

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности



А.А.Панфилов

« 25 » 02 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 09.03.01 “Информатика и вычислительная техника”

Профиль/программа подготовки Высокопроизводительные и распределенные вычисления

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения Очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
6	5 / 180	36	18	18	72	экзамен/36
Итого	5 / 180	36	18	18	72	экзамен/36

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Моделирование» является изучение и овладение студентами математического моделирования, необходимого при проектировании и исследовании технических объектов и технологических процессов.

Достижение данной цели предполагает решение **следующих задач**:

- ознакомление с общими подходами к анализу и моделированию технических объектов и технологических процессов, с имитационными моделями в системах массового обслуживания, с принципами событийного моделирования, способами генерации случайных чисел по различным законам распределения, с моделями и алгоритмами сетей Петри;
- изучение математических моделей объектов на микро-, макро- и мета-уровнях, в символах систем массового обслуживания, в символах сетей Петри;
- овладение умениями и навыками работы с программными системами моделирования вычислительных систем и узлов, способами математического описания вычислительных узлов, электронных компонентов и электронных схем ЭВМ, работать с технической и справочной литературой.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина Моделирование относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Пререквизиты дисциплины: «Математика», «Введение в специальность», «Электроника и схемотехника», «Численные методы», «Схемотехническое проектирование средств вычислительной техники», и «Основы автоматизации проектирования».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-9	Частичное освоение	Обучающийся должен: <b>ЗНАТЬ:</b> общие подходы к анализу и моделированию технических объектов и технологических процессов, имитационные модели в системах массового обслуживания. <b>УМЕТЬ:</b> составлять математические модели объектов на микро-, макро- и мета-уровнях, составлять математические модели объектов. <b>ВЛАДЕТЬ:</b> принципами аналитического моделирования, навыками работы с программными системами моделирования вычислительных систем и узлов.
ПК-4	Частичное освоение	Обучающийся должен: <b>ЗНАТЬ:</b> принципы событийного моделирования, способы генерации случайных чисел по различным законам распределения. <b>УМЕТЬ:</b> описывать технические объекты в символах систем массового обслуживания, разрабатывать

		<p>программы по генерации случайных чисел.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> способами математического описания вычислительных узлов, электронных компонентов и электронных схем ЭВМ профессиональными инженерными программными продуктами.</p>
--	--	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Общие сведения о моделировании	6	1	2	2	-	8	2 / 50	
2	Имитационные модели ВС на основе систем массового обслуживания (СМО)	6	2-3	4	2	2	8	2 / 25	
3	Событийное моделирование в СМО	6	4-5	6	2	2	8	2 / 20	
4	Генераторы случайных чисел и моделирование произвольных законов распределения	6	6-7	4	2	2	8	2 / 25	Рейтинг-контроль 1
5	Обработка и анализ результатов моделирования	6	8-10	4	2	2	8	2 / 25	
6	Анализ и интерпретация результатов моделирования	6	11-14	4	2	2	8	2 / 25	Рейтинг-контроль 2
7	Общие сведения о сетях Петри, примеры сетей Петри	6	15-16	4	2	2	8	2 / 25	
8	Виды и свойства сетей Петри	6	17	4	2	2	8	2 / 25	
9	Цепи Маркова	6	18	4	2	4	8	2 / 20	Рейтинг-контроль 3
Всего за <u>6</u> семестр:				36	18	18	72	18 / 25	Экзамен/36
Наличие в дисциплине КП/КР									нет
Всего по дисциплине				36	18	18	72	18 / 25	Экзамен/36

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Общие сведения о моделировании.

Основные определения теории моделирования: объект моделирования, гипотеза, аналогия, модель, моделирование, теория моделирования, анализ, синтез, верификация, аналитическое и математическое моделирование.

Раздел 2. Имитационные модели ВС на основе систем массового обслуживания (СМО).

Классификация математических моделей. Модели на микро-уровне. Модели на макро-уровне. Модели на мета-уровне. Методика получения моделей элементов. Требования к математическим моделям. Задачи и особенности моделирования вычислительных систем на мета-уровне. Краткие сведения о СМО. Схема имитационного моделирования. Модели элементов ВС в СМО.

