Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.15 Математическое моделирование»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
09.03.04 Программная инженерия
(код и наименование направления подготовки)

Разработка корпоративных систем и цифровых решений
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.15 Математическое моделирование*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра прикладной математики
наименование кафедры

протокол № _____от "___" _____ 20__г.

Заведующий кафедрой
Кафедра прикладной математики _____ И.П. Болодурина
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Зав. кафедрой, д.т.н., профессор _____ И.П. Болодурина
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
09.03.04 Программная инженерия _____ И.П. Болодурина
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Биктимерова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству института
_____ С.Н. Морозова
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Болодурина И.П., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Формирование у обучающихся теоретико-практической базы в области математического моделирования, охватывающей методы построения детерминированных, стохастических и имитационных моделей, для решения задач анализа, проектирования и оценки производительности корпоративных информационных систем и цифровых решений.

Задачи:

- освоение понятийного аппарата, методологии и общих принципов математического моделирования;
- изучение классификации математических моделей и этапов их построения, верификации и валидации;
- освоение методов построения и анализа детерминированных моделей (аналитических, алгебраических, дифференциальных);
- изучение стохастических моделей, методов статистического моделирования и метода Монте-Карло;
- освоение методов имитационного моделирования: дискретно-событийного, агентного, системной динамики;
- изучение моделей массового обслуживания, надежности и производительности, применяемых в корпоративных ИТ-системах;
- формирование навыков формализации бизнес-процессов и технических задач в виде математических моделей;
- развитие навыков программной реализации моделей с использованием современных инструментальных средств (Python, SimPy, Mesa, AnyLogic).

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.11 Основы программирования, Б1.Д.Б.12 Физика, Б1.Д.Б.13 Математика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.18 Экономика программной инженерии*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1-В-2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования ОПК-1-В-3 Использует методы теоретического и экспериментального	**Знать:** понятийный аппарат и методологию математического моделирования, классификацию моделей (детерминированные, стохастические, имитационные), этапы построения и валидации моделей; методы статистического анализа, регрессионного моделирования и метод Монте-Карло; основы теории массового обслуживания, показатели надежности и модели

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	исследования объектов профессиональной деятельности	производительности корпоративных систем. **Уметь:** формализовать предметную область в виде математической модели, выбирать адекватный тип модели и метод её исследования, проводить верификацию и валидацию моделей, оценивать точность и сходимость численных методов, интерпретировать результаты моделирования для принятия проектных решений. **Владеть:** методами построения детерминированных, стохастических и имитационных моделей, навыками статистической обработки данных, приемами оценки производительности и надежности корпоративных систем, инструментами верификации моделей.
ОПК-7 Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	ОПК-7-В-1 Применяет методы информатики, системного анализа и математического моделирования, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем в ОПК-7-В-2 Проводит моделирование и проектирование процессов и систем с применением современных инструментальных средств	**Знать:** основные концепции и методы информатики, системного анализа и математического моделирования; принципы и этапы проектирования информационных и автоматизированных систем; классификацию математических моделей и области их применения в корпоративных системах; номенклатуру и функциональные возможности современных инструментальных средств моделирования и проектирования процессов. **Уметь:** применять методы системного анализа для выявления информационных потоков и требований к корпоративным системам; формализовать предметную область в виде математических моделей; выбирать адекватные методы и современные инструментальные средства для моделирования и проектирования процессов; проводить имитационные эксперименты, настраивать их параметры и анализировать результаты для оценки эффективности, производительности и надежности систем. **Владеть:** методикой системного анализа и математической формализации задач проектирования информационных систем; практическими навыками разработки, конфигурирования и отладки моделей с

