

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 09.07.2025 15:28:35  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление подготовки  
09.03.03 – "Прикладная информатика"

Профиль подготовки  
«Прикладная информатика в экономике»

Для студентов 3-4 курсов  
очная форма

Составитель:

к.ф.м.н., доцент Багрова И.А.

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины является: ознакомление студентов с основными методами решения задач на основе имитационного моделирования, получение навыков создания моделей систем различного назначения, изучение методов планирования экспериментов, применение полученных знаний при создании и проведении экспериментов с имитационными моделями систем различной сложности.

Задачами освоения дисциплины являются: рассмотрение теоретических и прикладных аспектов создания имитационных моделей; методов планирования и проведения экспериментов над моделями различных производственных и экономических систем; освоение навыков построения имитационных моделей, технологии имитационного моделирования экономических систем и процессов с применением персональных компьютеров

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к разделу «Дисциплины профиля подготовки» учебного плана.

Для успешного усвоения курса необходимы знания математического анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов программирования, технологий программирования, экономики, эконометрики, а также навыки решения основных задач, рассматриваемых в этих дисциплинах.

Данная дисциплина необходима для изучения дисциплин Многомерные статистические методы.

**3. Объем дисциплины:** 7 зачетных единиц, 252 академических часов, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 62 часа, практические занятия 62 часа, в т.ч. практическая подготовка 26 часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы \_ , в том числе курсовая работа \_;

**самостоятельная работа: 128 часов, в том числе контроль 48 часов.**

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

| Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)                                                 | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие<br>УК-1.2 Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи<br>УК-1.3 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов<br>УК-1.4 При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения<br>УК-1.5 Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки |
| ПК-5 Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и предметную область                                                        | ПК-5.1 использует методы математического (имитационного) моделирования для анализа экономических процессов и систем<br>ПК-5.2 Разрабатывает математические модели конкретных экономических процессов и систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения – зачет 6 семестр, экзамен 7 семестр.**

**6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

| Учебная программа –<br>наименование разделов и тем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Всего<br>(час.) | Контактная работа (час.) |                                                 |                          |                                                 |                                                                                             | Самосто<br>ятельна<br>я<br>работа,<br>в том<br>числе<br>Контрол<br>ь (час.) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 | Лекции                   |                                                 | Практические<br>занятия/ |                                                 | Контрол<br>ь<br>самосто<br>ятельно<br>й<br>работы<br>(в том<br>числе<br>курсовая<br>работа) |                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 | Всего                    | В том<br>числе<br>практ<br>.под-<br>готов<br>ка | Всего                    | В том<br>числе<br>практ<br>.под-<br>готов<br>ка |                                                                                             |                                                                             |
| 6 семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                          |                                                 |                          |                                                 |                                                                                             |                                                                             |
| 1. Теоретические основы имитационного моделирования<br>1.1. Основные понятия<br>Разновидности имитационного моделирования<br>1.2. Использование методов имитационного моделирования.<br>Границы возможностей классических математических методов в экономике<br>1.3. Виды представления времени в модели. Управление модельным временем<br>1.4. Метод Монте-Карло и проверка статисти-ческих гипотез<br>1.5. Использование законов распределения случайных величин при имитации экономических процессов<br>1.6. Классификация потоков событий. Потоки, задержки обслуживания<br>1. 7. Классификация систем массового обслуживания<br>1. 8. Моделирование параллельных процессов | 52              | 16                       |                                                 | 16                       |                                                 | -                                                                                           | 20                                                                          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |    |  |    |    |   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|--|----|----|---|----|
| <b>2. Основные правила моделирования</b><br>2. 1. Классификация программных средств имитационного моделирования<br>2. 2. Концепции и возможности программ имитационного моделирования<br>2. 3. Этапы исследования реальных систем на основе имитационного моделирования<br>2. 4. Моделирование работы с материальными, информационными и денежными ресурсами<br>2. 5. Моделирование пространственной динамики<br>2. 6. Обоснование и исследование точности модели | 34  | 10 |  | 10 |    | - | 14 |
| <b>3. Основные методы планирования экспериментов</b><br>3. 1. Планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию<br>3. 2. Имитационное моделирование инвестиционных рисков<br>3. 3. Основы имитационного моделирования структур малого предприятия                                                                                                                                                                                                | 22  | 6  |  | 6  | 6  | - | 10 |
| ИТОГО за 6 семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 108 | 32 |  | 32 | 6  | - | 44 |
| <b>7 семестр</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |    |  |    |    |   |    |
| <b>1. Моделирование сложных систем</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 78  | 17 |  | 17 | 10 | - | 44 |
| 1.1. Основы имитационного моделирования сложных систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |    |  |    |    |   |    |
| 1.2. Целевые функции и критерии, используемые при имитационном моделировании                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |    |  |    |    |   |    |

