

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующая кафедрой
математического моделирования



М.Ш. Бурлуцкая

26.06.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.14 Имитационное моделирование

1. Код и наименование направления подготовки:

01.04.04 Прикладная математика

2. Профиль подготовки: Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Кафедра математического моделирования

6. Составители программы: Силаева Марина Николаевна к.ф.-м.н., доцент

7. Рекомендована: Научно-методическим советом математического факультета, протокол № 0500-03 от 24.03.2022

8. Учебный год: 2023/2024

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является: формирование теоретических знаний об основных понятиях и методах построения имитационных моделей, практических навыков по настройке и применению систем имитационного моделирования для решения исследовательских и прикладных задач.

Основные задачи учебной дисциплины:

- изучить основные понятия и концептуальные подходы в области имитационного моделирования;
- сформировать умения использовать системы имитационного моделирования для решения исследовательских и прикладных задач;
- изучить особенности систем имитационного моделирования и условия их применения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. Дисциплины (модули).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности	ОПК-2.1	Знает и использует основные методы и приемы построения математических моделей	Знать: основные принципы построения математических моделей Уметь: использовать основные методы и приемы построения математических моделей Владеть: фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности
		ОПК-2.2	Владеет навыками построения математических моделей, выделяет нужные структуры изучаемых процессов	Знать: основные принципы построения математических моделей Уметь: выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые, исходя из задач конкретного исследования Владеть: навыками построения математических моделей, выделяет нужные структуры изучаемых процессов
		ОПК-2.3	Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и	Знать: основные современные методы профессиональной деятельности Уметь: опыт исследования математических моделей прикладной математики и

			разработки теорий и методов для их описания	разработки теорий и методов для их описания Владеть: практическим опытом создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания
ПК-2	Способен руководить проектами по созданию и эксплуатации программного обеспечения для решения инженерных и экономических задач	ПК-2.3	Владеет методами решения прикладных задач, используя современное прикладное программное обеспечение	Знать: основы имитационного моделирования, необходимые для создания прикладных программ; математические методы решения профессиональных задач. Уметь: использовать основные функции прикладных программ имитационного моделирования таких как https://www.anylogic.ru/ Владеть: методами автоматизированного разработки имитационных моделей, сбора и обработки результатов, необходимых для профессиональной деятельности.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			3 семестр	
Контактная работа		44	44	
в том числе:	лекции	22	22	
	практические	0	0	
	лабораторные	22	22	
	курсовая работа	0	0	
	контрольные работы	0	0	
Самостоятельная работа		64	64	
Промежуточная аттестация экзамен		0		
Итого:		108	108	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.	Имитационные модели, процесс	Введение в имитационное моделирование. Имитационные модели, область применения и	

	имитационного моделирования	основные определения. Структура процесса имитационного моделирования.	
2.	Математический аппарат имитационного моделирования	<p>Применение теории вероятностей и математической статистики в имитационном моделировании. Виды вероятностных распределений, используемых в имитационном моделировании. Статистические проблемы имитационного моделирования.</p> <p>Системность имитационного моделирования. Условие системности имитационного моделирования. Модели общих систем. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.</p>	
3.	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	<p>Имитационные модели систем. Дискретные Имитационные модели. Непрерывные имитационные модели.</p> <p>Методологии имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей. Аналитический метод, метод статистического моделирования (Монте-Карло), комбинированный подход.</p>	
4.	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	<p>Компьютерные среды моделирования. ANYLOGIC https://www.anylogic.ru/ Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области.</p>	
5.	Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем	<p>Моделирование прогнозирования объёма продаж.</p> <p>Алгоритм построения прогноза объёма реализации для продукции с сезонным характером продаж.</p> <p>Имитационное моделирование инвестиционных рисков.</p> <p>Имитационное моделирование операций с ценными бумагами.</p> <p>Фактор времени и оценка потоков платежей.</p> <p>Долгосрочные обязательства с фиксированным доходом. Краткосрочные и коммерческие ценные бумаги.</p> <p>Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению.</p>	

