

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

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Математических методов исследования операций  
Азарнова Т.В.  
21.06.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.28 Имитационное моделирование**

**1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**

**38.03.05 Бизнес-информатика**

**2. Профиль подготовки/специализации: Архитектура предприятий**

**3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: математических методов исследования операций**

**6. Составители программы: Бондаренко Ю.В., д.т.н., профессор кафедры математических методов исследования операций**

**7. Рекомендована: НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол №9 от 23.05.2020. НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол №10 от 15.06.2021**

**8. Учебный год: 2021/2022**

**Семестр(-ы): 4**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели изучения дисциплины:

- получение знаний о современных направлениях и технологиях имитационного моделирования сложных социально-экономических систем, бизнес-процессов, объектов и проектов.
- обучение инструментам и информационным технологиям разработки имитационной модели, проведения направленного вычислительного эксперимента, подготовки реальных данных и аналитической обработки результатов эксперимента;
- расширение знаний об экономико-математическом моделировании сложных объектов в условиях воздействия случайных и неопределенных факторов внешней среды.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение методологических основ и понятийного аппарата имитационного моделирования;
- получение знаний и практических навыков построения моделей и проведения вычислительного эксперимента по основным направлениям имитационного моделирования – статистического, дискретно-событийного, системной динамики и агентного;
- освоение программных продуктов имитационного моделирования

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к обязательным дисциплинам базовой части блока Б1.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-4	проведение анализа инноваций в экономике, управлении и информационно-коммуникативных технологий	Знать: - основные понятия и технологию имитационного моделирования; - современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное); - технологии построения экономико-математических моделей каждого направления имитационного моделирования; - технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов; Уметь : - составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов; - формировать имитационную модель; -разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента; -применять современные программы имитационного моделирования для реализации вычислительного эксперимента; - производить анализ и обработку результатов эксперимента, Владеть: приемами построения адекватных целям исследования имитационных моделей реальных социально-экономических и производственных; навыками работы со специализированным ПО.
ПК-18	способность использовать соответствующий математический аппарат и	Знать: - математические методы линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей, необходимые для построения

	инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования.	<p>имитационных моделей, проведения эксперимента и интерпретации результатов;</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 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>Уметь</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>Владеть: навыками анализа и обработки информации для построения имитационных моделей реальных процессов и систем с учетом воздействия случайных факторов</p>
--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.**(в соответствии с учебным планом) — 2/72.

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) зачет.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			№ сем 4		...
Аудиторные занятия		32	32		
в том числе:	лекции	16	16		
	практические	-	-		
	лабораторные	16	16		
Самостоятельная работа		40	40		
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации		зачет	зачет		
Итого:		180	180		

#### 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-	имитационное моделирование

		событийное моделирование, агентное моделирование). Общие этапы имитационного моделирования. Программное обеспечение имитационного моделирования (обзор). Испытание и исследование свойств имитационной модели. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.	
1.2	Статистическое моделирование	Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования. Этапы статистического моделирования. Законы распределения случайных величин. Метод Монте-Карло.	имитационное моделирование
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	имитационное моделирование
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.	имитационное моделирование
1.5	Агентные модели	Основные понятия агентного моделирования. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов. Агентное моделирование в Anylogic	имитационное моделирование
<b>2. Практические занятия</b>			
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Статистическое моделирование	Лабораторная работа № 1. Имитационное моделирование анализа риска инвестиционных проектов	имитационное моделирование
3.2	Дискретно-событийное моделирование	Лабораторная работа № 2 Оптимизация работы системы массового обслуживания (на примере торгового предприятия). Лабораторная работа № 3. Моделирование процесса функционирования оптового склада продукции.	имитационное моделирование
3.3	Модели системной динамики	Лабораторная работа № 4. Моделирование сборочного цеха.	имитационное моделирование
3.4.	Агентные модели	Лабораторная работа № 5. Моделирование работы отделения банка.	имитационное моделирование

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

№	Наименование	Виды занятий (часов)
---	--------------	----------------------

п/п	раздела дисциплины	Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Методологические основы имитационного моделирования	4			10	14
2	Статистическое моделирование	1		4	5	10
3	Дискретно-событийное моделирование	4		6	10	20
4	Модели системной динамики	5		4	10	19
5	Агентные модели	2		2	5	9
	Итого:	16		16	40	72

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение курсовой работы, практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Освоение дисциплины «Имитационное моделирование» включает лекционные занятия, лабораторные занятия и самостоятельную работу обучающихся.