|                                                                                                                                               |    |    |  |    |    |   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|--|----|----|---|----|
| 1.3. Многокритериальная целевая функция распределения ресурсов                                                                                |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.4. Имитационное моделирование территориального распределения предприятий и их объектов                                                      |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.5. Имитационное моделирование в рамках агрегативной математической модели                                                                   |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.6. Имитационное моделирование многоуровневых систем и объектов. Использование методов моделирования при оптимизации структур сложных систем |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.7. Имитационное моделирование при оптимизации структуры                                                                                     |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.8. Решение задачи минимизации производственных затрат фирмы средствами имитационного моделирования                                          |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.9. Моделирование системы управления запасами                                                                                                |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.10. Моделирование производственной системы                                                                                                  |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.11. Моделирование систем массового обслуживания                                                                                             |    |    |  |    |    |   |    |
| 1.12. Моделирование работы системы определения координат положения источника сигнала разностно-дальномерным способом                          |    |    |  |    |    |   |    |
| <b>2. Создание адекватных и детальных имитационных моделей</b>                                                                                | 66 | 13 |  | 13 | 10 | - | 40 |
| 2.1. Статистический анализ выходных данных имитационного моделирования для автономной системы                                                 |    |    |  |    |    |   |    |
| 2.2. Статистический анализ при переходном режиме моделирования                                                                                |    |    |  |    |    |   |    |
| 2.3. Статистический анализ установившихся параметров                                                                                          |    |    |  |    |    |   |    |

|                                                                  |     |    |   |    |    |   |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|----|---|----|----|---|-----|
| 2.4. Статистический анализ установившихся циклических параметров |     |    |   |    |    |   |     |
| 2.5. Выбор начальных условий                                     |     |    |   |    |    |   |     |
| 2.6. Сравнение альтернативных конфигураций системы               |     |    |   |    |    |   |     |
| 2.7. Доверительный интервал при сравнении нескольких систем      |     |    |   |    |    |   |     |
| 2.8. Методы понижения дисперсии                                  |     |    |   |    |    |   |     |
| 2.9. Моделирование случайностей в производственных системах      |     |    |   |    |    |   |     |
| ИТОГО за 7 семестр                                               | 144 | 30 | 0 | 30 | 20 | - | 84  |
| ИТОГО                                                            | 252 | 62 | 0 | 62 | 26 | - | 128 |

### III. Образовательные технологии

| Учебная программа –<br>наименование разделов и<br>тем <i>(в строгом<br/>соответствии с разделом<br/>II РПД)</i> | Вид занятия | Образовательные технологии |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|
| 6 семестр                                                                                                       |             |                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                     |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Теоретические основы имитационного моделирования</b></p> <p>1. 1. Основные понятия Разновидности имитационного моделирования</p> <p>1.2.Использование методов имитационного моделирования. Границы возможностей классических математических методов в экономике</p> <p>1.3. Виды представления времени в модели. Управление модельным временем</p> <p>1. 4. Метод Монте-Карло и проверка статистических гипотез</p> <p>1.5. Использование законов распределения случайных величин при имитации экономических процессов</p> <p>1.6. Классификация потоков событий. Потоки, задержки обслуживания</p> <p>1. 7. Классификация систем массового обслуживания</p> <p>1. 8. Моделирование параллельных процессов</p> | <p>Лекции, практические занятия</p> | <p>1. Изложение теоретического материала</p> <p>2. Решение задач</p> |
| <p><b>2. Основные правила моделирования</b></p> <p>2. 1. Классификация программных средств имитационного моделирования</p> <p>2. 2. Концепции и возможности программ имитационного моделирования</p> <p>2. 3. Этапы исследования реальных систем на основе имитационного моделирования</p> <p>2. 4. Моделирование работы с материальными, информационными и денежными ресурсами</p> <p>2. 5. Моделирование пространственной динамики</p> <p>2. 6. Обоснование и исследование точности модели</p>                                                                                                                                                                                                                        | <p>Лекции, практические занятия</p> | <p>1. Изложение теоретического материала</p> <p>2. Решение задач</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |                              |                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>3. Основные методы планирования экспериментов</b><br>3. 1. Планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию<br>3. 2. Имитационное моделирование инвестиционных рисков<br>3. 3. Основы имитационного моделирования структур малого предприятия | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 7 семестр                                                                                                                                                                                                                                                          |                              |                                                           |
| <b>1. Моделирование сложных систем</b>                                                                                                                                                                                                                             | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.1. Основы имитационного моделирования сложных систем                                                                                                                                                                                                             | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.2. Целевые функции и критерии, используемые при имитационном моделировании                                                                                                                                                                                       | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.3. Многокритериальная целевая функция распределения ресурсов<br>1.4. Имитационное моделирование территориального распределения предприятий и их объектов                                                                                                         | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.5. Имитационное моделирование в рамках агрегативной математической модели                                                                                                                                                                                        | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.6. Имитационное моделирование многоуровневых систем и объектов. Использование методов моделирования при оптимизации структур сложных систем                                                                                                                      | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.7. Имитационное моделирование при оптимизации структуры                                                                                                                                                                                                          | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |

