

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
К.С. Хорьков  
2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**направление подготовки / специальность**

01.03.02 Прикладная математика и информатика  
(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Математическое и компьютерное моделирование, программирование и системный анализ  
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Имитационное моделирование» – дать студентам современные теоретические знания в области методов имитационного моделирования и развить практические навыки построения моделей реальных экономических, социальных и производственно-технологических систем для проведения собственных научных исследований в финансово-экономической сфере и формирования, навыков принятия и реализации управленческих решений.

В ходе изучения реальных систем исследователям приходится сталкиваться с совокупностью проблем, связанных с необходимостью выделения системы из среды, ее формального описания, определения механизмов взаимодействия частей системы между собой и системы с внешней средой, выбора или разработки оптимального алгоритма управления, оптимального проектирования. Одновременное использование теоретических и экспериментальных подходов к моделированию функционирования реальной системы обеспечивают большую эффективность решения задач управления и повышают обоснованность полученных результатов. Вместе с тем, внедрение теоретических результатов без опытной проверки на практике может привести к негативным последствиям, связанным с получением недостоверных результатов. Все это говорит о необходимости экспериментальной проверки разрабатываемых теоретических моделей и гипотез.

В области управления сложными организационными системами, к которым относятся экономические, социальные и производственно-технологические, опыта проведения натуральных экспериментов не существует. Более того, проведение экспериментов над реальными системами может быть недопустимо по моральным или этическим соображениям или из-за больших финансовых затрат, связанных с их осуществлением.

На современном этапе одним из наиболее важных и полезных орудий анализа структуры сложных процессов и систем является имитационное моделирование. Оно дает возможность пользователю экспериментировать с системами (существующими или предлагаемыми) в тех случаях, когда делать это на реальном объекте практически невозможно или нецелесообразно, позволяет узнать данные о состоянии системы или отдельных ее элементов в определенные моменты времени.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к дисциплинам обязательным дисциплинам блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знает принципы использования фундаментальных знаний, полученных в области математических и (или) естественных наук. ОПК-1.2. Умеет использовать базовые знания из области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. ОПК-1.3. Владеет навыками выбора методов решения задач профессиональной	Знать: – базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук. Уметь: – использовать базовые знания из области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности. Владеть: – навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

	деятельности на основе теоретических знаний.		
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знает математические основы, основные положения и концепции в области программирования. ОПК-2.1. Умеет осуществлять обоснованный выбор математических и компьютерных методов, а также необходимого программного обеспечения при решении задач профессиональной деятельности. ОПК-2.3. Владеет навыками применения математических и компьютерных методов и программного обеспечения при решении конкретных задач.	Знать: – расширенные знания в области математики; – математические основы, основные положения и концепции в области программирования; – архитектура языков программирования; – основная терминология в области программного обеспечения. Уметь: – осуществлять обоснованный выбор математических и компьютерных методов, а также необходимого программного обеспечения при решении задач профессиональной деятельности. Владеть: – навыками применения данных методов и программного обеспечения при решении конкретных задач.	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знает принципы математического моделирования, типовые (универсальные) математические модели, формулы, теоремы и методы, используемые в широком наборе областей применения прикладной математики. ОПК-3.2. Умеет осуществлять обоснованный выбор адекватных поставленной задаче базовых математических моделей, модифицировать базовые и (или) разрабатывать оригинальные математические модели в соответствии с особенностями поставленной задачи моделирования. ОПК-3.3. Владеет навыками выполнения математического моделирования от анализа постановки задачи до анализа результатов.	Знать: – принципы математического моделирования; – типовые (универсальные) математические модели, формулы, теоремы и методы, используемые в широком наборе областей применения прикладной математики. Уметь: – осуществлять обоснованный выбор адекватных поставленной задаче базовых математических моделей; – модифицировать базовые и (или) разрабатывать оригинальные математические модели в соответствии со спецификой поставленной задачи моделирования. Владеть: – навыками выполнения математического моделирования от анализа постановки задачи до анализа результатов.	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

