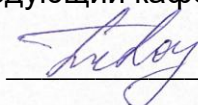


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой экономической теории  
и мировой экономики



д.э.н., проф. Т.Н.Гоголева

17.04.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.01.01 Имитационное моделирование экономических систем

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 38.04.01 Экономика
- 2. Профиль подготовки:** Экономика организаций и рынков
- 3. Квалификация выпускника:** магистр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра экономической теории и мировой экономики
- 6. Составители программы:** Бондаренко Ю.В., д.т.н., профессор
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом экономического факультета ВГУ от 21.03.2024 г., протокол №3
- 8. Учебный год:** 2025/2026      **Семестр:** 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями изучения дисциплины являются:*

- теоретическая и практическая подготовка студентов к построению и практической реализации имитационных моделей сложных социально-экономических систем в условиях воздействия случайных и неопределенных факторов внешней среды;
- ознакомление с технологией проведения направленного вычислительного эксперимента как метода решения исследовательских задач и последующим анализом, обработкой и интерпретацией его результатов.
- изучение теоретических и практических основ имитационного моделирования сложных социально-экономических объектов, явлений и процессов.

*Задачи учебной дисциплины:*

- получить знания о методах имитационного моделирования и его основных направлений (системной динамики, дискретно-событийного моделирования, агентного моделирования);
- сформировать навыки выбора и использования современных информационных технологий и программных продуктов реализации имитационной модели и проведения вычислительного эксперимента;
- овладеть приемами построения адекватных целям исследования имитационных моделей реальных социально-экономических и производственных систем с учетом воздействия случайных факторов;
- сформировать навыки интерпретации, обработки и анализа полученных результатов вычислительного эксперимента и принятия эффективных экономических решений.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** дисциплина «Имитационное моделирование экономических систем» относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

**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	Коды	Индикаторы	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен составлять прогноз основных социально-экономических показателей деятельности предприятия, отрасли, региона и экономики в целом с использованием современных технических средств и информационных технологий	ПК-3.1	Использует современные технические средства и информационные технологии при анализе социально-экономических систем	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия и технологию имитационного моделирования;</li> <li>- современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное);</li> <li>- технологии построения экономико-математических моделей каждого направления имитационного моделирования;</li> <li>- технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов;</li> <li>- формировать имитационную модель;</li> <li>-разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента;</li> <li>-применять современные программы имитационного моделирования для реализации вычислительного эксперимента;</li> <li>- производить анализ и обработку результатов эксперимента,</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>приемами построения адекватных целям исследования имитационных моделей реальных социально-экономических и производственных; навыками работы со специализированным ПО.</li> </ul>

ПК-4	Способен планировать работу, выбирать методы решения исследовательских задач, проводить исследования в рамках реализации научного проекта адекватно поставленным целям с учетом широкого понимания профессиональной области обучения, в том числе на междисциплинарном уровне	ПК-4.2	Анализирует и обрабатывает информацию по тематике исследования в выбранной области науки на основании широкого понимания профессиональной области, в том числе на междисциплинарном уровне	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы анализа и обработки статистической и экспертной информации и данных натурального эксперимента, необходимых для построения адекватной модели экономической системы (предприятия, рынка, региона, экономики в целом) и социально-экономических процессов в соответствии с целями исследования;</li> <li>- проводить анализ различных направлений имитационного моделирования (в том числе и на междисциплинарном уровне) и осуществлять выбор направления, обеспечивающего достижение целей исследования;</li> <li>- осуществлять анализ информационных технологий имитационного моделирования с целью выбора удобной системы реализации модели</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать знания методов обработки информации для формирования имитационной модели и оценки ее параметров;</li> <li>- использовать передовой опыт имитационного моделирования для построения современной модели имитационного моделирования;</li> </ul> <p>Владеет: навыками анализа и обработки информации для построения имитационных моделей реальных процессов и систем с учетом воздействия случайных факторов</p>
		ПК-4.4	Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы организации вычислительного эксперимента, обеспечивающего получения интерпретируемых результатов для принятия эффективных экономических решений за наименьшее количество прогонов;</li> <li>- современные статистические и интеллектуальные методы анализа и обработки информации результатов вычислительных экспериментов;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организовывать и проводить направленный многократный вычислительный эксперимент;</li> <li>- применять статистические методы обработки полученных результатов, определять их достаточность для получения знаний о реальной экономической системе и процессе;</li> <li>- интерпретировать результаты эксперимента;</li> </ul> <p>Владеет: навыками интерпретации, обработки и анализа полученных результатов вычислительного эксперимента и принятия эффективных экономических решений.</p>