|                                                                                                                      |                              |                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1.8. Решение задачи минимизации производственных затрат фирмы средствами имитационного моделирования                 | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.9. Моделирование системы управления запасами                                                                       | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.10. Моделирование производственной системы                                                                         | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.11. Моделирование систем массового обслуживания                                                                    | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 1.12. Моделирование работы системы определения координат положения источника сигнала разностно-дальномерным способом | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| <b>2. Создание адекватных и детальных имитационных моделей</b>                                                       |                              |                                                           |
| 2.1. Статистический анализ выходных данных имитационного моделирования для автономной системы                        | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.2. Статистический анализ при переходном режиме моделирования                                                       | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.3. Статистический анализ установившихся параметров                                                                 | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.4. Статистический анализ установившихся циклических параметров                                                     | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.5. Выбор начальных условий                                                                                         | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.6. Сравнение альтернативных конфигураций системы                                                                   | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.7. Доверительный интервал при сравнении нескольких систем                                                          | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
| 2.8. Методы понижения дисперсии                                                                                      | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |

|                                                             |                              |                                                           |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 2.9. Моделирование случайностей в производственных системах | Лекции, практические занятия | 1. Изложение теоретического материала<br>2. Решение задач |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

УК-1.2 Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи

УК-1.3 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов

УК-1.4 При обработке информации отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок, формирует собственные мнения и суждения, аргументирует свои выводы и точку зрения

УК-1.5 Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки

Подготовить доклад на следующие темы:

1. История имитационного моделирования
2. Управленческие имитационные игры.
3. Общие сведения о ПО ИМ (на примере Arena).
4. Общие сведения о ПО ИМ (на примере GPSS World).
5. Общие сведения о ПО ИМ (на примере Matlab Simulink)
6. Общие сведения о ПО ИМ (на примере программного продукта на выбор).
7. Многоподходное имитационное моделирование.
8. Имитационное моделирование процессов финансирования и денежных потоков.

9. Динамические модели процессов на предприятиях и в организациях различных отраслей экономики, процессов мировой экономики.

10. Основные модели фирм с учётом её взаимодействий: с рынком, с банками, с бюджетом, с поставщиками.

11. Сети Петри и имитационное моделирование.

12. Имитационное моделирование логистических систем.

Критерии оценивания:

Доклад полностью раскрывает тему, использовано достаточно источников информации и подготовлена презентация - 10 баллов.

ПК-5 Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и предметную область

ПК-5.1 использует методы математического (имитационного) моделирования для анализа экономических процессов и систем

Написать программу:

Время между прибытиями покупателей в магазин распределено равномерно в интервале от 1 до 20 мин.

Для 50% покупателей время обслуживания составляет 1-8 мин, в то время как для остальных 50% покупателей это время составляет 8-14 мин. Имитируйте 4 ч. работы.

Определите суммарное время ожидания покупателей, и время простоя системы обслуживания, процент времени простоя, в течение которого продавец, не загружен работой?

