

Правительство Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»

Факультет Бизнес-информатики  
Отделение программной инженерии

Утверждаю  
Заведующий отделением  
Программной инженерии  
С.М. Авдошин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г

**Программа дисциплины Имитационное моделирование**

для направления 231000.62 «Программная инженерия»  
подготовки бакалавра

Автор программы  
**профессор, д.т.н. Гостев И.М.**  
igostev@hse.ru

Рекомендована секцией УМС  
факультета бизнес-информатики  
Председатель  
\_\_\_\_\_ Таратухина Ю.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

Одобрена на заседании кафедры  
управления разработкой  
программного обеспечения  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ С.М. Авдошин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г

Москва 2013г.

## ***1. Область применения и нормативные ссылки***

Настоящая программа учебной дисциплины "Имитационное моделирование" устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления 231000.62 «Программная инженерия» подготовки бакалавра, изучающих дисциплину «Имитационное моделирование».

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» по направлению 231000.62 «Программная инженерия» подготовки бакалавров <http://www.hse.ru/data/2012/01/30/1264146100/ProgInzh.pdf>;
- Образовательной программой направления 231000.62 «Программная инженерия» подготовки бакалавра.
- Рабочим учебным планом университета по направлению 231000.62 «Программная инженерия» подготовки бакалавра, утвержденным в 2012 г. <http://www.hse.ru/standards/rup/archive/?fid=24262>

Требования к студентам:

Дисциплина требует предварительного изучения основ математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, знания теории алгоритмов и структур данных, умения программировать в среде Matlab и C++. Она читается студентам бакалаврской программы четвертого года обучения в первом, втором и третьем модулях.

## ***2. Цели освоения дисциплины:***

Основной целью дисциплины является ознакомление студентов с основными видами математических и имитационных моделей и манипуляции ими в пространстве и времени. Методами моделирования служат теории динамических систем, а средствами моделирования - дифференциальные уравнения, методы качественной теории дифференциальных уравнений, компьютерная симуляция, статистика и теория вероятностей. Курс предполагает рассмотрение различных моделей (детерминированных и стохастических) и методов и приемов их составления и их исследования.

### ***Цели моделирования:***

1. Выяснение механизмов взаимодействия элементов системы.
2. Идентификация и верификация параметров модели по экспериментальным данным.
3. Оценка устойчивости системы (модели). Само понятие устойчивости требует формализации.
4. Прогноз поведения системы при различных внешних воздействиях, различных способах управления и прочее.
5. Оптимальное управление системой в соответствии с выбранным критерием оптимальности.

### ***Основная цель достигается освоением следующих тем:***

1. Изучением когнитивных моделей, как формы организации и представления знаний; прагматических моделей – как средства организации практических действий,

- рабочего представления целей системы для ее управления; и инструментальных моделей как средством построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей
2. Рассмотрение имитационного моделирования как процесса конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на ней с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии управления моделью.
  3. Изучение этапов имитационного моделирования в следующих аспектах: содержательная постановка задачи; разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели; проверка правильности, достоверности модели и оценка точности результатов моделирования; планирование и проведение экспериментов, принятие решений.
  4. Рассмотрение списка возможных задач, при решении которых моделирование особенно эффективно: проектирование и анализ производственных систем; оценка различных систем вооружений и требований к их материально-техническому обеспечению; определение требований к оборудованию и протоколам сетей связи; определение требований к оборудованию и программному обеспечению различных компьютерных систем; проектирование и анализ работы транспортных систем, например аэропортов, автомагистралей, портов и метрополитена; оценка проектов создания различных организаций массового обслуживания, например центров обработки заказов, заведений быстрого питания, больниц, отделений связи; модернизация различных процессов в деловой сфере; определение политики в системах управления запасами; анализ финансовых и экономических систем.
  5. Краткий экскурс в системы дифференциальных уравнений и методов их решения (в основном с использованием системы Simulink Matlab)
  6. Изучение различных моделей – Фибоначчи, Ферхюльста, Мальтуса, осциллятора, маятника, изохронных, неизохронных и затухающих колебаний, резонанса, Гармонического осциллятора с возмущением.
  7. Популяционные уравнения и гипотезы Вольтерра.
  8. Классификация типов взаимодействия видов в биоценозе. Мутуализм, Комменсализм, Хищник-Жертва (Жертва-Эксплуататор), Аменсализм, Конкуренция, Нейтрализм.
  9. Сценарии развития ситуации при различных начальных условиях.
  10. Понятие фазового портрета, условия устойчивости системы. Понятие бифуркации в системе. Понятие равновесного состояния и предельного цикла. Понятие аттрактора. Введение в странные аттракторы (аттрактор Лоренца).
  11. Случайные сигналы и свойства законов распределения. Классы сигналов и параметры сигналов. Их классификация.
  12. Стационарные и эргодические случайные процессы и их свойства.
  13. Виды описания случайных процессов: Законы распределения, в том числе, многомерные; характеристические функции; числовые характеристики; характеристики взаимосвязи; частотные характеристики.
  14. Виды распределений и их свойства на примере: равномерного, треугольного, нормального, логнормального, логистического, показательного, хи-квадрат, Стьюдента, Вейбула, Парето, распределение степенной функции, Релея биномиального, Бернулли, Пуассона, Лапласа, гамма, геометрического, Wakeby.
  15. Введение в вероятностное моделирование. Алгоритмы методов статистических испытаний (Монте-Карло).
  16. Теорема Лебега, Особенности распределения Пуассона. Случайный процесс со счетным множеством состояний.
  17. Понятие системы массового обслуживания. Их характеристики и методы и методы описания как: входящий поток требований или заявок, которые поступают на обслуживание; дисциплину постановки в очередь и выбор из нее; правило, по