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

**Форма промежуточной аттестации —зачет с оценкой**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			4 семестр
Контактная работа		20	20
в том числе:	лекции	10	10
	практические	10	10
Самостоятельная работа		88	88
Промежуточная аттестация		Зачёт с оценкой	Зачёт с оценкой
Итого:		108	108

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Методологические основы имитационного моделирования	Понятие имитационного моделирования сложных систем. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование). Общие этапы имитационного моделирования. Программное обеспечение имитационного моделирования (образ). Испытание и исследование свойств имитационной модели. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
1.2	Статистическое моделирование	Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования. Этапы статистического моделирования. Законы распределения случайных величин. Метод Монте-Карло. Анализ и интерпретация результатов статистического моделирования.	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
1.3	Дискретно-событийное моделирование	Основные понятия дискретно-событийного моделирования. Моделирование случайных процессов. Системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО. Основные характеристики СМО. Основные типы СМО и их характеристики (Одноканальная СМО с отказами и ожиданием, многоканальная СМО). Дискретно-событийное моделирование в Anylogic. Статистические и интеллектуальные методы обработки результатов дискретно-событийной модели и проверка ее адекватности.	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
1.4	Модели системной динамики	Понятия системной динамики. Основные этапы разработки модели системной динамики. Статистические методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты. Построение модели системной динамики. Системное моделирование в Anylogic. Примеры моделей системной динамики. Статистические и интеллектуальные методы обработки результатов модели системной динамики и проверка ее адекватности.	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
1.5	Агентные модели	Основные понятия агентного моделирования. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов. Агентное моделирование в Anylogic	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Статистическое моделирование	Имитационное моделирование анализа риска инвестиционных проектов	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
2.2	Дискретно-событийное моделирование	1. Оптимизация работы системы массового обслуживания (на примере торгового предприятия). 2. Моделирование процесса функционирования оптового склада продукции.	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
2.3	Модели системной динамики	Моделирование сборочного цеха.	Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа -

2.4.	Агентные модели	Моделирование работы отделения банка.	<a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a> Имитационное моделирование (экономический факультет) – Режим доступа - <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
------	-----------------	---------------------------------------	---

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1	Методологические основы имитационного моделирования	2	-	20	22
2	Статистическое моделирование	2	2	14	18
3	Дискретно-событийное моделирование	2	4	20	26
4	Модели системной динамики	2	2	20	24
5	Агентные модели	2	2	14	18
Итого:		10	10	88	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «Имитационное моделирование экономических систем» включает лекционные занятия, практические занятия и самостоятельную работу обучающихся.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ проектного менеджмента, ключевых принципов, базовых понятий, стандартов и методологий.

Практические занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП. Они организуются в виде выполнения практических работ.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор практических заданий, самостоятельный поиск информации для построения моделей практических заданий и их модификации, подготовку к зачету.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется подробно конспектировать лекционный материал, просматривать презентации по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал.

Промежуточная аттестация. В течение семестра обучающимся предлагается выполнить практические задания по каждой теме. К промежуточной аттестации предоставляются выполненные задания и проводится опрос по теоретическому материалу.