##### Тематический план, форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической		
1	Общие принципы моделирования и прогнозирования, математическая постановка задачи моделирования и прогнозирования.	7	1-4	4	–	2	4	16	



2	Экстраполяционные методы прогнозирования параметров системы. Многофакторное моделирование.	7	5-10	6	–	8	8	24	Рейтинг-контроль №1
3	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей. Концепция универсальной системы имитационного моделирования.	7	11-12	2	–	–	2	12	Рейтинг-контроль №2
4	Системная динамика как способ имитационного моделирования и прогнозирования социально-экономических параметров.	7	13-18	6	–	8	8	20	Рейтинг-контроль №3
Всего за 7 семестр:		7	18	18	–	18	18	72	зачёт
Наличие в дисциплине КП/КР		–	–	–	–	–	–	–	–
Итого по дисциплине		–	–	18	–	18	–	72	зачёт

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Общие принципы моделирования и прогнозирования, математическая постановка задачи моделирования и прогнозирования.

- Математические подходы к прогнозированию. Понятие «Модель». (2 часа).
- Требования, предъявляемые к модели. Функции модели. Классификация моделей. Примеры моделей. (2 часа).

#### Раздел 2. Экстраполяционные методы прогнозирования параметров системы. Многофакторное моделирование.

- Предварительные понятия и определения. Прогнозирование неизвестных значений зависимой переменной. Прогнозирование с помощью методов экстраполяции. Модель Брауна. Модель Хольта-Уинтерса. (2 часа).
- Оценка параметров линейной многофакторной модели. Построение линейной многофакторной регрессионной модели. (2 часа).
- Процедура отбора значимых факторов линейной многофакторной модели. Оценка адекватности модели. (2 часа).

#### Раздел 3. Основные методологические подходы к построению имитационных моделей. Концепция универсальной системы имитационного моделирования.

- Понятие имитационного моделирования. Преимущества и недостатки имитационного моделирования. Процесс имитационного моделирования. Концепция универсальной системы имитационного моделирования. (2 часа).

#### Раздел 4. Системная динамика как способ имитационного моделирования и прогнозирования социально-экономических параметров.

- Предпосылки и ограничения. Системная динамика. Базовые принципы системной динамики. (2 часа).
- Преобразование системно-динамической модели к системе ОДУ. (2 часа).

### Содержание лабораторных занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Общие принципы моделирования и прогнозирования, математическая постановка задачи моделирования и прогнозирования.

- Построение модели банковских потоков (2 часа).

#### Раздел 2. Экстраполяционные методы прогнозирования параметров системы. Многофакторное моделирование.

- Прогнозирование уровня цен на ГСМ с помощью линейной модели Брауна. (2 часа).
- Прогнозирование уровня налоговых доходов с применением модели Хольта-Уинтерса. (2 часа).
- Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов и проверка адекватности модели. (4 часа).

**Раздел 4. Системная динамика как способ имитационного моделирования и прогнозирования социально-экономических параметров.**

– Моделирование производственного процесса: построение имитационной модели; преобразование имитационной модели к системе ОДУ. (6 часов).

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

**5.1. Текущий контроль успеваемости**

**Контрольные вопросы к рейтинг-контролю №1**

**Вариант 1**

**Вопрос 1.** Объект, система и модель. Объясните, чем эти понятия отличаются друг от друга.

**Вопрос 2.** В приведенном списке цифрами, в правильном порядке отметьте этапы, которые предусмотрены для разработки и реализации имитационной модели.

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Определение границ системы          | <input type="checkbox"/> Морфологическое описание системы          |
| <input type="checkbox"/> Опрос экспертов                     | <input type="checkbox"/> Анализ (интерпретация) результатов        |
| <input type="checkbox"/> Разработка эскизного проекта        | <input type="checkbox"/> Оценка адекватности модели                |
| <input type="checkbox"/> Планирование машинных экспериментов | <input type="checkbox"/> Оформление концы-й схемы в виде диаграммы |

**Вопрос 3.** Дана модель некоторого объекта. Перечислены классы моделей. Определите, верно ли идентифицирована принадлежность модели тому или иному классу. Поясните ответ.