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		использованием современных программных средств и библиотек; приемами верификации, валидации моделей и интерпретации результатов моделирования для обоснования проектных решений.
ПК*-2 Способен разрабатывать и отлаживать программный код	ПК*-2-В-2 Формализует задачу ИТ отрасли в язык естественнонаучных дисциплин	**Знать:** типовые задачи корпоративных ИТ-систем, сводимые к задачам математического моделирования (прогнозирование нагрузки, оценка надежности, планирование ресурсов, маршрутизация, моделирование бизнес-процессов), принципы построения математических моделей прикладных задач, целевые функции и ограничения. **Уметь:** анализировать предметную область корпоративной системы, выявлять моделируемые параметры и связи, формулировать целевые показатели и систему ограничений, осуществлять переход от содержательной постановки задачи к её математической формализации, верифицировать корректность построенной модели. **Владеть:** методикой построения математических моделей задач ИТ-отрасли, навыками формализации бизнес-процессов и технических задач, приемами упрощения и линеаризации моделей, инструментами верификации корректности формализации.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**108**
Контактная работа:	**52,25**	**52,25**
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;	**55,75**	**55,75**

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
- изучение разделов курса в системе электронного обучения; - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)		
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в математическое моделирование. Детерминированные модели.	18	4		4	10
2	Стохастические и статистические модели. Метод Монте-Карло.	20	4		8	8
3	Имитационное моделирование.	20	4		8	8
4	Модели массового обслуживания, надежности и производительности.	24	4		8	12
5	Моделирование бизнес-процессов в корпоративных системах.	26	2		6	18
	Итого:	108	18		34	56
	Всего:	108	18		34	56

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Введение в математическое моделирование. Детерминированные модели.

Понятие модели и математического моделирования. Классификация моделей: детерминированные и стохастические, статические и динамические, дискретные и непрерывные. Этапы математического моделирования: формализация, выбор метода решения, численная реализация, верификация и валидация модели. Детерминированные модели: алгебраические, аналитические, дифференциальные уравнения. Разностные схемы и их устойчивость. Применение в корпоративных ИТ-системах: модели роста нагрузки, прогнозирование трафика, модели распространения информации в сетях.

Раздел 2. Стохастические и статистические модели. Метод Монте-Карло.

Понятие случайного процесса, стационарность, эргодичность. Марковские процессы и цепи Маркова. Статистические модели: регрессионный анализ, корреляционный анализ, дисперсионный анализ. Идея методов, алгоритм, программная реализация, интерпретация результатов. Генерация псевдослучайных чисел. Метод Монте-Карло: идея метода, алгоритм, общая схема численного решения, программная реализация, оценка точности и скорости сходимости. Применение в задачах моделирования корпоративных систем: оценка надежности, прогнозирование отказов, анализ рисков.

Раздел 3. Имитационное моделирование.

Понятие имитационной модели, области применения. Виды имитационного моделирования: дискретно-событийное, агентное, системная динамика. Дискретно-событийное моделирование: понятие события, очереди, ресурса, идея метода, алгоритм, программная реализация. Агентное моделирование: понятие агента, среды, правил взаимодействия, идея метода, алгоритм, программная реализация. Системная динамика: понятие потоков и запасов, идея метода и алгоритм. Сравнительный анализ методов, выбор метода в зависимости от типа задачи.

Раздел 4. Модели массового обслуживания, надежности и производительности.

Системы массовового обслуживания (СМО): понятие заявки, канала обслуживания, очереди, дисциплины обслуживания. Классификация СМО по Кендаллу. Марковские СМО: система M/M/1, M/M/c, идея метода, алгоритм, программная реализация, анализ характеристик (среднее время

ожидания, длина очереди, загрузка каналов). Модели надежности: показатели надежности (вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, среднее время наработки на отказ), структурные схемы надежности (последовательные, параллельные, смешанные соединения), идея метода, алгоритм, программная реализация. Модели производительности корпоративных систем: закон Литтла, закон универсальности использования (USL), модель отклика, применение для оценки масштабируемости и планирования ресурсов.

Раздел 5. Моделирование бизнес-процессов в корпоративных системах.