Текущая аттестация проводится на основании теста.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения следует выполнять все указания преподавателя по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Белякова, А. Ю. Имитационное моделирование : учебное пособие / А. Ю. Белякова. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2020. — 120 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/183493">https://e.lanbook.com/book/183493</a>
2	Веремчук, Н. С. Элементы имитационного моделирования : учебно-методическое пособие / Н.

	С. Веремчук. — 2-е изд., испр. и доп. — Омск : СибАДИ, 2023. — 161 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/407150">https://e.lanbook.com/book/407150</a>
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: <a href="https://e.lanbook.com/book/411686">https://e.lanbook.com/book/411686</a>
4	Мешечкин, В. В. Имитационное моделирование : учебное пособие / В. В. Мешечкин, М. В. Косенкова. — Кемерово : КемГУ, 2012. — 116 с. — ISBN 978-5-8353-1299-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/44371">https://e.lanbook.com/book/44371</a>

## б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Кутузов, О. И. Моделирование систем. Имитационный метод / О. И. Кутузов, Т. М. Татарникова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 224 с. — ISBN 978-5-507-48872-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/365882">https://e.lanbook.com/book/365882</a>
6	Мичасова, О. В. Имитационное моделирование экономических систем: проектноориентированный подход : учебно-методическое пособие / О. В. Мичасова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. — 186 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/153378">https://e.lanbook.com/book/153378</a>
7	Ткачев, А. Н. Цифровое имитационное моделирование : учебное пособие / А. Н. Ткачев. — Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2021. — 155 с. — ISBN 978-5-9997-0762-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/292220">https://e.lanbook.com/book/292220</a>

## в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
8	Университетская библиотека on-line Режим доступа: <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
9	ЭБС Лань. Режим доступа: <a href="http://www.e.lanbook.com">http://www.e.lanbook.com</a>
10	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online (доступ осуществляется по адресу: <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a> );
11	Электронная библиотека технического ВУЗа «Консультант студента» (доступ осуществляется по адресу: <a href="https://www.studmedlib.ru/">https://www.studmedlib.ru/</a> );
12	Современные информационные технологии в бизнесе/ ВШЭ. – НПОО.- Режим доступа: <a href="https://openedu.ru/course/hse/ITBUSINESS/">https://openedu.ru/course/hse/ITBUSINESS/</a>
13	Системная динамика устойчивого развития / УрФУ. – НПОО. – Режим доступа: <a href="https://openedu.ru/course/urfu/ECOS/">https://openedu.ru/course/urfu/ECOS/</a>
14	Имитационное моделирование (экономический факультет) / Ю.В. Бондаренко. – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». – Режим доступа - <a href="https://www.vsu.ru">Курс: Имитационное моделирование (экономический факультет) (vsu.ru)</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

Для обеспечения самостоятельной работы студентов в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» сформирован учебно-методический комплекс, который включает в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению проекта. Студенты получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

Указанные в учебно-методическом комплексе учебные пособия и справочные материалы, приведены в таблице ниже:

№ п/п	Источник
1	Бессонов, А. С. Основы имитационного моделирования : методические указания / А. С. Бессонов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 22 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/240053">https://e.lanbook.com/book/240053</a>
2	Мицель, А. А. Сборник задач по имитационному моделированию экономических процессов : учебное пособие / А. А. Мицель. — Москва : ТУСУР, 2016. — 218 с. — ISBN 978-5-86889-358-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/110242">https://e.lanbook.com/book/110242</a>
3	Пройдакова, Е. В. Исследование систем массового обслуживания методом имитационного моделирования : учебное пособие / Е. В. Пройдакова, М. А. Федоткин. — Нижний Новгород :

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет;

- сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.