которому осуществляется обслуживание; выходящий поток требований; режимы работы.

18. Простейший поток событий и его свойства. Входной поток. Выходящий поток. Дисциплины постановки в очередь и выбора из нее. Правила обслуживания. Дисциплины обслуживания. Режимы работы. Закон Литтла. Система обозначений СМО. Символика Кендалла. Классификация СМО. Сценарий работы СМО.
19. СМО с одним устройством обслуживания. Одноканальная СМО с ожиданием и ограниченной очередью. Многоканальные системы массового обслуживания.
20. Рассмотрение моделей систем массового обслуживания на примерах: магазинов; банков; ремонтных мастерских; почтовых отделений; постов технического обслуживания и ремонта автомобилей; персональных компьютеров, обслуживание поступающих заявок или требования на решение тех или иных задач; аудиторские операции; отделов налоговых инспекций, занимающихся приемкой и проверкой текущей отчетности предприятий; телефонных станций и т.д.

С точки зрения практической составляющей курса, основной целью ставится изучение математических методов моделирования систем, которые позволяют студентам получить представление о способах решения задач, связанных необходимостью построения моделей, а затем в процессе моделирования определить оптимальные параметры системы. В данном курсе поставлена задача, сформировать у студентов набор компетенций, связанных с базовыми понятиями о математическом и имитационном моделировании на основе использования современных систем и программных пакетов, которые позволяют решать задачи с использованием готового и разработке нового программного обеспечения для решения задач по моделированию систем.

### ***3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины***

***В результате освоения дисциплины студент должен:***

***Понимать:***

- основные методы и приемы используемые при построении и анализе математических моделей с использованием современных интегрированных систем для моделирования;

***Знать:***

- основные методы и приемы используемые при построении и анализе математических моделей с использованием современных интегрированных систем для моделирования;

***Уметь :***

- строить математические модели для описания различных явлений природы и общества;
- переводить вербальное описание модели в систему уравнений;
- программировать системы уравнений в среде Matlab и находить их решение;
- анализировать полученное решение, с целью определения оптимального по некоторому критерию решения.

***Иметь навыки (приобрести опыт):***

- Приобрести способность использовать полученные знания для построения моделей и решения задач, из различных областей знаний.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

| <b>Компетенция</b>   | <b>Код по ФГОС/ НИУ</b> |
|--|-------------------------|
| Владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановки цели и выбору путей ее достижения   | ОК-1                    |
| Умение логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь  | ОК-2                    |
| Стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства   | ОК-6                    |
| Умение критически оценивать свои достоинства и недостатки, наметить пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков   | ОК-7                    |
| Готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | ОК-10                   |
| Понимание основных концепций, принципов, теорий и фактов, связанных с информатикой   | ПК-1                    |
| Способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования   | ПК-2                    |
| Готовность к использованию методов и инструментальных средств исследования объектов профессиональной деятельности  | ПК-3                    |
| Готовность обосновать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнение экспериментов по проверке их корректности и эффективности  | ПК-4                    |
| Умение готовить презентации, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненной работы, публиковать результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях              | ПК-5                    |
| Способность формализовать предметную область программного проекта и разработать спецификации для компонентов программного продукта   | ПК-6                    |
| Умение применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов  | ПК-10                   |
| Навыки чтения, понимания и выделения главной идеи прочитанного исходного кода, документации  | ПК-11                   |
| Навыки моделирования, анализа и использования формальных методов конструирования программного обеспечения  | ПК-12                   |
| Навыки использования различных технологий разработки программного обеспечения  | ПК-16                   |
| Умение применять основные методы и инструменты разработки программного обеспечения   | ПК-17                   |

