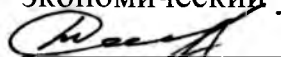


Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор учреждения образования  
«Белорусский государственный  
экономический университет»

 Т.В. Садовская

“ 29 12 2023 г.

Регистрационный № УД 5712-23 /уч.

## **ИМИТАЦИОННОЕ И СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
6-05-0533-09 «Прикладная математика»

2023

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта и учебного плана по специальности 6-05-0533-09 «Прикладная математика», регистрационный № 23ДЦК-208 от 10.02.2023.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Ратушева Ю.Л., доцент кафедры математических методов в экономике учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет», кандидат физико-математических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Баркова Е.А., заведующий кафедрой высшей математики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат физико-математических наук, доцент;

Высоцкий С.Ю., доцент кафедры статистики учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет», кандидат экономических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой математических методов в экономике учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»  
(протокол № 6 от 28.11.2023 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет».

(протокол № 4 от 27.12.2023 )

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Сложные процессы, происходящие в современных экономических системах, требуют системного подхода, анализа и детального исследования, что можно сделать путем построения некоторой цифровой модели, замещающей реальный объект, но обладающей сходными характеристиками и свойствами.

Широкое внедрение информационных технологий и программных средств позволяет строить такие цифровые модели, особенно в ситуациях, когда исследование самого объекта-оригинала невыгодно или невозможно.

Учебная программа включает следующие темы: имитационное моделирование, случайные числа и случайные события, моделирование случайных величин, случайные функции, случайные процессы, а также некоторые специальные разделы, необходимые программистам, такие как метод Монте-Карло, имитационное моделирование систем массового обслуживания и логистических систем.

**Цель:** изучить методы имитационного и статистического моделирования для воспроизведения поведения исследуемых систем на основе результатов анализа свойств конкретной системы и взаимосвязей между ее элементами с помощью прикладных программных пакетов.

**Задачи:** изучение методов выявления главных черт явления или процесса, его определяющих особенностей;

разработка алгоритмов для построения цифровых моделей, наиболее точно описывающих исследуемый процесс или объект;

изучение методов моделирования поведения процесса при изменении входных параметров с целью приведения системы в нужное состояние или при отклонении от требуемого состояния;

интерпретация результатов для описания поведения системы в будущем.

Материал учебной дисциплины является базовым для других учебных дисциплин: «Методы динамического анализа экономики», «Прикладные математические модели в отраслях экономики», «Экономическая кибернетика», «Многомерный статистический анализ» и др.

Учебная дисциплина «Имитационное и статистическое моделирование» относится к модулю «Учебные дисциплины профилизации» компонента учреждения образования.

Освоение учебной дисциплины «Имитационное и статистическое моделирование» должно обеспечить формирование следующей компетенции:

СК-14. Использовать методы статистического и имитационного моделирования, метод Монте-Карло, разрабатывать имитационные модели сложных систем

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- теоретические основы имитационного и статистического моделирования, методы и способы, применяемые в прогнозировании деятельности экономических

субъектов;

- методику реализации метода Монте-Карло;
- интерпретацию результатов сценарного прогнозирования анализа в планировании и управлении производством;
- аналитические процедуры, связанные с проведением анализа устойчивости функционирования систем;

**уметь:**

- строить имитационные модели сложных систем, включая социо-эколого-экономические;
- моделировать системы массового обслуживания, логистические системы;
- уметь использовать результаты анализа при выработке вариантов управленческих решений;
- формулировать выводы и рекомендации для функциональных структур управления;

**владеть:**

- методами генерации случайных чисел;
- методами моделирования случайных величин, случайных потоков и случайных процессов;
- методом Монте-Карло;
- методами имитационного моделирования систем массового обслуживания и логистических систем.

Основной программный материал излагается на лекциях и закрепляется на практических и лабораторных занятиях. Для текущего контроля предлагается осуществлять устный опрос на практических и лабораторных занятиях, проводить самостоятельные и контрольные работы.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом учреждения высшего образования по специальности 6-05-0513-09 «Прикладная математика» – 98, из них аудиторных – 52.