Модель	Трехмерная модель музея, реализованная на ЭВМ. С помощью нее можно «пройтись» по помещениям, посмотреть на экспонаты.			Пояснение
Класс моделей	Выбор			
	да	да/нет	нет	
геометрическая				
физическая				
материальная				
функциональная				
статическая				
математическая				
компьютерная				

**Вариант 2**

**Вопрос 1.** Перечислите требования, предъявляемые к модели. Перечислите функции модели.

**Вопрос 2.** В приведенном списке цифрами, в правильном порядке, отметьте этапы, которые предусмотрены для разработки и реализации универсальной имитационной модели.

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Документирование и реализация модели | <input type="checkbox"/> Выработка критериев точности модели   |
| <input type="checkbox"/> Разработка концептуальной схемы      | <input type="checkbox"/> Оценка адекватности модели            |
| <input type="checkbox"/> Разработка технического задания      | <input type="checkbox"/> Трансляция модели                     |
| <input type="checkbox"/> Проведение эксперимента              | <input type="checkbox"/> Разработка элементарных блоков модели |

**Вопрос 3.** Дана модель некоторого объекта. Перечислены классы моделей. Определите, верно ли идентифицирована принадлежность модели тому или иному классу. Поясните ответ.

Модель	Электронная географическая карта Владимирской области			Пояснение
Класс моделей	Выбор			
	да	да/нет	нет	
геометрическая				
биологическая				
материальная				
структурная				
статическая				
стохастическая				
компьютерная				

**Контрольные вопросы к рейтинг-контролю № 2**

**Вариант 1**

**Задача 1.** В таблице приведены значения параметра  $u$  и пяти факторов.



t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. зн.
Y	129	207	172	230	215	345	331	340	292	372	416	402	287,58
x <sub>1</sub>	49	78	84	94	65	99	111	142	103	189	152	181	112,25
x <sub>2</sub>	9	18	31	34	28	27	32	114	42	45	78	95	46,08
x <sub>3</sub>	12	14	16	18	7	8	9	12	12	11	12	12	11,92
x <sub>4</sub>	94	134	135	143	103	57	42	54	43	429	287	367	157,33
x <sub>5</sub>	150	300	180	230	215	345	331	350	292	372	420	450	302,92

Ниже приведена матрица корреляций между факторами и между факторами и зависимой переменной. Заполните данную матрицу недостающими значениями.

	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	y
x <sub>1</sub>	1	0,73	-0,05	0,75	0,86	0,88
x <sub>2</sub>		1	0,02	0,33		0,70
x <sub>3</sub>			1	0,12	-0,25	-0,32
x <sub>4</sub>				1	0,53	0,48
x <sub>5</sub>					1	0,96

Предложите исключить факторы путем их анализа на мультиколлинеарность и тесноты связи с зависимой переменной:

порог коллинеарности факторов 0,9;

порог тесноты связей между ними и параметром 0,5.

Факторы, которые Вы предлагаете исключить? Почему Вы предлагаете их исключить?

**Задача 2.** Дана многофакторная модель

$$y = 371,39x_1 + 1038,13x_2 - 34711,61,$$

которая построена при следующих значениях параметра  $y$  и факторов  $x_1$  и  $x_2$ :

t	1	2	3	4	Стандартное отклонение
y	5346	7258	9319	9634	1996,24
x <sub>1</sub>	32	35	37	41,2	3,86
x <sub>2</sub>	27,2	27,8	29,2	28	0,84

Каково количество степеней свободы  $f_1$  и  $f_2$  для F-статистики при оценке адекватности модели?

Определите насколько процентов увеличиться параметр  $y$ , если изолированно увеличить на один процент значение  $x_1$  и  $x_2$  соответственно.