#### ***4. Место дисциплины в структуре образовательной программы***

Дисциплина читается студентам бакалаврской программы «Программная инженерия» (направление 231000.62) на отделении программной инженерии факультета бизнес-информатики НИУ-ВШЭ. Она относится к числу вариативных дисциплин математического и естественно-научного цикла базового учебного плана и предлагается студентам в первом, втором и третьем модулях четвертого года обучения. Продолжительность курса составляет **60** аудиторных учебных часа (в рамках 3 модулей), образованных **30** часами лекций и **30** часами практических занятий. Предусмотренный учебным планом текущий контроль по

дисциплине включает: контрольную работу (**К1** в первом модуле) и домашнее задание (**Д1** во втором модуле). В конце дисциплины проводится итоговый экзамен (**Э** в конце третьего модуля).

Дисциплина требует предварительного изучения основ математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, знания теории алгоритмов и структур данных, умения программировать в различных интегрированных средах.

Дисциплина является завершающей в серии дисциплин, связанных с приложением умения программировать и решать задачи связанные с программированием.

### 5. Тематический план учебной дисциплины

| №  | Название темы  | Всего часов по теме | Аудиторные часы |                      |
|--|--|---------------------|-----------------|----------------------|
|  |  |                     | Лекции          | Практические занятия |
| <b>Первый модуль.<br/>Лекций – 10 часов. Практических занятий – 10 часов.<br/>Формы текущего контроля – контрольная работа К1.</b> |  |                     |                 |                      |
| 1  | Изучение когнитивных моделей, как формы организации и представления знаний; прагматических моделей – как средства организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления; и инструментальных моделей как средством построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей     | 4                   | 2               | 2                    |
| 2  | Рассмотрение имитационного моделирования как процесса конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на ней с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии управления   | 4                   | 2               | 2                    |
| 3  | Изучение этапов имитационного моделирования в следующих аспектах: содержательная постановка задачи; разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели; проверка правильности, достоверности модели и оценка точности результатов моделирования; планирование и проведение экспериментов, принятие решений. | 4                   | 2               | 2                    |

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| 4  | Рассмотрение списка возможных задач, при решении которых моделирование особенно эффективно: проектирование и анализ производственных систем; оценка различных систем вооружений и требований к их материально-техническому обеспечению; определение требований к оборудованию и протоколам сетей связи; определение требований к оборудованию и программному обеспечению различных компьютерных систем; проектирование и анализ работы транспортных систем, например аэропортов, автомагистралей, портов и метрополитена; оценка проектов создания различных организаций массового обслуживания, например центров обработки заказов, заведений быстрого питания, больниц, отделений связи; модернизация различных процессов в деловой сфере; определение политики в системах управления запасами; анализ финансовых и экономических систем. | 4 | 2 | 2 |
| 5  | Краткий экскурс в системы дифференциальных уравнений и методов их решения (в основном с использованием системы Simulink Matlab).  | 4 | 2 | 2 |
| <b>Второй модуль.</b><br><b>Лекций – 10 часов. Практических занятий – 10 часов.</b><br><b>Формы текущего контроля – домашнее задание Д1.</b> |   |   |   |   |
| 6  | Изучение различных моделей – Фибоначчи, Ферхюльста, Мальтуса, осциллятора, маятника, изохронных, неизохронных и затухающих колебаний, резонанса, Гармонического осциллятора с возмущением. Популяционные уравнения и гипотезы Вольтерра. Классификация типов взаимодействия видов в биоценозе. Мутуализм, Комменсализм, Хищник-Жертва (Жертва-Эксплуататор), Аменсализм, Конкуренция, Нейтрализм. Сценарии развития ситуации при различных начальных условиях для уравнений взаимодействия видов в биоценозе.   | 4 | 2 | 2 |
| 7  | Понятие фазового портрета, условия устойчивости системы. Понятие бифуркации в системе. Понятие равновесного состояния и предельного цикла. Понятие аттрактора. Введение в странные аттракторы (аттрактор Лоренца).  | 4 | 2 | 2 |
| 8  | Случайные сигналы и свойства законов распределения. Классы сигналов и параметры сигналов. Их классификация. Стационарные и эргодические случайные процессы и их свойства.   | 4 | 2 | 2 |