Распределение аудиторного времени по видам занятий: лекции – 26 часов, практические занятия – 12 часов, лабораторные занятия – 12 часов. Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен на третьем курсе в 6 семестре.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение**

Роль истории белорусской государственности и государственной идеологии Республики Беларусь в формировании профессиональных компетенций специалиста в области экономики

Цель, задачи и содержание курса. Предмет курса, история и перспективы развития методов имитационного и статистического моделирования. Актуальность и значимость проблем имитационного и статистического моделирования. Междисциплинарная связь с другими дисциплинами.

### **Тема 2. Имитационное моделирование**

Имитационные модели: непрерывные; дискретные; непрерывно-дискретные. Способы построения имитационных моделей. Этапы построения имитационной модели.

Схема фиксации и обработки результатов моделирования. Определение объема выборки при построении оценок по независимым реализациям. Организация обработки результатов моделирования стационарных систем.

Использование пакета прикладных программ моделирования Matlab, Simulink. Имитационное моделирование мирового социально-экономического развития (WORLD1, WORLD2, WORLD3).

### **Тема 3. Случайные числа и случайные события**

Понятие случайных чисел. Генерация случайных чисел. Алгоритмы генерации случайных чисел. Проверка качества программных генераторов случайных чисел

Моделирование случайных событий. Моделирование простого события. Моделирование полной группы несовместных событий.

### **Тема 4. Моделирование случайных величин**

Имитация дискретных случайных величин: дискретное равномерное, биномиальное, пуассоновское распределения.

Имитация непрерывных случайных величин: нормальное, показательное, равномерное распределения.

Метод обратных функций. Метод суперпозиции. Метод кусочной аппроксимации. Метод Неймана. Специальные методы моделирования.

### **Тема 5. Метод Монте-Карло.**

Метод Монте-Карло и его использование при решении задач имитационного моделирования. Оценка надежности систем с помощью метода Монте-Карло. Применение метода Монте-Карло к приближенному вычислению интегралов (способ усреднения, способ существенной выборки, способ рассмотрения интеграла как площади, способ выделения главной части).

## **Тема 6. Случайные функции**

Случайная функция, ее сечения, реализации случайной функции. Математическое ожидание случайной функции, его свойства. Дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной функции. Свойства дисперсии.

Центрированная случайная функция. Корреляционная функция случайной функции, ее свойства. Нормированная корреляционная функция случайной функции. Взаимная корреляционная функция двух случайных функций, ее свойства. Нормированная взаимная корреляционная функция.

Характеристики суммы случайных функций (математическое ожидание, корреляционная функция).

Стационарные случайные функции и их характеристики. Нормированная корреляционная функция стационарной случайной функции. Стационарно связанные случайные функции.

## **Тема 7. Случайные потоки и случайные процессы**

Виды потоков случайных событий. Характеристики потоков случайных событий. Моделирование потоков случайных событий. Преобразование потоков. Моделирование однородных потоков. Моделирование потоков Эрланга и Пуассона.

Моделирование марковских процессов. Моделирование нормального случайного процесса с использованием канонического разложения. Моделирование случайного процесса на основе точечного потока.

## **Тема 8. Имитационное моделирование систем массового обслуживания**

Имитация поступления заявок в СМО с помощью генерации случайных чисел. Имитация одноканальной СМО. Имитация многоканальной СМО. Расчет основных показателей эффективности СМО.

## **Тема 9. Имитационное моделирование в логистике**

Понятие логистической сети. Модели логистических сетей. Модели систем внутренней логистики. Модели сетей поставок

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ДИСКРЕТНАЯ  
МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА»**

**ДЛЯ ДНЕВНОЙ ФОРМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Номер темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Иное	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Количество часов УСП			
						Лек ции	ПЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	2							устный опрос, решение задач
2	Имитационное моделирование	2							устный опрос, решение задач
3	Случайные числа и случайные события	4	2		2				устный опрос, решение задач
4	Моделирование случайных величин	4	2		2				устный опрос, решение задач, контрольная работа
5	Метод Монте-Карло	4	2		2				устный опрос, решение задач

6	Случайные функции	2	2		2			устный опрос, решение задач
7	Случайные процессы и случайные потоки	2	2		2			устный опрос, решение задач, контрольная работа
8	Имитационное моделирование систем массового обслуживания	2	2		2			устный опрос, решение задач
9	Имитационное моделирование в логистике	4			2			устный опрос, решение задач, контрольная работа
	<b>Всего часов</b>	<b>26</b>	<b>12</b>		<b>14</b>			



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В овладении знаниями учебной дисциплины важным этапом является самостоятельная работа студентов. Рекомендуется бюджет времени для самостоятельной работы в среднем 2-2,5 часа на 2-х часовое аудиторное занятие.