Оценить среднее время обслуживания (включая ожидание и обслуживание), количество обслуженных покупателей, среднее время ожидания в очереди.

Сравнить полученные результаты при изменении закона прибытия покупателей по нормальному ( $M=10$ ,  $\sigma=5$ ), и показательному ( $\lambda=10$ ) закону.

Построить графики по результатам сравнительного анализа.

Критерии оценивания:

Написана программа и проведен сравнительных анализ для трех распределений – 20 баллов; реализована программа для одного распределения – 10 баллов, для двух распределений и проведен анализ – 15 баллов.

ПК-5.2 Разрабатывает математические модели конкретных экономических процессов и систем

Написать программу:

Запас деталей проверяется в конце каждой пятидневной рабочей недели, и если он оказывается равным шести штукам или менее, размещается заказ на десять деталей. Распределение времени выполнения заказов задаётся правой частью таблицы (время исчисляется в рабочих днях до поставки). Начальные условия моделирования: рабочая неделя только начинается, имеется в наличии 10 деталей, заказов на новые детали нет.

1. Промоделируйте пять рабочих недель. Постройте график уровня запаса к концу каждого рабочего дня и подсчитайте число дней, когда имеется нехватка деталей.

2. Провести оценку среднего и дисперсии по представленным данным. Проверьте согласованность данных с распределением Пуассона с использованием критерия  $\chi^2$  для  $\alpha=0,05$

Критерии оценивания:

Задача решена полностью – 5 баллов, написана программа по моделированию пяти рабочих недель – 3 балла.

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

### **1) Рекомендуемая литература**

#### **а) Основная литература**

1. Решмин Б.И. Имитационное моделирование и системы управления: учебно-практическое пособие / Б.И. Решмин. - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 74 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9729-0120-

3; То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444174>

2. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Электронный ресурс] / Н.Б. Кобелев. - М.: Вузовский учебник, 2015.-139с.-Режим доступа:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=514320>

б) Дополнительная литература

1. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие / Токарев К.Е. - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. - 88 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=615286>

2) Программное обеспечение

| <b>Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 46<br/>(170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)</b> |                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adobe Acrobat Reader DC - Russian                                                                                                          | бесплатно                                                                                         |
| Apache Tomcat 8.0.27                                                                                                                       | бесплатно                                                                                         |
| Cadence SPB/OrCAD 16.6                                                                                                                     | Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 |
| GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1                                                                                                 | бесплатно                                                                                         |
| Google Chrome                                                                                                                              | бесплатно                                                                                         |
| Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)                                                                                               | бесплатно                                                                                         |
| JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3                                                                                                  | бесплатно                                                                                         |
| JetBrains PyCharm Edu 3.0                                                                                                                  | бесплатно                                                                                         |
| Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows                                                                                                 | Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022                                                          |
| Lazarus 1.4.0                                                                                                                              | бесплатно                                                                                         |
| Mathcad 15 M010                                                                                                                            | Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011                                                  |
| MATLAB R2012b                                                                                                                              | Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012                                                  |

|                                                       |                                                         |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО | бесплатно                                               |
| ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО                         | бесплатно                                               |
| MiKTeX 2.9                                            | бесплатно                                               |
| MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK                          | бесплатно                                               |
| NetBeans IDE 8.0.2                                    | бесплатно                                               |
| NetBeans IDE 8.2                                      | бесплатно                                               |
| Notepad++                                             | бесплатно                                               |
| Oracle VM VirtualBox 5.0.2                            | бесплатно                                               |
| Origin 8.1 Sr2                                        | договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд» |
| Python 3.1 pygame-1.9.1                               | бесплатно                                               |
| Python 3.4 numpy-1.9.2                                | бесплатно                                               |
| Python 3.4.3                                          | бесплатно                                               |
| Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)                 | бесплатно                                               |
| WCF RIA Services V1.0 SP2                             | бесплатно                                               |
| WinDjView 2.1                                         | бесплатно                                               |
| R Studio                                              | бесплатно                                               |
| Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)               | бесплатно                                               |

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины: 1. поисковые системы: Google, Yandex, Rambler, Википедия

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся экзаменом, по итогам семестра составляет 60 баллов (30 баллов - 1-й модуль и 30 баллов - 2-й модуль).