Понятие бизнес-процесса и его формализация. Нотации моделирования бизнес-процессов: BPMN, EPC, IDEF0. Математические модели бизнес-процессов: сетевые модели, модели Петри, идея методов, алгоритм, программная реализация, анализ свойств (достижимость, ограниченность и др.). Моделирование рабочих процессов в корпоративных информационных системах. Применение математических моделей для оптимизации бизнес-процессов, выявления узких мест и оценки эффективности.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Построение и анализ детерминированных моделей. Решение систем дифференциальных уравнений в задачах моделирования	4
2	2	Статистическая обработка данных. Построение регрессионных моделей	4
3	2	Метод Монте-Карло в задачах оценки надежности и анализа рисков	4
4	3	Дискретно-событийное имитационное моделирование	4
5	3	Агентное моделирование	4
6	4	Моделирование систем массового обслуживания	4
7	4	Моделирование производительности корпоративных систем	4
8	5	Моделирование бизнес-процессов и сетей Петри	6
		Итого:	34

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Имитационное моделирование процессов и систем в GPSS World [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика / сост. А. В. Раменская; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.96 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2022. - 56 с. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/166943_20220609.pdf

2. Коломина, Г. А. Математическое моделирование : учебно-методическое пособие / Г. А. Коломина. — Сочи : СГУ, 2024. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/492755 (дата обращения: 13.07.2026)

3. Горожанина, Е. И. Имитационное моделирование : учебник / Е. И. Горожанина, Е. А. Богданова. — 2-е изд. [доп. и перераб.]. — Самара : ПГУТИ, 2023. — 300 с. — ISBN 978-5-907336-48-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/411686 (дата обращения: 13.07.2026).

5.2 Дополнительная литература

1. Медведев, П. В. Математическое планирование эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья / П. В. Медведев, В. А. Федотов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.61 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2017. - 97 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/36951_20170601.pdf - ISBN 978-5-7410-1759-3.

2. Крипак, Е. М. Математическое моделирование процессов и систем [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.04.01 Экономика / Е. М. Крипак; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Ч. 1. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.70 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2018. - 198 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/83830_20181002.pdf - ISBN 978-5-7410-2136-1.

3. Имитационное моделирование информационных системы [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика / сост. И. А. Цыганова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. приклад. информатики в экономике и упр. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.62 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2024. - 38 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/207664_20240624.pdf

5.3 Периодические издания

1. Информационные технологии в проектировании и производстве : журнал. - М. : Платформа "ИВИС", 2026.

2. Прикладная информатика : журнал. - М. : Платформа "Университетская библиотека ONLINE", 2026.

5.4 Интернет-ресурсы

https://simpy.readthedocs.io/ — Документация библиотеки SimPy (дискретно-событийное моделирование на Python).

https://mesa.readthedocs.io/ — Документация библиотеки Mesa (агентное моделирование на Python).

https://scipy.org/ — Документация SciPy (научные вычисления и статистическое моделирование на Python).

https://www.anylogic.ru/ — Официальный сайт AnyLogic (имитационное моделирование).

https://www.businessstudio.ru/ — Официальный сайт Business Studio (моделирование бизнес-процессов).

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»
3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/.
4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru

5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

6. SimPy — библиотека для дискретно-событийного имитационного моделирования на Python (Свободно распространяемое программное обеспечение, лицензия MIT License). URL: https://simpy.readthedocs.io/.

7. Mesa — библиотека для агентного имитационного моделирования на Python (Свободно распространяемое программное обеспечение, лицензия Apache License 2.0). URL: https://mesa.readthedocs.io/.

8. SciPy — библиотека для научных вычислений и статистического моделирования (Свободно распространяемое программное обеспечение, лицензия BSD License). URL: https://scipy.org/.

9. Jupyter Notebook / JupyterLab — интерактивная среда для выполнения кода и визуализации результатов моделирования (Свободно распространяемое программное обеспечение, лицензия BSD License). URL: https://jupyter.org/.

10. AnyLogic (учебная версия / Personal Learning Edition) — программная среда для имитационного моделирования. Включена в Единый реестр российских программ (разработчик ООО «Анимо»). Предоставляется бесплатно для использования в образовательных целях. URL: https://www.anylogic.ru/.

11. Deductor (учебная версия) — платформа для прогнозного и статистического математического моделирования, анализа данных (разработчик BaseGroup Labs). Включена в Единый реестр российских программ, предоставляет бесплатные учебные лицензии. URL: https://www.basegroup.ru/.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для чтения лекций используется переносной мультимедийный комплект: ноутбук, проектор, экран.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет" с доступом в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.