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

В рамках общего объема часов, отведенных для изучения дисциплины, предусматривается выполнение следующих видов самостоятельных работ студентов (СРС): изучение лекционного материала, выполнение практических заданий в форме лабораторных работ.

##### Методологические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студента должна опираться на сформированные навыки и умения, приобретенные во время обучения в средней школе и ВУЗе. В ВУЗе студент должен повысить уровень самостоятельности. Составляющей компонентой его работы должно стать творчество. Работая с литературой по теме занятий, нужно делать выписки текста, содержащего характеристику или комментарии уже знакомого Вам источника. Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Для повышения уровня освоения компетенций студентам предлагается прослушать подобранный преподавателям курс вебинаров ведущих специалистов в области имитационного моделирования (ссылки на вебинары представлены в курсе «Имитационное моделирование» на образовательной платформе ВГУ).

##### Методические рекомендации по подготовке к зачету

При подготовке к зачету следует в полной мере использовать лекционный материал и учебники, рекомендованного преподавателем.

##### Методические рекомендации при использовании дистанционных образовательных технологий

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

##### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Строгалева, В. П. Имитационное моделирование : учебное пособие / В. П. Строгалева, И. О.

	Толкачева. — 4-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 295 с. — ISBN 978-5-7038-4825-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106283">https://e.lanbook.com/book/106283</a>
2	Решмин, Б. И. Имитационное моделирование и системы управления : учебное пособие / Б. И. Решмин. — 2-е изд., испр. и доп. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 74 с. — ISBN 978-5-9729-0120-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/108629">https://e.lanbook.com/book/108629</a>
3	Палей, А. Г. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic : учебное пособие / А. Г. Палей, Г. А. Поллак. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3844-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/122179">https://e.lanbook.com/book/122179</a>
4	Снетков, Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие / Н. Н. Снетков. — Москва : ЕАОИ, 2008. — 228 с. — ISBN 978-5-374-00079-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/126315">https://e.lanbook.com/book/126315</a>

**б) дополнительная литература:**

№ п/п	Источник
5	Имитационное моделирование бизнес-процессов : учебно-методическое пособие / З. И. Баусова, Е. В. Жаркова, А. Л. Козлов, Ю. А. Коробасова. — Пенза : ПензГТУ, 2013. — 164 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/62734">https://e.lanbook.com/book/62734</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>

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

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

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

*(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)*

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	Пройдакова, Е. В. Исследование систем массового обслуживания методом имитационного моделирования : учебное пособие / Е. В. Пройдакова, М. А. Федоткин. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. — 21 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/153322">https://e.lanbook.com/book/153322</a>

2	Лимановская, О. В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7 : учебное пособие : в 2 частях / О. В. Лимановская. — Екатеринбург : УрФУ, 2017 — Часть 1 — 2017. — 152 с. — ISBN 978-5-7996-2029-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/169989">https://e.lanbook.com/book/169989</a>
3	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">https://e.lanbook.com/book</a>

## **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:

- ОС Windows 10,
- пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами и т.п. (MS Office, МойОфис, LibreOffice);
- Adobe Reader;
- специализированное ПО;
- интернет-браузер (Chrome, Яндекс.Браузер, Mozilla Firefox).

Минимальный комплект ПО для чтения лекций, проведения лабораторных занятий и организации самостоятельной работы: Microsoft Windows 10 Home и MS Office Standard (МойОфис, LibreOffice), ПО Adobe Reader, любой интернет-браузер (Chrome, Яндекс.Браузер, Mozilla Firefox), программа имитационного моделирования Anylogic.

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

*(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)*

Лекционная аудитория должна быть оборудована компьютером с выходом в сеть Интернет, мультимедийными средствами (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения), учебной мебелью.