Обучающемуся, набравшему 40–54 балла, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в рейтинговой ведомости учета успеваемости и зачетной книжке может быть выставлена оценка «удовлетворительно».

Обучающемуся, набравшему 55–57 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 15 баллов и выставлена экзаменационная оценка «хорошо».

Обучающемуся, набравшему 58–60 баллов, при подведении итогов семестра (на последнем занятии по дисциплине) в графе рейтинговой ведомости учета успеваемости «Премияльные баллы» может быть добавлено 27 баллов и выставлена экзаменационная оценка «отлично». В каких-либо иных случаях добавление премиальных баллов не допускается.

Обучающийся, набравший до 39 баллов включительно, сдает экзамен.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

## **6 семестр:**

### **Вопросы к зачету:**

1. Понятие модели и моделирование. Имитационное моделирование.
2. Классификация видов моделирования.
3. Этапы имитационного моделирования.
4. Метод Монте-Карло.
5. Использование методов имитационного моделирования. Границы возможностей классических математических методов в экономике.

6. Имитация случайных величин и процессов. Требования к базовым датчикам случайных величин и их проверка.
7. Классификация систем массового обслуживания.
8. Показатели эффективности систем массового обслуживания.
9. Моделирование процессов обслуживания заявок в условиях отказов.
10. Виды представления времени в модели. Управление модельным временем.
11. Изменение модельного времени с постоянным шагом.
12. Изменение времени по особым состояниям.
13. Моделирование случайных величин (дискретных, непрерывных).
14. Моделирование случайных величин с равномерным распределением.  
Основные характеристики случайных величин с равномерным распределением.
15. Моделирование случайных величин с нормальным распределением.  
Основные характеристики случайных величин с нормальным распределением.
16. Моделирование случайных величин с усечённым нормальным распределением. Основные характеристики случайных величин с усечённым нормальным распределением.
17. Моделирование случайных величин с показательным распределением.  
Основные характеристики случайных величин с показательным распределением.
18. Моделирование параллельных процессов на основе просмотра активностей, составления расписаний. Примеры моделирования.
19. Моделирование параллельных процессов на основе транзактного и агрегатного способов. Примеры моделирования.
20. Моделирование параллельных процессов на основе процессорного способа. Пример моделирования.
21. Основные этапы исследования реальных систем на основе имитационного моделирования

22. Планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию. Стратегическое планирование.
23. Тактическое планирование порядка проведения экспериментов на модели.
24. Моделирование работы с материальными, информационными, денежными ресурсами.
25. Моделирование работы с денежными ресурсами. Моделирование пространственной динамики.
26. Основы объектно-ориентированного программирования.
27. Имитационное моделирование инвестиционных рисков. Общие понятия неопределённости и риска.
28. Критерии оценки инвестиционных проектов.

## **7 семестр**

### **Вопросы к экзамену:**

1. Понятие модели и моделирование. Имитационное моделирование.
2. Классификация видов моделирования.
3. Этапы имитационного моделирования.
4. Метод Монте-Карло.
5. Использование методов имитационного моделирования. Границы возможностей классических математических методов в экономике.
6. Имитация случайных величин и процессов. Требования к базовым датчикам случайных величин и их проверка.
7. Классификация систем массового обслуживания.
8. Показатели эффективности систем массового обслуживания.
9. Моделирование процессов обслуживания заявок в условиях отказов.
10. Виды представления времени в модели. Управление модельным временем.
11. Изменение модельного времени с постоянным шагом.
12. Изменение времени по особым состояниям.

13. Моделирование случайных величин (дискретных, непрерывных).
14. Моделирование случайных величин с равномерным распределением.  
Основные характеристики случайных величин с равномерным распределением.
15. Моделирование случайных величин с нормальным распределением.  
Основные характеристики случайных величин с нормальным распределением.
16. Моделирование случайных величин с усечённым нормальным распределением. Основные характеристики случайных величин с усечённым нормальным распределением.
17. Моделирование случайных величин с показательным распределением.  
Основные характеристики случайных величин с показательным распределением.
18. Моделирование параллельных процессов на основе просмотра активностей, составления расписаний. Примеры моделирования.
19. Моделирование параллельных процессов на основе транзактного и агрегатного способов. Примеры моделирования.
20. Моделирование параллельных процессов на основе процессорного способа. Пример моделирования.
21. Основные этапы исследования реальных систем на основе имитационного моделирования
22. Планирование машинных экспериментов по имитационному моделированию. Стратегическое планирование.
23. Тактическое планирование порядка проведения экспериментов на модели.
24. Моделирование работы с материальными, информационными, денежными ресурсами.
25. Моделирование работы с денежными ресурсами. Моделирование пространственной динамики.
26. Основы объектно-ориентированного программирования.