Вычислите меры вариаций факторов.

**Задача 3.** Поясните, что такое остаточная дисперсия отклика?

### Вариант 2

**Задача 1.** В таблице приведены значения параметра  $y$  и пяти факторов.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. зн.
y	129	207	172	230	215	345	331	340	292	372	416	402	287,58
x <sub>1</sub>	49	78	84	94	65	99	111	142	103	189	152	181	112,25
x <sub>2</sub>	9	18	31	34	28	27	32	114	42	45	78	95	46,08
x <sub>3</sub>	12	14	16	18	7	8	9	12	12	11	12	12	11,92
x <sub>4</sub>	94	134	135	143	103	57	42	54	43	429	287	367	157,33
x <sub>5</sub>	150	300	180	230	215	345	331	350	292	372	420	450	302,92

Ниже приведена матрица корреляций между факторами и между факторами и зависимой переменной. Заполните данную матрицу недостающими значениями.

	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	y
x <sub>1</sub>	1	0,73	-0,05	0,75	0,86	0,88
x <sub>2</sub>		1	0,02	0,33		0,70
x <sub>3</sub>			1	0,12	-0,25	-0,32
x <sub>4</sub>				1	0,53	0,48
x <sub>5</sub>					1	0,96

Предложите исключить факторы путем их анализа на мультиколлинеарность и тесноты связи с зависимой переменной:

порог коллинеарности факторов 0,9;

порог тесноты связей между ними и параметром 0,5.

Факторы, которые Вы предлагаете исключить?

Почему Вы предлагаете их исключить? Ответ запишите ниже в прямоугольнике.

**Задача 2.** Дана многофакторная модель

$$y = 371,39x_1 + 1038,13x_2 - 34711,61,$$

которая построена при следующих значениях параметра  $y$  и факторов  $x_1$  и  $x_2$ :

t	1	2	3	4	Стандартное отклонение
y	5346	7258	9319	9634	1996,24
x <sub>1</sub>	32	35	37	41,2	3,86
x <sub>2</sub>	27,2	27,8	29,2	28	0,84

Каково количество степеней свободы  $f_1$  и  $f_2$  для F-статистики при оценке адекватности модели? Ответ:

Определите насколько процентов увеличиться параметр  $y$ , если изолированно увеличить на один процент значение  $x_1$  и  $x_2$  соответственно.

Вычислите меры вариаций факторов.

**Задача 3.** Поясните, что такое остаточная дисперсия отклика?

### Контрольные вопросы к рейтинг-контролю №3

#### Вариант 1

**Вопрос 1.** К какому (каким) принципу системной динамики относится следующее выражение: «Темпы определяют величину уровней, а те, в свою очередь, влияют на темпы. Этим объясняется нетривиальное поведение сложной системы».

- К принципу фондовых потоков.
- К принципу обратных связей.
- К принципу нелинейности.
- К принципу прагматизма.
- Ни к одному из вышеперечисленных.
- Другой ответ.

**Вопрос 2.** Нарисуйте SADT диаграмму, описывающую процесс обучения студента заданной дисциплине в течение семестра (со сдачей зачета и экзамена). В диаграмме должны присутствовать следующие блоки: «Посетить занятия», «Выполнить промежуточные мероприятия», «Сдать зачет», «Подготовиться к экзамену», «Сдать экзамен». В диаграмме предусмотреть случай, когда студент на экзамене получает неудовлетворительную оценку и идет на пересдачу.

**Вопрос 3.** В областной бюджет (начальное значение которого равно 100000 тыс. руб.) ежемесячно поступают доходы по 4-м видам основных налогов. Уровень поступления в каждом месяце представляет собой случайную величину с математическим ожиданием  $\nu_i, i = \overline{1,4}$  тыс. руб. и дисперсией  $\sigma_i$  (см. табл.).