|  |   |    |    |    |
|--|---|----|----|----|
| 9  | Способы описания случайных процессов: Законы распределения, в том числе, многомерные; характеристические функции; числовые характеристики; характеристики взаимосвязи; частотные характеристики.  | 4  | 2  | 2  |
| 10   | Виды распределений и их свойства на примере: равномерного, треугольного, нормального, логнормального, логистического, показательного, хи-квадрат, Стьюдента, Вейбула, Парето, распределение степенной функции, Релея биномиального, Бернулли, Пуассона, Лапласа, гамма, геометрического, Wakeby   | 4  | 2  | 2  |
| <b>Третий модуль.</b><br><b>Лекций – 10 часов. Практических занятий – 10 часов.</b><br><b>Итоговый контроль – экзамен Э.</b> |   |    |    |    |
| 11   | Введение в вероятностное моделирование. Алгоритмы методов статистических испытаний (Монте-Карло). Теорема Лебега, Особенности распределения Пуассона. Случайный процесс со счетным множеством состояний.  | 4  | 2  | 2  |
| 12   | Понятие системы массового обслуживания. Их характеристики и методы и методы описания как: входящий поток требований или заявок, которые поступают на обслуживание; дисциплину постановки в очередь и выбор из нее; правило, по которому осуществляется обслуживание; выходящий поток требований; режимы работы.   | 4  | 2  | 2  |
| 13   | Простейший поток событий и его свойства. Входной поток. Выходящий поток. Дисциплины постановки в очередь и выбора из нее. Правила обслуживания. Дисциплины обслуживания. Режимы работы. Закон Литтла. Система обозначений СМО. Символика Кендалла. Классификация СМО. Сценарий работы СМО.  | 4  | 2  | 2  |
| 14   | СМО с одним устройством обслуживания. Одноканальная СМО с ожиданием и ограниченной очередью. Многоканальные системы массового обслуживания.   | 4  | 2  | 2  |
| 15   | Рассмотрение моделей систем массового обслуживания на примерах: магазинов; банков; ремонтных мастерских; почтовых отделений; постов технического обслуживания и ремонта автомобилей; персональных компьютеров, обслуживание поступающих заявок или требования на решение тех или иных задач; аудиторские операции; отделов налоговых инспекций, занимающихся приемкой и проверкой текущей отчетности предприятий; телефонных станций и т.д. | 4  | 2  | 2  |
| Итого:   |   | 60 | 30 | 30 |



## 6. Формы контроля знаний студентов

| Тип контроля     | Форма контроля     | 1 год                                     |          |                             |
|------------------|--------------------|---|----------|-----------------------------|
|                  |                    | 1   | 2        | 3                           |
| Текущий (неделя) | Контрольная работа | 7 неделя<br>Письменная работа на 80 минут |          |                             |
|                  | Домашнее задание   |   | 7 неделя |                             |
| Итоговый         | Экзамен            |   |          | Письменный экзамен 120 мин. |

### 6.1. Критерии оценки знаний, навыков

Текущий контроль предусматривает домашнее задание во втором модуле и контрольную письменную работу в конце первого модуля. Итоговый контроль - экзамен в конце третьего модуля.

*Итоговая оценка по учебной дисциплине складывается из следующих элементов:*

#### Элементы текущего контроля первого модуля:

**К1** – оценка по десятибалльной шкале за контрольную работу в первом модуле. Контрольная работа проводится по окончании первого модуля в письменной форме. Студенты получают 5 вопросов из пройденного в первом модуле материала и письменно отвечают на них в течении **120** минут. Оценка определяется по написанному тексту работы, а каждый вопрос оценивается максимум в два балла. Студенты, не явившиеся на контрольную работу, получают оценку **К1=0** баллов.

#### Элементы текущего контроля второго модуля:

**Д1** – оценка за домашнее задание. Домашнее задание, предлагаемого во втором модуле, заключается в написании программы в среде Matlab содержащее решение дифференциального уравнения для предложенной студентами либо физической, либо биологической, либо экономической, либо или иной модели. Срок сдачи домашнего задания – седьмая неделя первого модуля. Оценка за домашнее задание выставляется по десятибалльной шкале при условии сдачи задания в срок и по восьмибалльной шкале в ином случае.