Программное обеспечение: OS Ubuntu 14.04.6 LTS, Inkscape, Gimp, Okular, MozillaFirefox, MozillaThunderbird, FileZilla, 1C, FineReader 8, LibreOffice, WPS Office, Консультант+, MicrosoftOffice 2010 Профессиональный Плюс, CMake, Gambas 3, GNU Emacs, KDevelop 4, Lazarus, NetBeans IDE, QtOcrave, RStudio, Scilab, GNU Octave, GNU PSPP, Gretl)

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебные аудитории для проведения учебных (лекционных) занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: специализированная мебель, проектор, экран для проектора, компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет", проводной микрофон, комплект активных громкоговорителей.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Наименования раздела дисциплины	Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Методологические основы имитационного моделирования	ПК-3	ПК-3.1	Тест
2	Статистическое моделирование	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1, ПК-4.2	Практическая работа
3	Дискретно-событийное моделирование	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1, ПК-4.2	Практическая работа
4	Модели системной динамики	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1, ПК-4.2	Практическая работа
5	Агентные модели	ПК-3, ПК-4	ПК-3.1, ПК-4.1, ПК-4.2	Практическая работа
Промежуточная аттестация форма контроля				Зачет, Перечень вопросов, Практические работы

## 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:

- Тест.

#### Перечень примерных вопросов теста

1. Дайте определение сложной системы. Перечислите ее свойства.
2. Что такое модель?

3. В чем состоят особенности моделирования сложных экономических систем?
4. Дайте определение имитационного моделирования.
5. Для чего проводят эксперименты на имитационных моделях?
6. Над какими системами можно проводить эксперименты с помощью имитационного моделирования.
7. Перечислите цели имитационного моделирования.
8. Перечислите основные этапы имитационного моделирования.
9. В чем преимущества использования имитационного моделирования в исследовании сложных экономических систем и процессов?
10. Что понимается под направленным вычислительным экспериментом?
11. Перечислите самые распространенные виды имитационного моделирования.
12. Приведите пример имитационной модели.
13. Перечислите методы обработки вычислительного эксперимента.
14. Перечислите программные средства имитационного моделирования.

### Технологии проведения тестирования

На тестирование отводится 1 академический час. Студенты письменно отвечают на вопросы тесты.

### Критерии оценки теста

Для оценивания результатов теста используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся верно ответил не менее, чем на 12 заданий.	<i>Отлично</i>
Верно выполнены 10-11 заданий.	<i>Хорошо</i>
Верно решено 6-9 заданий.	<i>Удовлетворительно</i>
Верно решено менее 6 заданий	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачету, практические работы 1-5.

### Перечень вопросов к зачету

1. Понятие имитационного моделирования сложных систем.
2. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование).
3. Общие этапы имитационного моделирования. Инструментальные средства имитационного моделирования.
4. Испытание и исследование свойств имитационной модели.
5. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.
6. Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования.
7. Этапы статистического моделирования.
8. Законы распределения случайных величин.



9. Метод Монте-Карло.
10. Основные понятия дискретно-событийного моделирования.
11. Моделирование случайных процессов.
12. Системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО.
13. Основные характеристики СМО.
14. Основные типы СМО и их характеристики (Одноканальная СМО с отказами и ожиданием, многоканальная СМО).
15. Дискретно-событийное моделирование в Anylogic
16. Понятия системной динамики.
16. Основные этапы разработки модели системной динамики.
17. Статистические методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты.
18. Построение модели системной динамики.
19. Системное моделирование в Anylogic. Примеры моделей системной динамики.
20. Основные понятия агентного моделирования.
21. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов.
22. Агентное моделирование в Anylogic

### Технология проведения зачета

Студент получает 3 вопроса, на которые нужно ответить письменно в течение 1 академического часа.

### Критерии оценки ответов на вопросы зачета

Оценка «отлично» - студент демонстрирует глубокое понимание темы, умеет распространять вытекающие из теории выводы для анализа экономической системы, верно отвечает на 3 вопроса..

Оценка «хорошо» - студент демонстрирует понимание теоретических положений темы и базовых понятий, но допускает неточности в ответах, отвечает на 2 вопроса.

Оценка «удовлетворительно» - студент отвечает на один вопрос.