27. Имитационное моделирование инвестиционных рисков. Общие понятия неопределённости и риска.
28. Критерии оценки инвестиционных проектов.
29. Моделирование работы малого предприятия. Моделирование блока производственной деятельности, коммерческой деятельности.
30. Моделирование работы малого предприятия. Моделирование блока инновационной деятельности, формирования и распределения ресурсов.
31. Модели управления запасами. Классификация моделей. Детерминированные и вероятностные модели.
32. Особенности моделирования вероятностных однопродуктовых моделей управления запасами с разрывами цен.
33. Использование методов моделирования при оптимизации структуры сложных систем.
34. Основные понятия, применяемые при имитационном моделировании сложных систем.
35. Целевые функции и критерии, используемые для оценки экономической эффективности системы.
36. Многокритериальные целевые функции распределения ресурсов.
37. Имитационная модель территориального размещения предприятий.
38. Моделирование сложных систем. Моделирование СМО на примере банка с несколькими кассами.
39. Моделирование сложных систем. Пример моделирования производственной системы.
40. Моделирование сложных систем. Имитационное моделирование задач обслуживания станков.
41. Создание адекватных имитационных моделей. Методы верификации моделирующих программ.
42. Создание адекватных имитационных моделей. Методы валидации и повышения доверия к модели.

43. Анализ выходных данных для автономной системы. Переходное и установившееся поведение стохастического процесса.
44. Сравнение альтернативных конфигураций системы. Статистический анализ при переходном режиме моделирования
45. Сравнение альтернативных конфигураций системы. Статистический анализ установившихся параметров. Статистический анализ установившихся циклических параметров
46. Сравнение альтернативных конфигураций системы. Доверительные интервалы при сравнении двух систем
47. Сравнение альтернативных конфигураций системы. Доверительные интервалы при сравнении нескольких систем.
48. Сравнение альтернативных конфигураций системы. Ранжирование и выбор.
49. Моделирование случайных величин (дискретных, непрерывных).

### **Пример задания на расчетно-графическую работу**

#### **«Моделирование работы морского порта»**

В морском порту имеются два причала: старый и новый. У старого причала одновременно могут швартоваться два судна. Здесь работают два порталных крана, производящие разгрузку — погрузку судна за  $40 \pm 10$  ч. У нового причала имеется место для пяти судов. Здесь работают три крана, производящие разгрузку — погрузку за  $20 \pm 5$  ч. Суды прибывают в акваторию порта каждые  $5 \pm 3$  ч, причем около 40% из них составляют суда, имеющие приоритет в обслуживании. В ожидании места у причала судно бросает якорь на рейде. Для швартовки и отхода судна от причала требуется по 1 часу времени. Судам, имеющим приоритет в обслуживании, место у причала предоставляется в первую очередь. Разгрузку — погрузку судна всегда производит один кран.

Смоделировать процесс начала навигации в морском порту при условии, что в акваторию порта зашли 150 судов. Подсчитать число судов,

обслуженных на каждом причале, и зафиксировать максимальное количество судов на рейде. Определить среднее время ожидания места у причала отдельно для судов, имеющих и не имеющих приоритета в обслуживании, а также коэффициенты загрузки порталных кранов.

Оценить 90 % доверительный интервал, необходимое количество экспериментов. Построить график влияния на мат ожидание выходного параметра от количества проведенных экспериментов. Нарисовать блок схему, реализовать программу, отобразить результаты.

### **Тематика расчетно-графических работ и методические рекомендации по их выполнению:**

1. Моделирование работы СМО с различной логикой обслуживания требований.
2. Моделирование работы пункта химической чистки одежды
3. Моделирование работы железнодорожной товарной станции
4. Моделирование работы производственной системы обслуживания станков
5. Моделирование работы системы проката автомобилей
6. Моделирование работы библиотеки
7. Моделирование работы системы обслуживания станков
8. Моделирование системы обслуживания погрузочно-разгрузочных работ
9. Моделирование работы системы передачи информации

### **Требования к рейтинг-контролю**

#### **6 семестр**

Рейтинговый контроль проходит в 2 модуля, по результатам работ (рейтинговые контрольные, выполнение практических заданий) суммарно можно получить максимально 100 баллов. Задания на модульные контрольные включают 2 теоретических вопроса и 1 задачу.