#### Элементы текущего контроля третьего модуля:

**Э** - экзамен проводится в письменной форме. На экзамен каждому студенту предлагается билет с пятью вопросами. Время выполнения экзаменационной работы - **120** минут. Оценка выставляется по 10-ти бальной системе с максимальной оценкой в 2 балла за каждый правильно написанный вопрос. Повторная сдача экзамена оценивается с коэффициентом **0.8**.

#### Элементы итогового контроля:

Итоговая оценка Э по дисциплине формируется из оценок текущего и итогового контроля по следующим правилам. Вопросы охватывают темы дисциплины, которые обсуждались на лекционных и практических занятиях в течение трех модулей.

Итоговая оценка Э по дисциплине формируется по десятибалльной шкале как взвешенная сумма полученных оценок текущего контроля по формуле  $Э = 0,3Д1 + 0,3К1 + 0,4Э$  с учетом правил округления до целого числа баллов при условии  $(Д1 > 3) \& (К1 > 3) \& (Э > 3)$ , в противном случае пишется итоговая экзаменационная работа. Здесь:

**Д1** - оценка за домашнее задание в первом модуле,

**К1** - оценка за контрольную работу в первом модуле,

**Э** - оценка за домашнее задание во втором модуле.

**При передаче экзамена** (независимо от предыдущих оценок) итоговая экзаменационная оценка Э по дисциплине формируется как взвешенная сумма полученных оценок за каждый вопрос -  $B_i$ , по формуле  $\mathcal{E} = 0,8 (\sum B_i)$  с учетом правил округления до целого числа баллов. **Правила округления до целого числа баллов при выставлении оценок:** средневзвешенная оценка округляется до большего целого, если дробная часть оценки не ниже 0,5, в противном случае оценка округляется до меньшего целого.

Перевод итоговой экзаменационной оценки (Э) по дисциплине в оценку по пятибалльной шкале осуществляется в соответствии со следующей таблицей:

**Таблица соответствия оценок по десятибалльной и пятибалльной системам**

| По десятибалльной шкале                                 | По пятибалльной шкале   |
|---|-------------------------|
| 1 – неудовлетворительно<br>2 – очень плохо<br>3 – плохо | неудовлетворительно – 2 |
| 4 – удовлетворительно<br>5 – весьма удовлетворительно   | удовлетворительно – 3   |
| 6 – хорошо<br>7 – очень хорошо                          | хорошо – 4              |
| 8 – почти отлично<br>9 – отлично<br>10 – блестяще       | отлично – 5             |

## 7. Содержание дисциплины

### ♦ Тема 1. Введение в моделирование процессов.

#### Содержание лекционных занятий.

Изучение когнитивных моделей, как формы организации и представления знаний; прагматических моделей – как средства организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления; и инструментальных моделей как средством построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей.

#### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

#### Основная литература:

- **Мышкис А. Д.** Элементы теории математических моделей. М.: КомКнига, 2007г..
- **Бережная Е.В., Бережной В.И.** Математические методы моделирования
- **Андреевский Б. Р., Фрадков А. Л.** Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB5 и Scilab. СПб: Наука, 2001.

### ♦ Тема 2. Понятие имитационного моделирования.

#### Содержание лекционных занятий.

Рассмотрение имитационного моделирование как процесса конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на ней с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии управления моделью.

#### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

#### Основная литература:

- **Шеннон Р.** Имитационное моделирование систем: Искусство и наука. М.Мир. 1978г.

- **Кельтон В., Лоу А.** Имитационное моделирование. Классика. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. — 847 с: ил.
- **Емельянов А.А. Власова Е.А. Дума Р.В.** Имитационное моделирование экономических процессов. М. «Финансы и статистика" 2004г.

#### ◆ **Тема 3. Этапы имитационного моделирования.**

##### Содержание лекционных занятий.

Изучение этапов имитационного моделирования в следующих аспектах: содержательная постановка задачи; разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели; проверка правильности, достоверности модели и оценка точности результатов моделирования; планирование и проведение экспериментов, принятие решений.

##### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

##### Основная литература:

- **Шеннон Р.** Имитационное моделирование систем: Искусство и наука. М.Мир. 1978г.
- **Кельтон В., Лоу А.** Имитационное моделирование. Классика. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. — 847 с: ил.
- **Емельянов А.А. Власова Е.А. Дума Р.В.** Имитационное моделирование экономических процессов. М. «Финансы и статистика" 2004г.
- **Клейнен Дж.** Статистические методы в имитационном моделировании. Вып. 1 и 2. М. Статистика, 1978г.

#### ◆ **Тема 4. Области применения имитационного моделирования**

##### Содержание лекционных занятий.

Рассмотрение списка возможных задач, при решении которых моделирование особенно эффективно: проектирование и анализ производственных систем; оценка различных систем вооружений и требований к их материально-техническому обеспечению; определение требований к оборудованию и протоколам сетей связи; определение требований к оборудованию и программному обеспечению различных компьютерных систем; проектирование и анализ работы транспортных систем, например аэропортов, автомагистралей, портов и метрополитена; оценка проектов создания различных организаций массового обслуживания, например центров обработки заказов, заведений быстрого питания, больниц, отделений связи; модернизация различных процессов в деловой сфере; определение политики в системах управления запасами; анализ финансовых и экономических систем.

##### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

##### Основная литература:

- **Шеннон Р.** Имитационное моделирование систем: Искусство и наука. М.Мир. 1978г.
- **Кельтон В., Лоу А.** Имитационное моделирование. Классика. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. — 847 с: ил.
- **Емельянов А.А. Власова Е.А. Дума Р.В.** Имитационное моделирование экономических процессов. М. «Финансы и статистика" 2004г.
- **Клейнен Дж.** Статистические методы в имитационном моделировании. Вып. 1 и 2. М. Статистика, 1978г.

- **Андриевский Б. Р., Фрадков А. Л.** Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB5 и Scilab. СПб: Наука, 2001.

#### ◆ **Тема 5. Системы дифференциальных уравнений.**

##### Содержание лекционных занятий.

Краткий экскурс в системы дифференциальных уравнений и методов их решения (в основном с использованием системы Simulink Matlab).

##### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

##### Основная литература:

- **Мышкис А. Д.** Элементы теории математических моделей. М.: КомКнига, 2007г.
- **Гулд Х., Тобочник Я.** Компьютерное моделирование в физике. -М.: ИЛ, 1992.
- **Бережная Е.В., Бережной В.И.** Математические методы моделирования
- **Тарасик В.П.** Математическое моделирование технических систем./ Учебник. Минск: Дизайн ПРО. 2004.
- **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Моделирование систем. М., Высшая школа, 1998. – 319 с.

##### Дополнительная литература:

- **У.Прэнтт** Цифровая обработка изображений. Т.1, 2, М.: Мир, 1982.

#### ◆ **Тема 6. Практические модели и методы имитационного моделирования.**

##### Содержание лекционных занятий.

Изучение различных моделей – Фибоначчи, Ферхюльста, Мальтуса, осциллятора, маятника, изохронных, неизохронных и затухающих колебаний, резонанса, Гармонического осциллятора с возмущением. Популяционные уравнения и гипотезы Вольтерра. Классификация типов взаимодействия видов в биоценозе. Мутуализм, Комменсализм, Хищник-Жертва (Жертва-Эксплуататор), Аменсализм, Конкуренция, Нейтрализм. Сценарии развития ситуации при различных начальных условиях для уравнений взаимодействия видов в биоценозе.

##### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

##### Основная литература:

- **Бусленко Н. П.** Метод статистического моделирования М. Статистика 1970г.
- **Ризниченко Г. Ю.** Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1.
- **Бережная Е.В., Бережной В.И.** Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. пособие. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 432 с.
- **Соболь И.М.** Численные методы Монте-Карло, М., Наука, 1973.

#### ◆ **Тема 7. Особенности имитационных моделей.**

##### Содержание лекционных занятий.

Понятие фазового портрета, условия устойчивости системы. Понятие бифуркации в системе. Понятие равновесного состояния и предельного цикла. Понятие аттрактора. Введение в странные аттракторы (аттрактор Лоренца)..

##### Содержание практических занятий.

Практическая работа по написанию математических моделей, их реализация в среде Matlab и исследование результатов

##### Основная литература:

- **Мышкис А. Д.** Элементы теории математических моделей. М.: КомКнига, 2007г.
- **Гулд Х., Тобочник Я.** Компьютерное моделирование в физике. -М.: ИЛ, 1992.