Раздел 3. Событийное моделирование в СМО.

Организация моделирования в СМО. Потактовое моделирование. Событийное моделирование. Основные принципы работы имитационных моделей.

Раздел 4. Генераторы случайных чисел и моделирование произвольных законов распределения.

Генераторы случайных сигналов, способы генерации случайных чисел. Моделирование случайных чисел с заданным законом распределения. Табличный и программные способы получения случайных чисел на ЭВМ. Моделирование равномерных и нормальных распределений. Моделирование дискретных распределений. Моделирование произвольных законов распределений. Моделирование потоков событий.

Раздел 5. Обработка и анализ результатов моделирования.

Языки имитационного моделирования. Классификация языков моделирования. Особенности языков. Организация языков моделирования. Языки ориентированные на события, процессы и устройства. Планирование машинного эксперимента. Выбор начальных условий, обеспечение точности и достоверности моделирования.

Раздел 6. Анализ и интерпретация результатов моделирования.

Обработка и анализ результатов моделирования. Требования к качеству оценок. Соотношения для расчета оценок случайных характеристик. Корреляционный и регрессионный анализ. Аналитическое моделирование. Классификация вероятностных систем, событий и потоков. Пример аналитического моделирования простейших СМО. Ограничения и области применения аналитического моделирования.

Раздел 7. Общие сведения о сетях Петри, примеры сетей Петри.

Сети Петри, определения и пример моделирования простейшей ВС.

Раздел 8. Виды и свойства сетей Петри.

Виды и свойства сетей Петри. Примеры моделей многоуровневых ВС на основе сетей Петри.

Раздел 9. Цепи Маркова.

Цепи Маркова. Марковские процессы. Применение.

## Содержание практических занятий по дисциплине

Изучение материала курса реализуется в виде лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы студентов. На практических занятиях преподавателем задается одна из тем в области современных численных методов и в интерактивной форме со студентами проводится обсуждение данной проблемы. На большинстве практических занятиях преподавателем заранее задается тематика следующих практических занятий. В этом случае студенты готовят сообщение (самостоятельная работа), а на практических занятиях идет групповое интерактивное

обсуждение, где преподаватель направляет тематику обсуждения в русло передовых технологий на данный момент времени. Каждое практическое занятие чаще всего включает две части, первая имеет форму семинарских занятий, а вторая - форму круглого стола, на котором тема занятия обсуждается в виде дискуссии.

Темы практических занятий:

1. Общие сведения по языку и системе моделирования GPSS.
2. Основные операторы языка GPSS. Часть 1.
3. Основные операторы языка GPSS. Часть 2.
4. Одноканальные вычислительные системы. Решение задач.
5. Операторы Storage, Gate, Enter, Leave.
6. Многоканальные системы. Решение задач.
7. Операторы цикла. Решение задач. Часть 1.
8. Операторы цикла. Решение задач. Часть 2.
9. Операторы описания переменных и функций.
10. Примеры моделирования систем с приоритетами.
11. Стандартные числовые атрибуты.
12. Примеры моделирования сложных вычислительных систем.
13. Моделирование сложных вычислительных систем. Часть 1.
14. Моделирование сложных вычислительных систем. Часть 2.
15. Моделирование сложных вычислительных систем. Часть 3.
16. Примеры моделирования сетей Петри. Часть 1.
17. Примеры моделирования сетей Петри. Часть 2.
18. Итоговое занятие.