2. Лабораторные занятия		
1.	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования	Введение в имитационное моделирование. Имитационные модели, область применения и основные определения. Структура процесса имитационного моделирования.
2.	Математический аппарат имитационного моделирования	Применение теории вероятностей и математической статистики в имитационном моделировании. Виды вероятностных распределений, используемых в имитационном моделировании. Статистические проблемы имитационного моделирования. Системность имитационного моделирования. Условие системности имитационного моделирования. Модели общих систем. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем
3.	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	Имитационные модели систем. Дискретные Имитационные модели. Непрерывные имитационные модели. Методологии имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей. Аналитический метод, метод статистического моделирования (Монте-Карло), комбинированный подход.
4.	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	Компьютерные среды моделирования. ANYLOGIC. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области.
5.	Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем	Моделирование прогнозирования объёма продаж. Алгоритм построения прогноза объёма реализации для продукции с сезонным характером продаж. Имитационное моделирование инвестиционных рисков. Имитационное моделирование операций с ценными бумагами. Фактор времени и оценка потоков платежей. Долгосрочные обязательства с фиксированным доходом. Краткосрочные и коммерческие ценные бумаги. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования	2		2	4	8
2	Математический аппарат имитационного моделирования	5		5	15	25
3	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	5		5	15	25
4	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	5		5	15	25
5	Компьютерное имитационное моделирование экономических, социальных и производственно-технологических систем	5		5	15	25
Итого:		22	0	22	64	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Освоение дисциплины предполагает не только обязательное посещение обучающимся аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) и активную работу на них, но и самостоятельную учебную деятельность, на которую отводится 64 часа.

Самостоятельная учебная деятельность студентов по дисциплине «Имитационное моделирование» предполагает выполнение следующих заданий:

- 1) самостоятельное изучение учебных материалов по разделам дисциплины с использованием основной и дополнительной литературы, информационно-справочных и поисковых систем;
- 2) подготовку к текущим аттестациям.

Все выполняемые студентами самостоятельно задания подлежат последующей проверке преподавателем для получения допуска к зачету.

Задания к лабораторным будут размещены на доске <https://padlet.com/>

В случае необходимости перехода на дистанционный режим обучения будет создан электронный курс «Имитационное моделирование» на портале «Электронный университет ВГУ»: edu.vsu.ru. Там же будут размещены необходимые для усвоения курса материалы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Палей А. Г., Поллак Г. А. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic: учебное пособие Издательство "Лань" 2022, 208 стр. https://e.lanbook.com/book/206891
2	Митина О. А., Крынецкий Б. А., Староверов И. Н. Программные средства имитационного моделирования: Практикум МИРЭА - Российский технологический университет 2021, 297 https://e.lanbook.com/book/218414

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем. Имитационный метод: Учебник для вузов Издательство "Лань" 2022, 224 стр. https://e.lanbook.com/book/266780
4	Зюльков А. В., Радченко Ю. С., Захаров А. В. Имитационное моделирование. вероятностные и статистические аспекты Воронежский государственный университет, 2017, 40 стр. https://e.lanbook.com/book/154761

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ : http://www.lib.vsu.ru .
6	https://math.vsu.ru/wp/?page_id=937 – раздел на сайте математического факультета, на котором размещены методические издания.
7	https://e.lanbook.com Электронно-библиотечная система Лань
8	Электронный университет ВГУ : https://edu.vsu.ru/ .

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Палей А. Г., Поллак Г. А. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic: учебное пособие Издательство "Лань" 2022, 208 стр. https://e.lanbook.com/book/206891
2	Митина О. А., Крынецкий Б. А., Староверов И. Н. Программные средства имитационного моделирования: Практикум МИРЭА - Российский технологический университет 2021, 297 https://e.lanbook.com/book/218414
3	Кутузов О. И., Татарникова Т. М. Моделирование систем. Имитационный метод: Учебник для вузов Издательство "Лань" 2022, 224 стр. https://e.lanbook.com/book/266780
4	Зюльков А. В., Радченко Ю. С., Захаров А. В. Имитационное моделирование. вероятностные и статистические аспекты Воронежский государственный университет, 2017, 40 стр. https://e.lanbook.com/book/154761

9	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете.
---	---

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ»(<https://edu.vsu.ru>).