- **Егоренков Д.Л., Фрадков А.Л., Харламов В.Ю.** Основы математического моделирования с примерами на языке MATLAB. БГТУ. СПб; 1996.

◆ **Тема 8. Случайные сигналы и их свойства.**

Содержание лекционных занятий.

Случайные сигналы и свойства законов распределения. Классы сигналов и параметры сигналов. Их классификация. Стационарные и эргодические случайные процессы и их свойства.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по исследованию свойств математических распределений, их реализация в среде Matlab и исследование результатов

Основная литература:

- **Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика, 1983. 471с.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1977. 479с.
- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.

◆ **Тема 9. Свойства и параметры законов распределения.**

Содержание лекционных занятий.

Способы описания случайных процессов: Законы распределения, в том числе, многомерные; характеристические функции; числовые характеристики; характеристики взаимосвязи; частотные характеристики.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по исследованию свойств математических распределений, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

Основная литература:

- **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1977. 479с.
- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика, 1983. 471с.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.

◆ **Тема 10. Виды распределений случайной величины.**

Содержание лекционных занятий.

Виды распределений и их свойства на примере: равномерного, треугольного, нормального, логнормального, логистического, показательного, хи-квадрат, Стьюдента, Вейбула, Парето, распределение степенной функции, Релея биномиального, Бернулли, Пуассона, Лапласа, гамма, геометрического, Wakeby.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по исследованию свойств математических распределений, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

Основная литература:

- **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1977. 479с.
- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика, 1983. 471с.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.

♦ **Тема 11. Введение в вероятностное моделирование.**

Содержание лекционных занятий.

Введение в вероятностное моделирование. Алгоритмы методов статистических испытаний (Монте-Карло). Теорема Лебега, Особенности распределения Пуассона. Случайный процесс со счетным множеством состояний.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по исследованию свойств математических распределений, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

Основная литература:

- **Биндер К., Хеерман Д.В.** Моделирование методом Монте-Карло в статистической физике. — М.: Наука, 1995.
- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика, 1983. 471с.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Бусленко Н. П.** Метод статистического моделирования М. Статистика 1970г.
- **Клейнен Дж.** Статистические методы в имитационном моделировании. Вып. 1 и 2. М. Статистика, 1978г.
- 

♦ **Тема 12. Понятие системы массового обслуживания.**

Содержание лекционных занятий.

Понятие системы массового обслуживания. Их характеристики и методы и методы описания как: входящий поток требований или заявок, которые поступают на обслуживание; дисциплину постановки в очередь и выбор из нее; правило, по которому осуществляется обслуживание; выходящий поток требований; режимы работы.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по моделированию систем массового обслуживания, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

Основная литература:

- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания М., 1966 г., 432 стр. с илл.
- **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.— 432 с, ил.

- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания М. Гос. Изд. Ф.-М. Лит. 1963.

♦ . **Тема 13. Элементы описания СМО.**

Содержание лекционных занятий.

Простейший поток событий и его свойства. Входной поток. Выходящий поток. Дисциплины постановки в очередь и выбора из нее. Правила обслуживания. Дисциплины обслуживания. Режимы работы. Закон Литтла. Система обозначений СМО. Символика Кендалла. Классификация СМО. Сценарий работы СМО.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по моделированию систем массового обслуживания, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

Основная литература:

- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания М., 1966 г., 432 стр. с илл.
- **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.— 432 с, ил.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания М. Гос. Изд. Ф.-М. Лит. 1963.

♦ . **Тема 14. Типы СМО.**

Содержание лекционных занятий.

СМО с одним устройством обслуживания. Одноканальная СМО с ожиданием и ограниченной очередью. Многоканальные системы массового обслуживания.

Содержание практических занятий.

Практическая работа по моделированию систем массового обслуживания, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

Основная литература:

- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания М., 1966 г., 432 стр. с илл.
- **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.— 432 с, ил.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания М. Гос. Изд. Ф.-М. Лит. 1963.

## ♦ . Тема 15. Исследование практических реализаций СМО.

### Содержание лекционных занятий.

Рассмотрение моделей систем массового обслуживания на примерах: магазинов; банков; ремонтных мастерских; почтовых отделений; постов технического обслуживания и ремонта автомобилей; персональных компьютеров, обслуживание поступающих заявок или требования на решение тех или иных задач; аудиторские операции; отделов налоговых инспекций, занимающихся приемкой и проверкой текущей отчетности предприятий; телефонных станций и т.д. Содержание практических занятий.