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- первоначально подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам, наличие ее в библиотеке и других доступных источниках, изучение необходимой литературы по теме, подбор дополнительной литературы;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы, консультаций;
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям по специально разработанным планам с изучением основной и дополнительной литературы;
- подготовка к выполнению диагностических форм контроля (тесты, контрольные работы, устные опросы и т.п.);
- подготовка к экзамену.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Понятие моделирования, модели, математической модели некоторого процесса (объекта).
2. Математические методы моделирования: аналитические, численные, имитационные, их сравнительная характеристика.
3. Понятие имитационного моделирования, его преимущества.
4. Сложные стохастические системы и задачи их исследования
5. Имитационные модели: непрерывные; дискретные; непрерывно-дискретные.
6. Способы построения имитационных моделей.
7. Этапы построения имитационной модели.
8. Схема фиксации и обработки результатов моделирования. Определение объема выборки при построении оценок по независимым реализациям.
9. Организация обработки результатов моделирования стационарных систем.
10. Понятие случайных равномерно распределенных чисел. Генерация случайных чисел.
11. Алгоритмы генерации случайных чисел. Проверка качества программных генераторов случайных чисел
12. Моделирование случайных событий. Моделирование простого события.
13. Моделирование полной группы несовместных событий.
14. Имитация дискретного равномерного распределения.
15. Имитация биномиального распределения.
16. Имитация пуассоновского распределения.
17. Имитация нормального распределения.
18. Имитация показательного распределения.
19. Имитация равномерного непрерывного распределения.
20. Метод обратных функций для имитации непрерывных случайных величин.
21. Метод суперпозиции для имитации непрерывных случайных величин.
22. Метод кусочной аппроксимации для имитации непрерывных случайных величин.
23. Метод Неймана для имитации непрерывных случайных величин. Специальные методы моделирования.
24. Метод Монте-Карло и его использование при решении задач имитационного моделирования. Оценка надежности систем с помощью метода Монте-Карло.
25. Применение метода Монте-Карло к приближенному вычислению интегралов

26. Способ усреднения для приближенного вычисления интегралов
27. Способ существенной выборки для приближенного вычисления интегралов,
28. Способ рассмотрения интеграла как площади для приближенного вычисления интегралов
29. Способ выделения главной части для приближенного вычисления интегралов.
30. Случайная функция, ее сечения, реализации случайной функции.
31. Математическое ожидание случайной функции, его свойства.
32. Дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной функции. Свойства дисперсии.
33. Центрированная случайная функция. Корреляционная функция случайной функции, ее свойства.
34. Нормированная корреляционная функция случайной функции. Взаимная корреляционная функция двух случайных функций, ее свойства. Нормированная взаимная корреляционная функция.
35. Характеристики суммы случайных функций (математическое ожидание, корреляционная функция).
36. Стационарные случайные функции и их характеристики.
37. Нормированная корреляционная функция стационарной случайной функции.
38. Стационарно связанные случайные функции.
39. Виды потоков случайных событий.
40. Характеристики потоков случайных событий.
41. Моделирование потоков случайных событий.
42. Преобразование потоков случайных событий.
43. Моделирование однородных потоков.
44. Моделирование потоков Эрланга и Пуассона.
45. Моделирование марковских процессов.
46. Моделирование нормального случайного процесса с использованием канонического разложения.
47. Моделирование случайного процесса на основе точечного потока.
48. Имитация поступления заявок в СМО с помощью генерации случайных чисел.
49. Имитация одноканальной СМО.
50. Имитация многоканальной СМО.
51. Расчет основных показателей эффективности СМО.
52. Понятие логистической сети. Модели логистических сетей.
53. Модели систем внутренней логистики.
54. Модели сетей поставок

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Эконометрика и экономико-математические методы и модели: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по экономическим специальностям / [Г. О. Читая и др.]; под ред. Г. О. Читая, С. Ф. Миксюк. - Минск: БГЭУ, 2018. - 510, [1] с.