## Содержание лабораторных занятий по дисциплине

На лабораторных работах студенты закрепляют теоретические знания при работе с инструментальными средствами на ЭВМ. Темы лабораторных работ:

1. Моделирование одноканальных беспriorитетных систем
2. Моделирование многоканальных систем
3. Моделирование сложных вычислительных систем
4. Моделирование с помощью сетей Петри

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Моделирование» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (раздел 4);*
- *Групповая дискуссия (тема № 1, 2 и 3 практических занятий);*
- *Ролевые игры (тема № 5 практических занятий);*
- *Разбор конкретных ситуаций (тема № 1, 2 и 6 практических занятий).*

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 6.1. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля

#### Вопросы рейтинга-контроля № 1

1. Дать определение понятию "гипотеза".
2. Дать определение понятию "аналогия".
3. Дать определение понятию "моделирование".
4. Что такое "аналитическое моделирование".
5. Что такое "математическое моделирование".
6. Перечислить преимущества математического моделирования перед физическим макетированием.
7. Что такое "детерминированное моделирование".
8. Что такое "стохастическое моделирование".
9. Что такое "статическое моделирование".
10. Что такое "динамическое моделирование".
11. Что такое "дискретное моделирование".
12. Что такое "непрерывное моделирование".
13. Что такое "непрерывно-дискретное моделирование".
14. Записать общее математическое выражение модели и назначение приведенных переменных.
15. Перечислить по каким признакам классифицируются модели.
16. Классификация моделей по характеру отображаемых свойств.
17. Классификация моделей по принадлежности к иерархическому уровню.
18. Классификация моделей по степени детализации описания внутри одного уровня.
19. Классификация моделей по способу представления свойств объекта.
20. Что отображает структурная математическая модель и как представляется.
21. Что отображает функциональная математическая модель и как представляется.
22. Что отображает модель на микроуровне, какими уравнениями описывается.
23. Что отображает модель на макроуровне, какими уравнениями описывается.
24. Что отображает модель на метауровне, какими методами исследуется.
25. Что такое полная модель и что такое макромодель.
26. Перечислить основные процедуры получения математических моделей компонентов.
27. Нарисовать обобщенную схему процесса моделирования.
28. Перечислить задачи системного уровня моделирования.
29. Перечислить особенности системного уровня моделирования.
30. Что такое "системы массового обслуживания".
31. Перечислить основные элементы и понятия систем массового обслуживания с краткими определениями.
32. Что такое "дисциплина обслуживания" и привести примеры.
33. Нарисовать схему имитационного моделирования.
34. Что такое "модель источника входного потока заявок".
35. Что такое "модель устройства" в СМО.
36. Что такое "модель памяти" в СМО.
37. Что такое "модель узла" в СМО.
38. Назвать два способа организации имитационного моделирования.
39. Перечислить достоинства и недостатки потактового моделирования.
40. Что такое "событийное моделирование", основные идеи.
41. Перечислить достоинства и недостатки событийного моделирования.
42. Что является исходными данными для систем имитационного моделирования.
43. Перечислить и дать основные определения характеристикам (результатам) имитационного моделирования.
44. Какие способы существуют для окончания моделирования при имитационном моделировании.
45. Перечислить основные базовые модули программного обеспечения систем имитационного моделирования.
46. Перечислить и дать краткую характеристику основных этапов работы программного обеспечения систем имитационного моделирования