Практическая работа по моделированию систем массового обслуживания, их реализация в среде Matlab и исследование результатов.

### Основная литература:

- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1988. 448с.
- **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания М., 1966 г., 432 стр. с илл.
- **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.— 432 с, ил.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания М. Гос. Изд. Ф.-М. Лит. 1963.

## **8. Образовательные технологии**

На каждом практическом занятии проводится разбор и анализ реализаций различных математических методов и алгоритмов по обработке мультимедийных файлов.

## **9. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента**

### **9.1. Тематика заданий текущего контроля**

В качестве тем для домашнего задания, предлагаются следующие вопросы, тематика которых обсуждается на лекциях и практических занятиях в первом, втором и третьем модулях. Для первого домашнего задания преподаватель назначает студенту один из вопросов.

## **10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **10.1. Базовый учебник – отсутствует.**

### **10.2 Основная литература**

#### **Книги:**

- **Мышкис А. Д.** Элементы теории математических моделей. М.: КомКнига, 2007г.
- **Шеннон Р.** Имитационное моделирование систем: Искусство и наука. М.Мир. 1978г.
- **Андреевский Б. Р., Фрадков А. Л.** Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB5 и Scilab. СПб: Наука, 2001.
- Имитационное моделирование производственных систем. *Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР А. А. Вавилова.*— М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. —416 с.
- **Кельтон В., Лоу А.** Имитационное моделирование. Классика. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. — 847 с: ил.



- **Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В.** Имитационное моделирование экономических процессов. М. «Финансы и статистика» 2004г.
- **Клейнен Дж.** Статистические методы в имитационном моделировании. Вып. 1 и 2. М. Статистика, 1978г.
- **Ризниченко Г. Ю.** Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002, 232 стр.
- **Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания М.: Гос. Изд. Ф.-М. Лит. 1963г.
- **Бережная Е.В., Бережной В.И.** Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. пособие. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 432 с.
- **Бусленко Н. П.** Метод статистического моделирования М. Статистика 1970г.
- **Гулд Х., Тобочник Я.,** Компьютерное моделирование в физике. -М.: ИЛ, 1992.
- **Соболь И.М.** Численные методы Монте-Карло, М., Наука, 1973
- **Биндер К., Хеерман Д.В.** Моделирование методом Монте-Карло в статистической физике. – М.: Наука, 1995.
- **Гмурман В.Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1977. 479с.
- **Гнеденко Б.В.** Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 2011. 448с.
- **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания М., 1966 г., 432 стр. с илл.
- **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.— 432 с, ил.
- **Бендат Дж., Пирсол А.** Прикладной анализ случайных данных — М.: Мир, 1989. 540с.
- **Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания М. Гос. Изд. Ф.-М. Лит. 1963.

Вся литература доступна в электронном виде.

### 10.3 Дополнительная литература

- **Карпов Ю.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 е.: ил.
- **Тарасик В.П.** Математическое моделирование технических систем./ Учебник. Минск: Дизайн ПРО. 2004.
- **Егоренков Д.Л., Фрадков А.Л., Харламов В.Ю.** Основы математического моделирования с примерами на языке MATLAB. БГТУ. СПб; 1996.
- **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Моделирование систем. М., Высшая школа, 1998. – 319 с.
- **Самарский А.А., Михайлов А.П.** Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
- **Бусленко Н. П.** Моделирование сложных систем.— М.: Наука, 1988.
- **Романцев В.В., Яковлев С.А.** Моделирование систем массового обслуживания. - СПб.: Изд.ГЭТУ, 1995.
- **Бочаров П. П., Печинкин А.В.** Теория массового обслуживания: Учебник. — М.: Изд-во РУДН, 1995. — 529 с, ил.

- *Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.* Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика, 1983. 471с.
- *Самарский А. А.* Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования — М.: Наука, 1988.—176 с.
- *Сергеев В. В.* Математические модели и методы в автоматизированных системах научных исследований:—Куйбышев: КуАИ, 1986. — 50 с.

#### ***10.4. Программные средства***

В качестве интегрированных программных сред используется Matlab, и по желанию студентов среда Cbuilder 2006.

#### ***11. Материально-техническое обеспечение дисциплины***

Проектор для лекций и семинаров, классы для практических занятий с компьютерами, на которых установлена инструментальная среда.

Автор программы: \_\_\_\_\_ Гостев И.М.