#### 1 модуль

Контрольная работа по датчикам случайных величин – 12 баллов.

Рейтинговая контрольная работа – 25 баллов.

Написание программы на практических занятиях – 18 баллов.

#### 2 модуль

Рейтинговая контрольная работа – 25 баллов.

Написание программы на практических занятиях – 20 баллов.

### **7 семестр**

Рейтинговый контроль проходит в 2 модуля, по результатам работ (рейтинговые контрольные, выполнение практических заданий, выступление с докладами, выполнение расчетно-графической работы) суммарно можно получить максимально 60 баллов. Задания на модульные контрольные включают 2 теоретических вопроса и 1 задачу. Выступление с докладом на самостоятельно выбранную тему или из перечня тем докладов оценивается в 10 баллов. Выполнение расчетно-графической работы оценивается в 14 баллов.

#### 1 модуль

Рейтинговая контрольная работа – 10 баллов.

Выступление с докладом – 10 баллов.

Написание программы на практических занятиях – 5 баллов.

#### 2 модуль

Рейтинговая контрольная работа – 10 баллов.

Контрольная работа по датчикам случайных величин – 6 баллов.

Написание программы на практических занятиях – 5 баллов.

Выполнение расчетно-графической работы – 14 баллов.

### **Изданные пособия:**

1. Багрова И.А., Шахпаронян А.П. Имитационное моделирование. Учебное пособие. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. – Ч.1., 160с.

2. Багрова И.А., Шахпаронян А.П. Имитационное моделирование. Учебное пособие . – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014. – Ч.2., 96с.

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

Студенты, изучающие данную дисциплину, обеспечены компьютерным оборудованием, необходимым для выполнения практических работ. Компьютерные классы имеют выход в глобальную сеть Интернет. Лекции проходят в мультимедийных аудиториях, оснащенных проекционным оборудованием.

|                                                                                  |                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Учебная аудитория № 318 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35) | Набор учебной мебели, экран, проектор. |
|                                                                                  |                                        |

## **Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

| № п.п. | Обновленный раздел рабочей программы дисциплины                                                                                                        | Описание внесенных изменений               | Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1.     | 3. Объем дисциплины                                                                                                                                    | Выделение часов на практическую подготовку | От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета |
| 2.     | II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий | Выделение часов на практическую подготовку | От 29.10.2020 года, протокол № 3 ученого совета факультета |

|    |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                           |                                                                     |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 3. | 3. Объем дисциплины.<br>II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий | Изменения в учебные планы и обновление рабочих программ практик, рабочих программ дисциплин в части включения часов практической подготовки.                              | Решение научно-методического совета (протокол №1 от 09.09.2020 г.). |
| 4. | 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы                                                  | Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. №1456.  | Решение научно-методического совета (протокол №6 от 02.06.2021 г.)  |
| 5  | I. Аннотация. IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации                                                                                        | Изменения в учебные планы и в рабочие программы дисциплин, формирующих новые/ измененные компетенции в соответствии с приказом Минобрнауки России от 26.11.2020 г. № 1456 | Протокол № 7 заседания ученого совета от 30.12.2021 года            |
| 6  | V. Учебно-методическое и информационное обеспечение, необходимое для проведения практики<br>2) Программное обеспечение                                                         | Внесены изменения в программное обеспечение                                                                                                                               | От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета          |
| 7  | VII. Материально-техническое обеспечение                                                                                                                                       | Внесены изменения в материально-техническое                                                                                                                               | От 29.09.2022 года, протокол № 2 ученого совета факультета          |

|   |                                              |                                                                                |                                                                             |
|---|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|   |                                              | обеспечение<br>аудиторий                                                       |                                                                             |
| 8 | VII. Материально-<br>техническое обеспечение | Внесены изменения в<br>материально-<br>техническое<br>обеспечение<br>аудиторий | От 22.08.2023 г.,<br>протокол № 1<br>заседания ученого<br>совета факультета |