Номер дохода	Математическое ожидание, $\nu_i$	Дисперсия, $\sigma_i$
1	120000	10000
2	140000	15000
3	600000	50000
4	300000	20000

Областной бюджет несет расходы по 5 статьям. Ежемесячная потребность по статьям составляют 200000, 100000, 400000, 300000, 150000 тыс. руб. соответственно. Если на покрытие расходов поступлений недостаточно, то задействуется так называемый фонд финансовой поддержки, начальное значение которого составляет 500000 тыс. руб. Если и в нем средств недостаточно на полное покрытие расходов, то деньги из него распределяются в пропорциях от остаточных потребностей по статьям.

Постройте на базе системной динамики модель вышеописанной бюджетной системы. Шаг моделирования – один месяц.

#### Вариант 2

**Вопрос 1.** С помощью каких основных типов переменных строятся имитационные модели сложных систем на базе системной динамики? Какие информационные связи допустимы между переменными в процессе моделирования.

- Целочисленный и вещественный тип. Допустимы любые связи.
- Тип «Уровень» и тип «Темп». Допустимы связи от уровня к темпу и от темпа к темпу.
- Тип «Уровень» и тип «Темп». Допустимы любые связи.
- Тип «Уровень», тип «Темп» и тип «Вспомогательная переменная». Допустимы связи от уровня к темпу и от темпа к темпу.



– Другой ответ

**Вопрос 2.** Нарисуйте SADT диаграмму, описывающую подготовки и защиты учеником реферата. В диаграмме должны присутствовать следующие блоки: найти и собрать сведения, разработать структуру реферата, оформить реферат, защитить реферат. Предусмотреть случай, когда реферат возвращается на доработку.

**Вопрос 3.** В бюджет предприятия еженедельно поступают средства от реализации пяти видов продукции. Объем средств определяется стоимостью реализации и величиной спроса на каждый вид продукции. Стоимость реализации всех видов продукции постоянна и составляет 2000, 7000, 1000, 5000, 8000 рублей соответственно. Недельный спрос является случайной величиной с нормальным законом распределения (см. табл.)

Номер продукции	Математическое ожидание спроса, $\nu_i$	Дисперсия, $\sigma_i$
1	100	10
2	40	5
3	200	12
4	30	3
5	20	3

Предприятие несет расходы на выплату налогов (1000000 руб. в мес.), на оплату сырья и комплектующих (800000 руб. в мес.), амортизацию (200000 руб. в мес.) оплату коммунальных услуг (1800000 руб. в квартал) и выплату заработной платы. Размер заработной платы для одного работника руководящего звена составляет 25000 руб. в мес., для инженера – 15000 руб. в мес., для рабочего – 8000 руб. в мес. В руководящем звене работают 8 чел. Инженерный блок состоит из 20 чел. Рабочий коллектив насчитывает 100 чел.

Составьте на базе системной динамики модель финансовых потоков вышеописанного предприятия. Объем производства продукции каждого вида равен спросу прошлой недели. Размер заработной платы приведен с учетом уже вычтенного подоходного налога. Одна единица модельного времени равна одной неделе.

## 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет).

### Примерный перечень вопросов к зачету

1. Понятие модели и моделирования. Объект, система и модель.
2. Определение понятия системы. Основные понятия системного анализа: цель, задача. Структура системы. Функционал системы.
3. Классы моделей и их свойства.
4. Прогнозирование параметров системы. Общие принципы прогнозирования. Виды прогнозирования.
5. Прогнозирование параметров системы. Прогнозирование с помощью методов экстраполяции. Этапы прогнозирования. Содержание этапов.
6. Прогнозирование параметров системы. Прогнозирование с помощью методов экстраполяции. Оценка математической модели прогнозирования.
7. Прогнозирование параметров системы. Выбор математической модели прогнозирования. Общие принципы проверки адекватности прогнозной модели.
8. Прогнозирование параметров системы. Линейная модель Брауна.
9. Прогнозирование параметров системы. Модель Хольта-Уинтерса.
10. Построение линейной многофакторной модели. Этапы построения.
11. Построение линейной многофакторной модели. Оценка функции регрессии.
12. Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов. Основные понятия, этапы процедуры отбора.
13. Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов. Анализ факторов на мультиколлинеарность, анализ тесноты взаимосвязи факторов с зависимой переменной.
14. Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов. Анализ степени влияния факторов на зависимую переменную; проверка коэффициентов на статистическую значимость; исследование целесообразности исключения факторов из модели.
15. Построение линейной многофакторной модели. Проверка адекватности модели.