Перечень необходимого программного обеспечения: Win10pro или Linux, Microsoft Office, LibreOffice 6, Calc, Microsoft Visual Studio, Foxit Reader, браузер MozillaFirefox, Opera или Internet, ANYLOGIC.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации со специализированной мебелью.

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Имитационные модели, процесс имитационного моделирования	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	Лабораторная работа
2.	Математический аппарат имитационного моделирования	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2	Лабораторная работа
3.	Основные методологические подходы к построению имитационных моделей	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторная работа
4.	Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования	ОПК-2 ПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ПК-2.3	Лабораторная работа
5.	Компьютерное имитационное моделирование экономических,	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 ПК-2.3	Лабораторная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	социальных и производственно-технологических систем			
Промежуточная аттестация Форма контроля –зачет				Перечень вопросов к зачету

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: устных опросов, проверки домашних заданий, лабораторных работ работы.

Перечень примерных заданий на лабораторные работы

Лабораторная работа № 1. Имитационное моделирование анализа риска инвестиционных проектов.

Постановка задачи. Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «А». В процессе предварительного анализа экспертами были выявлены три ключевых параметра проекта и определены возможные границы их изменений (см. таблицу). Прочие параметры проекта считаются постоянными величинами.

Постройте имитационную модель расчета NPV. Считая, что все ключевые переменные имеют равномерный закон распределения, проведите вычислительный эксперимент. Сделайте выводы о целесообразности инвестиций.

Ключевые параметры проекта по производству продукта «А»

Сценарий	Показатели		
	Наихудший	Наилучший	Вероятный
Объем выпуска, Q	130	300	200
Цена за штуку, P	40	55	50
Переменные затраты, I	35	25	30

Неизменяемые параметры проекта по производству продукта «А»

Показатели	Наиболее вероятные значения
Постоянные затраты, F	500
Амортизация, A	100
Ставка процента по заемным средствам (налог на прибыль), T	60%
Норма дисконта, r	10%
Срок проекта, n	5

Лабораторная работа №2.

Задание.

Промоделировать работу билетных касс. В кассы есть единая очередь, которую обслуживают две основные кассы. Если основные кассы не справляются с потоком

покупателей, то открывается третья касса. Поток покупателей меняется в зависимости от времени суток и становится больше в выходные дни. Расписание потока покупателей приведено ниже. Рабочие дни: 8:00–13:00 — десять человек в час; 13:00–16:00 — пятнадцать человек в час; 16:00–22:00 — двадцать человек в час. Выходные дни: 9:00–12:00 — двадцать человек в час; 12:00–21:00 — сорок человек в час. Покупатели, время ожидания покупки у которых превысило час, уходят из касс, не купив билета. Время обслуживания одного покупателя в кассах меняется случайным образом от 2 до 15 минут и в среднем составляет 5 минут. Предусмотреть в модели учет купивших и некупивших билеты.

Самостоятельно

1. Выявите узкие места в модели и предложите решение.
2. Творческий проект. Создайте модель массового обслуживания. Принимаются собственные инициативы.

Для оценивания текущего контроля успеваемости используются следующие **показатели**:

1. знание основных понятий и методов;
2. умение применять полученные знания и навыки для решения задач, проводить анализ полученных решений;
3. владение математическим аппаратом и современными методами в теории;
4. знание имеющегося специального ПО имитационного моделирования для решения прикладных математических задач;
5. владение навыками хранения, поиска, сбора, систематизации, обработки и использования информации с использованием Интернет технологий;
6. способность студента проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.

Шкала оценок:

Зачтено: Выполнение заданий соответствует перечисленным показателям, обучающийся дает ответы на дополнительные вопросы, может быть не совсем полные. Демонстрирует умение решать задачи, возможно с некоторыми ошибками.