1. Перечислить способы генерации случайных чисел.
2. Дать характеристику и перечислить достоинства и недостатки аппаратного способа генерации случайных чисел.
3. Дать характеристику и перечислить достоинства и недостатки табличного способа генерации случайных чисел.
4. Дать характеристику и перечислить достоинства и недостатки программного способа генерации случайных чисел.
5. Как можно убедиться в правильности генерации случайных чисел программным способом.
6. При генерации большинства законов распределения, какой закон распределения берется в качестве базового и с какими параметрами.
7. Записать основное выражение и изобразить графически равномерный закон генерации случайных чисел.
8. На чем основан принцип генерации случайных чисел по нормальному закону распределения, дать определение, основное выражение и графическое отображение.
9. В чем суть метода обратной функции генерации случайных чисел по произвольному закону распределения.
10. Перечислить достоинства и недостатки метода обратной функции при генерации случайных чисел с произвольным законом распределения.
11. В чем суть метода Неймана для генерации случайных чисел по произвольному закону распределения.
12. Перечислить достоинства и недостатки метода Неймана при генерации случайных чисел с произвольным законом распределения.
13. Особенности подготовки задания на языках имитационного моделирования.
14. Классификация языков моделирования.
15. Достоинства и недостатки языков имитационного моделирования (общецелевых и языков на основе расширения алгоритмических).
16. Пример подготовки модели ВС (три АРМ, коммутатор и ЦВК), фрагмент одного АРМ (рисунок и алгоритм).
17. Аналитическое моделирование, классификация вероятностных потоков.
18. Аналитическое моделирование, классификация систем.
19. Ограничения и области применения аналитического моделирования.
20. Пример аналитического моделирования простейшей СМО (основные описывающие уравнения).
21. Пример аналитического моделирования простейшей СМО (последовательность решения основных описывающих уравнений).
22. Планирование машинного эксперимента (выбор начальных условий), способы решения, достоинства и недостатки.
23. Планирование машинного эксперимента (обеспечение точности), постановка проблемы и примерные соотношения между числом экспериментов и точностью.
24. Особенности обработки и анализа результатов моделирования.
25. Привести удобные для программной реализации методы оценки распределений и их параметров.
26. Привести требования к качеству оценок, полученных в результате статистической обработки результатов моделирования.
27. Корреляционный анализ, назначение и примеры.
28. Регрессионный анализ, назначение и алгоритм получения модели.
29. Пример определения вероятности безотказной работы системы.

### **Вопросы рейтинга-контроля №3**

1. Сети Петри – основные элементы.
2. Сети Петри – правила срабатывания переходов (словесно).
3. Что такое маркировка (разметка) позиций и сети Петри, как она применяется при моделировании.
4. Нарисовать сеть Петри для любого примера и привести изменения вектора маркировок при последовательном срабатывании переходов.

5. Перечислить виды сетей Петри.
6. Чем характеризуется временная и стохастическая сети Петри.
7. Чем характеризуется функциональная сеть Петри.
8. Чем характеризуется ингибиторная и иерархическая сети Петри.
9. Перечислить свойства сетей Петри.
10. Что характеризует свойство сетей Петри – ограниченность или K-ограниченность.
11. Что характеризует свойство сетей Петри – безопасность.
12. Что характеризует свойство сетей Петри – сохраняемость.
13. Что характеризует свойство сетей Петри – достижимость.
14. Что характеризует свойство сетей Петри – живость.
15. Что такое граф достижимости, небольшой пример.
16. Поясните, на чем основывается применение сетей Петри для защиты программ.
17. Нарисовать фрагмент сети Петри для примера двухуровневой ВС.
18. Дать определение Марковского процесса.
19. В чем отличие цепей Маркова с дискретным и непрерывным временем
20. Что такое матрица переходов цепи Маркова и ее элементы
21. Записать формулу «равенства Маркова» и обозначить переменные этой функции
22. Цепи Маркова. Привести матрицу перехода (любую) и нарисовать соответствующий граф состояний.
23. Перечислить три состояния Цепи Маркова.
24. Назвать три основные области применения Цепей Маркова.
25. Привести пример графа достижимости.
26. Сети Петри – правила срабатывания переходов (математически).
27. Дать определение цепи Маркова.
28. Чем характеризуется цветная сеть Петри.

## 6.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### Вопросы экзамена

1. Основные определения (аналогия, моделирование, аналитическое и численное моделирование и т.д.).
2. Классификация математических моделей.
3. Классификация моделей по принадлежности к иерархическому уровню.
4. Методика получения математических моделей элементов.
5. Обобщенная схема процесса моделирования.
6. Задачи и особенности системного уровня моделирования.
7. Краткие сведения по СМО.
8. Схема имитационного моделирования.
9. Модели элементов ВС в СМО.
10. Организация моделирования (потактовое и событийное моделирование).
11. Пример изменения списка будущих событий.
12. Основные принципы работы имитационных моделей.
13. Организация программного обеспечения систем имитационного моделирования.
14. Генераторы случайных чисел (общие сведения).
15. Моделирование равномерных и нормальных распределений.
16. Моделирование произвольного закона распределения.
17. Языки имитационного моделирования (особенности, классификация).
18. Пример моделирования двухуровневой ВС (три АРМ, коммутатор и сервер) с помощью сетевой имитационной модели.
19. Аналитическое моделирование, классификация вероятностных систем, событий и потоков.
20. Ограничения и области применения аналитического моделирования, пример определения вероятности безотказной работы системы.
21. Пример аналитического моделирования простейшей СМО.
22. Планирование машинного эксперимента (выбор начальных условий).