Оценка «неудовлетворительно» - студент демонстрирует непонимание теоретических основ и базовых понятий курса.

### Перечень примерных практических работ

**Практическая 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, г	10%
Срок проекта, n	5

**Практическая работа № 2** Оптимизация работы системы массового обслуживания (на примере торгового предприятия).

Постановка задачи 1: В маленький супермаркет с одной кассой приходят покупатели в среднем каждые 4 минуты. Каждый посетитель сперва в течение 5+-1 мин. ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к продавцу. Продавец обслуживает покупателей в среднем 2 минуты по нормальному закону распределения с  $\sigma = 0,7$ . Промоделируйте работу супермаркета за время прохождения 1000 покупателей.

Постановка задачи 2. В супермаркет с пятью кассами приходят покупатели в среднем каждые 20 секунд. Процесс поступления является пуассоновским. Каждый посетитель сперва в течение 3+-1 минут ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к кассам, к которым организована единая очередь. На каждой кассе покупатели обслуживаются в среднем по 1,5 минуты по нормальному закону распределения с разбросом 0,3. Промоделировать работу супермаркета за 24 часа и определить, сколько дополнительных касс стоит открыть, чтобы среднее время ожидания в очереди было не больше минуты.

**Практическая работа № 3.** Моделирование процесса функционирования оптового склада продукции.

Постановка задания. В отделе по работе с клиентами оптовой базы работают  $n$  сотрудников, занимающихся сбором документов и сертификатов качества к заявке клиента. В среднем за  $n$  часов отдел получает  $m$  заявок. На сбор документов по одной заявке один сотрудник затрачивает в среднем  $t$  минут. Если приходит заявка, а свободных сотрудников нет, то заявка переходит в другой отдел, что экономически не выгодно для работы отдела.

Рассмотри работу системы в двух режимах:

- 1) все сотрудники работают вместе как один, т.е. одну заявку обслуживают все сотрудники
  - 2) каждый сотрудник обслуживает одну заявку
- Сравните эффективности этих двух режимов работы системы.

**Практическая работа № 4** Моделирование сборочного цеха предприятия.

Для получения навыков представления реального организационно-технического объекта в виде имитационной модели рассматривается сборочный цех. Параметры задаются преподавателем для каждого студента.

Цель работы: знакомство с методологией разработки имитационной модели для реального объекта в программе имитационного моделирования.

**Практическая работа № 5.** Моделирование работы отделения банка.

Постановка задания: Создать модель простой системы обслуживания, а именно модель банковского отделения. В банковском отделении находятся банкомат и стойки банковских кассиров, что позволяет быстро и эффективно обслуживать посетителей банка. Операции с наличностью клиенты банка производят с помощью банкомата, а более сложные операции, такие как оплата счетов – с помощью кассиров.

### Технология проведения

Практические работы выполняются на практических занятиях. Задания выполняются с использованием ПО, указанного в п. 17 (или аналогов со схожей функциональностью), возможно, с использованием свободного отечественного ПО (программы Anylogic). По каждой практической работе студенты представляют краткий письменный отчет, содержащий краткое описание работы и выводы.

### Критерии оценки практической работы

Для оценивания результатов работы используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся верно построил модель, сформировал параметры, провел вычислительные эксперимент, осуществил обработку результатов и сделал правильные выводы.	<i>Отлично</i>
Построенная модель или выводы имеют незначительные неточности	<i>Хорошо</i>
Модель имеет незначительные неточности, имеются существенные ошибки в проведении вычислительного эксперимента, обработке результатов и выводах.	<i>Удовлетворительно</i>
Модель не построена или содержит существенные ошибки	<i>Неудовлетворительно</i>

Оценка промежуточной аттестации формируется как интегральная оценка по следующей формуле:

$$Q_{тек} = 0,14(Q_{практ1} + Q_{практ2} + Q_{практ3} + Q_{практ4} + Q_{практ5}) + 0,3Q_{зачет}$$

При округлении оценки используется правило правильного округления.