Не зачтено: Ответы не соответствуют ни одному из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует фрагментарные знания и умения или их отсутствие.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме собеседования по вопросам с помощью нижеприведенных оценочных средств (перечень вопросов к зачету).

Перечень вопросов к зачету:

1. Место имитационного моделирования в исследованиях экономических систем.
2. Этапы построения имитационных моделей.
3. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию.
4. Статистические проблемы имитационного моделирования.
5. Сбор информации о системе, формулирование проблемы и определение целей исследования.

6. Структура представления данных в имитационных моделях.
7. Виды оценок и методы оценивания параметров имитационной модели.
8. Общие положения проверки гипотез о согласии.
9. Разработка концептуальной модели: логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой проблемы.
10. Создание имитационной модели средствами системы моделирования.
11. Испытание и исследование имитационной модели с использованием исходных данных моделирования.
12. Проведение направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели.
13. Анализ и интерпретация результатов имитационного моделирования.
14. Аналитический метод имитационного моделирования.
15. Метод статистических испытаний.
16. Комбинированный метод построения имитационных моделей.
17. Параметры и переменные имитационной модели.
18. Классификация имитационных моделей в зависимости от типа модельного времени.
19. Принцип Δt в имитационном моделировании.
20. Принцип особых состояний.
21. Датчики случайных величин.
22. Метод середины квадрата.
23. Мультипликативный конгруэнтный метод.
24. Требования к базовым датчикам и их проверка
25. Имитация случайного события.
26. Имитация сложного события.
27. Имитация сложного события, состоящего из зависимых событий.
28. Имитация событий, составляющих полную группу..
29. Моделирование дискретных случайных величин
30. Моделирование непрерывных случайных величин
31. Метод обратной функции.
32. Метод Неймона (режекции).
33. Алгоритм получения значений нормально распределенной случайной величины.
34. Алгоритм получения случайной величины, распределенной по Пуассону.
35. Имитация нестационарных случайных процессов.
36. Имитация стационарных СП.
37. Статистические проблемы имитационного моделирования.
38. Условие системности имитационного моделирования.
39. Модели общих систем.
40. Возможности интеграции имитирующих моделей с помощью моделей общих систем.
41. Дискретные имитационные системы.
42. Непрерывные имитационные системы.
43. Принципы и методы построения имитационных моделей.
44. Аналитический метод построения имитационной модели.
45. Метод статистического моделирования.
46. Комбинированный подход.
47. Сетевое имитационное моделирование, входные и выходные спецификации.

48. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем.
49. Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей.
50. Возможности использования имитационных языков. Сведения о современных программных продуктах в этой области и обучение их применению.
51. Моделирование прогнозирования объёма продаж.
52. Имитационное моделирование операций с ценными бумагами.
53. Имитационное моделирование инвестиционных рисков.
54. Имитационные модели для построения системы согласованных тарифов.
55. Современные программные продукты в области построения системы согласованных тарифов.
56. Проблема взаимосвязанной имитации процессов в совокупности производственно технологических и социально-экономических систем.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание теоретических основ;
- 2) умение решать задачи;
- 3) умение работать с алгоритмами методов и информационно-коммуникационными технологиями;
- 4) успешное прохождение текущей аттестации.

Для оценивания результатов обучения на зачёте используются следующие показатели:

Знание:

прикладных областей, в которых применяется имитационное моделирование, основных методы обработки информации, моделирования и программных средств для решения прикладных задач.

Умение:

математически описывать предметные области, решать типовые и прикладные задачи , используя возможности имитационного моделирования.

Владение:

методологией и практическими навыками использования имитационного моделирования и сопрягаемых с ним программных средств для решения инженерных и экономических задач.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Достаточное владение материалом: правильное использование алгоритма и программных средств и верная интерпретации результата, при этом допускаются незначительные неточности.	Пороговый уровень и/или выше порогового	Зачтено
Плохое владение материалом: не знание алгоритма, ошибки в программе, отсутствуют выводы, либо они не верны, отсутствие ориентации в предмете.	Ниже порогового уровня	Незачтено