16. Системная динамика. Общая структура систем, граница системы, цепи обратной связи. Базовые принципы.
17. Системная динамика. Преобразование системно-динамической модели к системе ОДУ.
18. Системная динамика. Методика упорядочения порядка вычислений выражений.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося.**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине включает в себя следующие виды деятельности:

1. проработку учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе;
2. подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
3. подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

#### **Темы для самостоятельной работы студентов**

1. Место имитационного моделирования в исследованиях.
2. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию.
3. Статистические проблемы имитационного моделирования.
4. Сбор информации о системе, формулирование проблемы и определение целей исследования.
5. Структура представления данных в имитационных моделях.
6. Виды оценок и методы оценивания параметров имитационной модели.
7. Общие положения проверки гипотез о согласии.
8. Разработка концептуальной модели: логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой проблемы.
9. Создание имитационной модели средствами системы моделирования.
10. Испытание и исследование имитационной модели с использованием исходных данных моделирования.
11. Проведение направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели.
12. Анализ и интерпретация результатов имитационного моделирования.
13. Аналитический метод имитационного моделирования.
14. Метод статистических испытаний.
15. Комбинированный метод построения имитационных моделей.
16. Параметры и переменные имитационной модели.
17. Классификация имитационных моделей в зависимости от типа модельного времени.
18. Модели общих систем.
19. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.
20. Дискретные имитационные системы.
21. Непрерывные имитационные системы.
22. Принципы и методы построения имитационных моделей.
23. Аналитический метод построения имитационной модели.
24. Метод статистического моделирования.
25. Комбинированный подход.
26. Сетевое имитационное моделирование, входные и выходные спецификации.
27. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем.
28. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей.
29. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению.
30. Планирование имитационного эксперимента. Стратегии запуска и правила остановки.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
Березовская, Е. А. Имитационное моделирование : учебное пособие / Е. А. Березовская. – Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. – 76 с. – ISBN 978-5-9275-2426-6.	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/87410.html">http://www.iprbookshop.ru/87410.html</a>
Ефромеева, Е. В. Имитационное моделирование: основы практического применения в среде AnyLogic : учебное пособие / Е. В. Ефромеева, Н. М. Ефромеев. – Саратов : Вузовское образование, 2020. – 120 с. – ISBN 978-5-4487-0586-1.	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/86701.html">http://www.iprbookshop.ru/86701.html</a>
Математическое и имитационное моделирование : учеб. пособие / А.И. Безруков, О.Н. Алексеенцева. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 227 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <a href="http://www.znanium.com">http://www.znanium.com</a> ]. – (Высшее образование: Бакалавриат). – <a href="http://www.dx.doi.org/10.12737/textbook_59006f8ec13df8.73891496">www.dx.doi.org/10.12737/textbook_59006f8ec13df8.73891496</a>	2019	<a href="http://znanium.com/catalog/product/1005911">http://znanium.com/catalog/product/1005911</a>
Имитационное моделирование в экономике и управлении : учебник / О.В. Булыгина, А.А. Емельянов, Н.З. Емельянова ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.А. Емельянова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 592 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – <a href="http://www.dx.doi.org/textbook_5b5ab5571bd995.05564317">www.dx.doi.org/textbook_5b5ab5571bd995.05564317</a> .	2019	<a href="http://znanium.com/catalog/product/988974">http://znanium.com/catalog/product/988974</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
Решмин, Б. И. Имитационное моделирование и системы управления / Б. И. Решмин. – М. : Инфра-Инженерия, 2016. – 74 с. – ISBN 978-5-9729-0120-3.	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/51719.html">http://www.iprbookshop.ru/51719.html</a>
Черняева, С. Н. Имитационное моделирование систем : учебное пособие / С. Н. Черняева, В. В. Денисенко ; под редакцией Л. А. Коробова. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016. – 96 с. – ISBN 978-5-00032-180-5.	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/50630.html">http://www.iprbookshop.ru/50630.html</a>
Имитационное моделирование экономических процессов: Учебное пособие / Н.Н. Лычкина. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 254 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-004675-4	2014	<a href="http://znanium.com/catalog/product/429005">http://znanium.com/catalog/product/429005</a>

