навыки создания компьютерных моделей систем и процессов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Учебная дисциплина ФТД.01 Имитационное моделирование относится к факультативным дисциплинам.

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика:

ПК-5 Способен управлять аналитическими работами, в том числе планировать, организовывать и контролировать проведение аналитических работ в системах малого, среднего и крупного масштабов, руководить подразделениями.

## 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетных ед., 72 час.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

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

Раздел дисциплины / тема	Виды учебной работы				Формы текущего контроля; Формы промежут. аттестации
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самост. работа	
	Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия		
Тема 1.	5		2	3	
Тема 2.	5		2	3	
Тема 3.	5		2	3	
Тема 4.	5		2	3	
Тема 5.	5		2	3	
Тема 6.	5		4	5	
Итого (1 семестр):	30		14	20	зач.

### 4.2. Содержание учебного материала

#### Тема 1.

Понятие моделирование. Классификация моделей. Математические модели и их виды. Адекватность математических моделей. Прямые и обратные задачи моделирования. Принципы научных исследований с использованием математического моделирования. Математическое и компьютерное моделирование. Проблемы построения математических моделей. Подобие и анализ размерностей. Аналитические математические модели.

#### Тема 2.

Источники и классификация погрешностей результата численного решения задачи. Приближенные числа. Погрешность арифметических операций над приближенными числами. Погрешность функции. Особенности машинной арифметики.

#### Тема 3.

Корректность вычислительной задачи. Обусловленность вычислительной задачи. Вычислительные методы. Корректность вычислительных алгоритмов.

Особенности применения методов вычислительной математики при создании математических и компьютерных моделей.

Основы логического моделирования систем и процессов.

#### Тема 4.

Общие подходы к созданию математических моделей систем и процессов. Классический подход к построению моделей. Математические схемы. Динамические модели функционирования систем и протекания процессов. Методы и средства создания компьютерных моделей на основе динамического моделирования.

#### Тема 5.

Имитационное моделирование. Основной математический аппарат имитационного моделирования. Специализированное программное обеспечение имитационного моделирования.

Создание имитационной модели. Адекватность и детальность имитационной модели. Метод статистических испытаний как основа имитационного моделирования. Имитационное моделирование случайных факторов.

Имитационное моделирование систем массового обслуживания. Графы состояний в имитационных моделях.

Модельное время. Способы управления модельным временем.

Обобщенная структура имитационной модели.

Особенности вычислительного эксперимента на основе имитационной модели.

Обработка и анализ результатов моделирования. Планирование экспериментов.

Стратегическое планирование. Тактическое планирование. Методы понижения дисперсии.

Приемы упрощения математических моделей. Приемы контроля математических моделей. Верификация и валидация математических и компьютерных моделей.

Тема 6.

Имитационное моделирование как прикладная дисциплина. Методы моделирования динамических систем. Дискретно-событийное моделирование. Моделирование систем массового обслуживания. Методы системной динамики. Методы агентного моделирования. Методы стохастического моделирования. Методы эволюционного моделирования. Распределенное имитационное моделирование. Инструментальные средства имитационного моделирования.

### **4.3. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

**Подготовка к лекции.** Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у

себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к практическому занятию.** Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого практического занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к практическому занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к семинарскому занятию.** Самостоятельная подготовка к семинару направлена: на развитие способности к чтению научной и иной литературы; на поиск дополнительной информации, позволяющей глубже разобраться в некоторых вопросах; на выделение при работе с разными источниками необходимой информации, которая требуется для полного ответа на вопросы плана семинарского занятия; на выработку умения правильно выписывать высказывания авторов из имеющихся источников информации, оформлять их по библиографическим нормам; на развитие умения осуществлять анализ выбранных источников информации; на подготовку собственного выступления по обсуждаемым вопросам; на формирование навыка оперативного реагирования на разные мнения, которые могут возникать при обсуждении тех или иных научных проблем. Время на подготовку к семинару по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к коллоквиуму.** Коллоквиум представляет собой коллективное обсуждение раздела дисциплины на основе самостоятельного изучения этого раздела студентами. Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке. Преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников. Студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое мнение по каждому из вопросов, которое они выскажут на занятии. Время на подготовку к коллоквиуму по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к контрольной работе.** Контрольная работа назначается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: — изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения; изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы; формирование психологической установки на успешное

выполнение всех заданий. Время на подготовку к контрольной работе по нормативам составляет 2 часа.

**Подготовка к зачету.** Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: перечитать все лекции, а также материалы, которые готовились к семинарским и практическим занятиям в течение семестра, соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету, если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуется делать краткие записи. Время на подготовку к зачету по нормативам составляет не менее 4 часов.

**Подготовка к экзамену.** Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый вопрос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Время на подготовку к экзамену по нормативам составляет 36 часов для бакалавров.

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Литература, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования. Учебное пособие. -М.: Горячая линия - Телеком, 2010. - 12 экз.+
2. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин. Учебное пособие, 2009. - 10экз.+
3. Фаддеев Д.К. Вычислительные методы алгебры. Учебник, 2009. ЭБС "Лань" - Электр.ресурс. - неогранич. доступ.
4. Амосов А.А. Вычислительные методы. Учебник, 2014. ЭБС "Лань" - Электр.ресурс. - неогранич. доступ.+
5. Копченова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах. Учебное пособие.2009. ЭБС "Лань" - Электр.ресурс. - неогранич. доступ.+

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная аудитория для проведения:**

- занятий лекционного типа,
- занятий семинарского (практического) типа,
- групповых и индивидуальных консультаций,
- текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащение:

Учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, для проведения занятий лекционного типа, практических занятий (семинарского типа), курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Для проведения занятий лекционного типа обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

### **6.2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.**

Оснащение:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные учебной мебелью. Рабочие места обучающихся оборудованы компьютерной техникой и подключены в локальную вычислительную сеть, в т.ч. с использованием беспроводного Wi-Fi подключения, с возможностью выхода в глобальную сеть Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду.