23. Планирование машинного эксперимента (обеспечение точности).
24. Обработка и анализ результатов моделирования
25. Корреляционный и регрессионный анализ.
26. Сети Петри, определения, основные элементы, правила срабатывания переходов. Примеры изменения вектора маркировок при последовательном срабатывании переходов.
27. Виды сетей Петри.
28. Свойства сетей Петри.
29. Сети Петри, пример модели для защиты программ.
30. Сети Петри, пример модели трех АРМ и сервера.
31. Цепи Маркова. Основные определения.
32. Цепи Маркова. Пример решения задач и области применений.

### 6.3 Самостоятельная работа студентов

Целью самостоятельной работы являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Темы для самостоятельной работы:

1. Классификация математических моделей.
2. Классификация моделей по принадлежности к иерархическому уровню.
3. Схема имитационного моделирования.
4. Модели элементов ВС в СМО.
5. Организация моделирования (потактовое и событийное моделирование).
6. Генераторы случайных чисел (общие сведения).
7. Ограничения и области применения аналитического моделирования, пример определения вероятности безотказной работы системы.
8. Пример аналитического моделирования простейшей СМО.
9. Планирование машинного эксперимента (выбор начальных условий).
10. Корреляционный и регрессионный анализ.
11. Виды сетей Петри.
12. Свойства сетей Петри.
13. Цепи Маркова.

*Приводятся виды самостоятельной работы обучающегося, порядок их выполнения и контроля, дается учебно-методическое обеспечение (возможно в виде ссылок) самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.*

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта/ Н. В. Голубева. - Санкт-Петербург: Лань. 2013 -	2013	5	

191 с.			
2. Математическое моделирование многоагентных систем конкуренции и кооперации (Теория игр для всех): учебное пособие/ В. Н. Колокольцов, О. А. Малафеев. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 622 с.	2012	5	
3. Теория эволюционных вычислений: [научное издание]/ В. В. Курейчик, В. М. Курейчик, С. И. Родзин. - Москва: Физматлит, 2012. - 260 с.	2010	5	
Дополнительная литература			
4. Моделирование 3D наносхемотехники / Н. К. Трубочкина. - Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2012. - 499 с.	2012	6	
5. Компьютерное моделирование физических систем : учебное пособие / Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка .— Долгопрудный : 2011. Интеллект.— 349 с.	2011	6	
6. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab: учебное пособие / С. В. Поршнев. - Изд. 2-е, испр.. - Москва: Лань 2011. - 726 с.	2011	5	

## 7.2. Периодические издания

Доступ по подписке к журналам ассоциации IEEE – <http://www.ieee.org>

## 7.3. Интернет-ресурсы

Доступ по подписке к электронным версиям журналов ассоциации IEEE – <http://www.ieee.org>

## 7.4. Электронные средства обучения

Набор слайдов (Моделирование. В двух частях / Комплект из более 220 слайдов. Составитель В.Н. Ланцов. – Владимир: ВлГУ, 2020).

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.*

Практические и лабораторные занятия проводятся в лаборатории (компьютерном классе) – 412-2.

Используется лицензионное программное обеспечение – система Advance Design Systems (ADS).

Рабочую программу составил профессор кафедры ВТиСУ Ланцов В.Н.

Рецензент  
(представитель работодателя) [подпись] Генеральный директор ООО «Диagramма»  
Протягов И.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ  
Протокол № 6 от 25.02.2021 года  
Заведующий кафедрой ВТ и СУ [подпись] Ланцов В.Н.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 09.03.01  
Протокол № 2 от 25.02.2021 года  
Председатель комиссии [подпись] Ланцов В.Н.  
(ФИО, подпись)