### 6.2. Периодические издания

1. Журнал «Вестник Российской академии наук», ISSN 0869-5873
2. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий», ISSN 1810-7206.
3. «Информационные технологии» Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал ISSN 1684-6400 Подписной индекс 72656
4. Журнал «Бизнес-информатика» – рецензируемый междисциплинарный научный журнал, выпускаемый с 2007 года Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Администрирование журнала осуществляется Школой бизнес-информатики НИУ ВШЭ.
5. Журнал «Вестник Института экономики РАН»
6. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий»
7. Журнал «Вестник МГУ: экономика»
8. Журнал «Вестник Российского экономического университета им. Плеханова»
9. Журнал «Вестник финансового университета»
10. Журнал «Вопросы экономики»
11. Журнал «Вычислительные технологии»

### 6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.exponenta.ru> – Образовательный математический портал.
2. <http://www.kxlab.com> - сайт \_kx Лаборатории. Отправная точка поиска информации о новейших научных разработках в области вычислительной математики, автоматизации моделирования и программных продуктах \_kx Лаборатории.



3. [www.mathhelpplanet.com](http://www.mathhelpplanet.com) - некоммерческий математический форум, на котором можно получить консультацию и реальную помощь в решении по практически любому вопросу, связанному с математикой и многочисленными её приложениями.

4. [www.cs.in.ru](http://www.cs.in.ru) - Образовательный интернет-проект, посвященный computer science и смежным дисциплинам. Мы формируем комьюнити людей, профессионально занимающихся или даже просто интересующихся данной тематикой. Также мы собираем информацию, например, русскоязычные курсы по информатике.

5. [www.teorver.ru](http://www.teorver.ru) - Портал, посвященный таким разделам математики, как теория вероятностей, математическая статистика, теория массового обслуживания, математическая теория телетрафика и другим приложениям теории вероятностей.

6. <http://edu.ru> - Федеральный портал "Российское образование", поддерживаемый ФГУ ГНИИ ИТТ "Информика". Каталог интернет-ресурсов по предметам.

7. <http://www.mathtree.ru> - Древоидный каталог математических ресурсов содержит информацию о кафедрах, персонах, публикациях, библиотеках, журналах и т.п.

8. <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал, предоставляющий российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.

9. <http://algotlist.manual.ru> - Сайт, посвященный алгоритмам и методам программирования.

10. <http://www.ecsocman.edu.ru/> - Образовательный портал - экономика, социология, менеджмент.

11. <http://www.fea.ru/> - Портал лаборатории "Вычислительная механика" физикомеханического факультета СПбПУ.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе (100-3, 1226-3, 5116-3 или аналогичной аудитории в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

1. Прикладное программное обеспечение: Браузер; Adobe Reader; MS Word; MS Excel; MS PowerPoint и др.
2. Среда разработки MS Visual Studio или аналоги.
3. Прикладные математические пакеты: AnyLogic, Maple; MathCad; MatLab и др.

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_

*Аракелян С.М.*  
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ФС Сервис» \_\_\_\_\_

*Д.С. Квасов*

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*С.М. Аракелян*

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления

Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

*С.М. Аракелян*

(ФИО, должность, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.03.2024 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *Р. И. Корсакин*

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_