2. Гурко, А. И. Экономико-математические методы и модели: пособие для студентов и магистрантов, обучающихся по специальности направления образования "Экономика и организация производства" / А. И. Гурко; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. нац. техн. ун-т, Каф. "Инженерная экономика". - Минск: БНТУ, 2020. - 235, [1] с.

3. Орлова, Е. В. Эконометрическая методология исследования систем: учебник / Е. В. Орлова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2021. - 221 с.

4. Маслова, Е. В. Имитационное моделирование в управлении инновациями: учебное пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика» бакалавриат / Е. В. Маслова; Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), Институт транспортной техники и систем управления, Кафедра «Управление инновациями на транспорте». - М.: Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), 2020. - 107 с.

5. Слонимская, М. А. Моделирование и проектирование логистических систем: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности "Логистика" / М. А. Слонимская, Т. С. Пальчевская. - Новополоцк: ПГУ, 2023. - 143 с.

### Дополнительная:

1. Новыш, Б. В. Имитационное моделирование в экономике и управлении: практикум для магистрантов учреждений высшего образования, осваивающих образовательную программу высшего образования II степени по специальности 1-26 80 09 Государственное управление / Б. В. Новыш, Д. В. Шаститко; Академия упр. при Президенте Респ. Беларусь. - Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2020. - 111, [1] с.

2. Гурко, А. И. Экономико-математические методы и модели: пособие для студентов и магистрантов, обучающихся по специальности направления образования "Экономика и организация производства" / А. И. Гурко; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. нац. техн. ун-т, Каф. "Инженерная

экономика". - Минск: БНТУ, 2020. - 235, [1] с. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/81515> (дата доступа: 05.12.2023).

3.Макаревич, Т. А. Высшая математика. Теория вероятностей. Индивидуальные задания по теме "Случайные процессы": учебно-методическое пособие / Т. А. Макаревич, Н. В. Марковникова; Вооруженные Силы Респ. Беларусь, Военная акад. Респ. Беларусь. - Минск: ВА РБ, 2020. - 49 с.

4.Орлова, Е. В. Эконометрическая методология исследования систем: учебник / Е.В. Орлова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 221 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/1096421. - ISBN 978-5-16-016405-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1096421> (дата обращения: 05.12.2023). – Режим доступа: по подписке.

5.Булыгина, О. В. 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, 2024. — 592 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook\_5b5ab5571bd995.05564317. - ISBN 978-5-16-014523-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2084960> (дата обращения: 05.12.2023). – Режим доступа: по подписке.

6.Кобелев, Н. Б. Имитационное моделирование: Учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В. В. Девятков; Под общ. ред. Н.Б. Кобелева. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 368 с. - ISBN 978-5-905554-17-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/961800> (дата обращения: 05.12.2023). – Режим доступа: по подписке.

7.Лычкина, Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие / Н.Н. Лычкина. — М.: ИНФРА-М, 2024. — 254 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/724. - ISBN 978-5-16-018933-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2079693> (дата обращения: 05.12.2023). – Режим доступа: по подписке.


8.Моделирование экономических процессов: учебник / Е. Н. Лукаш, В. А. Чахоян, Ю. Н. Черемных [и др.] ; под ред. М. В. Грачевой, Ю. Н. Черемных, Е. А. Тумановой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юнити-Дана, 2017. – 544 с.: граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=685530> (дата обращения: 05.12.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-238-02329-8. – Текст: электронный.

9.Березовская, Е. А. Имитационное моделирование: учебное пособие / Е. А. Березовская; Южный федеральный университет, Экономический

факультет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. – 76 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499496> (дата обращения: 05.12.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2426-6. – Текст: электронный.

10. Маслова, Е. В. Имитационное моделирование в управлении инновациями: учебное пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика» бакалавриат / Е. В. Маслова; Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), Институт транспортной техники и систем управления, Кафедра «Управление инновациями на транспорте». – М.: Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), 2020. – 107 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=703275> (дата обращения: 05.12.2023). – Текст: электронный.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Национальная экономика Беларуси	Кафедра национальной экономики и государственного управления	Предложений нет Зав. кафедрой В.С. Фатеев 	протокол № 6 от 28.11.2023

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1		
2		

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_