### **6.3. Программное обеспечение**

Приложение для чтения PDF-файлов, браузер для просмотра интернет контента, приложение для создания PDF-файлов.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **7.1. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

**Список вопросов для промежуточной аттестации:**

1. Размерные и безразмерные величины. Основные и производные единицы измерения. Формула размерности.
  2. Структура функциональных связей между физическими величинами. Параметры, определяющие класс явлений. Основные и производные единицы измерения. Пи-теорема теории размерности.
  3. Источники и классификация погрешностей результата численного решения задачи. Приближенные числа. Правила записи приближенных чисел. Абсолютная и относительная погрешности.
  4. Погрешности арифметических операций над приближенными цифрами. Погрешность функции.
  5. Особенности машинной арифметики.
  6. Корректность вычислительной задачи. Единственность вычислительной задачи. Устойчивость решения вычислительной задачи. Обусловленность вычислительной задачи.
  7. Вычислительные методы (методы эквивалентных преобразований, методы аппроксимации, прямые методы, итерационные методы, методы статистических испытаний). Корректность вычислительных алгоритмов.
  8. Математическое моделирование и процесс создания математической модели. Основные этапы решения задачи с применением ЭВМ.
  9. Использование моделирования при исследовании и проектировании сложных систем. Понятие сложной системы. Плохо и хорошо организованные системы.
  10. Математические модели и их виды.
- Ш**
11. Адекватность, достоверность, точность математических моделей. Непротиворечивость результатов математического моделирования.

12. Прямая задача математического моделирования. Обратные задачи математического моделирования (идентификация). Обратные задачи математического моделирования (оптимизация).
13. Принципы математического моделирования. Методы разработки математических моделей. Основные требования, предъявляемые к модели.
14. Классический подход при построении моделей. Системный подход при построении моделей. Эффективность моделирования систем.
15. Классификационные признаки моделирования. Типовые схемы математических моделей.
16. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы).
17. Дискретно-детерминированные модели (F-схемы).
18. Дискретно-стохастические модели (P-схемы).
19. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы).
20. Сетевые модели (N-схемы).
21. Комбинированные модели (A-схемы).
22. Суть имитационного моделирования. Основные требования, предъявляемые к имитационной модели. Система, модели и имитационное моделирование.
23. Системный подход к формированию имитационной модели. Обоснование, формулирование и конструирование имитационной модели.
24. Программное обеспечение имитационного моделирования.
25. Моделирование на фиксированной сетке времени.
26. Моделирование по существенным моментам времени.
27. Имитационное моделирование. Агентное моделирование.
28. Имитационное моделирование. Методы системной динамики.
29. Имитационное моделирование. Дискретно-событийное моделирование.
30. Имитационное моделирование. Динамическое моделирование.
31. Имитационное моделирование. Стохастическое моделирование.
32. Имитационное моделирование. Методы эволюционного моделирования.
33. Классификация моделей и моделирования по признаку "характер моделируемой стороны объекта".
34. Классификация моделей и моделирования по признаку "характер процессов, протекающих в объекте".
35. Классификация моделей и моделирования по признаку "способ реализации модели".
36. Понятие о теории графов.
37. Понятие о теории массового обслуживания. Понятия систем массового обслуживания.
38. Классификация моделей систем массового обслуживания.
39. Параметры и показатели систем массового обслуживания.
40. Понятие о методе Монте-Карло.
41. Характеристика метода статистического моделирования.
42. Генераторы случайных чисел. Генерирование случайных величин. Псевдослучайные последовательности.
43. Моделирование случайных событий.
44. Моделирование дискретных случайных величин.
45. Моделирование непрерывных случайных величин.
46. Моделирование случайных векторов.
47. Моделирование "реалистичных" распределений.
48. Моделирование случайных процессов. Классификация случайных процессов.
49. Моделирование совместных независимых событий. Моделирование совместных зависимых событий.
50. Вычислительный (машинный) эксперимент.
51. Стратегическое планирование экспериментов.

52. Тактическое планирование экспериментов. Нестационарные режимы работы имитационной модели.
53. Тактическое планирование экспериментов. Определение размера выборки.
54. Тактическое планирование экспериментов. Методы понижения дисперсии.
55. Анализ чувствительности имитационной модели.
56. Метод проверок при анализе результатов имитационного моделирования.
57. Метод доверительных интервалов при анализе результатов имитационного моделирования.
58. Сущность проблемы многомерных откликов в категориях имитационного моделирования.
59. Моделирование в системах управления в реальном масштабе времени. Управление модельным временем.
60. Особенности статистической обработки результатов ЭВМ. Факторный анализ.
61. Особенности статистической обработки результатов ЭВМ. Корреляционный анализ результатов моделирования.
62. Особенности статистической обработки результатов ЭВМ. Регрессионный анализ результатов моделирования.
63. Особенности статистической обработки результатов ЭВМ. Дисперсионный анализ результатов моделирования.