Лабораторные занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной учебной мебелью и персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет (компьютерные классы, студии), мультимедийными средствами (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения), установленным ПО Anylogic, Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере.

Для самостоятельной работы необходимы компьютерные классы, помещения, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-4- проведение анализа инноваций в экономике, управлении и информационно-коммуникативных технологий	<p>Знать: - основные понятия и технологию имитационного моделирования;</p> <p>- современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное);</p> <p>- технологии построения экономико-математических моделей каждого направления имитационного моделирования;</p> <p>- технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов;</p>	<p>Методологические основы имитационного моделирования, Статистическое моделирование, Дискретно-событийное моделирование, Модели системной динамики, Агентные модели</p>	<p>Контрольная работа, лабораторные работы</p>
	<p>Уметь:</p> <p>- составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов;</p> <p>- формировать имитационную модель;</p> <p>-разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента;</p> <p>-применять современные программы имитационного моделирования для реализации вычислительного эксперимента;</p> <p>- производить анализ и обработку результатов эксперимента,</p>	<p>Методологические основы имитационного моделирования, Статистическое моделирование, Дискретно-событийное моделирование, Модели системной динамики, Агентные модели</p>	<p>Контрольная работа, лабораторные работы</p>
	<p>Владеть приемами построения адекватных целям исследования имитационных моделей реальных социально-экономических и производственных; навыками работы со специализированным ПО.</p>	<p>Методологические основы имитационного моделирования, Статистическое моделирование, Дискретно-событийное моделирование, Модели системной динамики, Агентные модели</p>	<p>Контрольная работа, лабораторные работы</p>
ПК-18 - способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки,	<p>Знать:</p> <p>- математические методы линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей, необходимые для построения имитационных моделей, проведения эксперимента и интерпретации результатов;</p> <p>- методы анализа и обработки статистической и экспертной</p>	<p>Методологические основы имитационного моделирования, Статистическое моделирование, Дискретно-событийное моделирование,</p>	<p>Контрольная работа, лабораторные работы</p>



анализа и систематизации информации по теме исследования.	информации и данных натурального эксперимента, необходимых для построения адекватной модели экономической системы и социально-экономических процессов в соответствии с целями исследования; - проводить анализ различных направлений имитационного моделирования (в том числе и на междисциплинарном уровне) и осуществлять выбор направления, обеспечивающего достижение целей исследования; - осуществлять анализ информационных технологий имитационного моделирования с целью выбора удобной системы реализации модели	Модели системной динамики, Агентные модели	
	Уметь: - использовать знания методов обработки информации для формирования имитационной модели и оценки ее параметров; - использовать передовой опыт имитационного моделирования для построения современной модели имитационного моделирования;		Контрольная работа, лабораторные работы
	Владеет: навыками анализа и обработки информации для построения имитационных моделей реальных процессов и систем с учетом воздействия случайных факторов		Контрольная работа, лабораторные работы
<b>Промежуточная аттестация</b>			Вопросы к зачету, КИМ

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет) осуществляется с помощью следующих оценочных средств: Контрольная работа, Лабораторные работы 1-5, КИМ зачета.

Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен) осуществляется с помощью вопросов к экзамену.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять навыки имитационного моделирования к решению научно-практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
---------------------	--------------------------------------	--------------

Оценка по каждой лабораторной работе не ниже «удовлетворительно», результаты контрольной работы и ответов на КИМ не ниже «удовлетворительно»	<i>Повышенный, базовый, пороговый</i>	<i>зачтено</i>
Невыполнение хотя бы одного критерия для оценки Зачтено	-	<i>Не зачтено</i>

**19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **19.3.1 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

### **Контрольно-измерительный материал (типовой вариант)**

1. Статистические методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты
2. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование).
3. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов.

### **Критерии оценки ответов на контрольно-измерительный материал**

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

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания	Шкала оценок
студент демонстрирует глубокое понимание темы, умеет распространять вытекающие из теории выводы для анализа экономической системы, верно отвечает на 3 вопроса..	<i>Отлично</i>
студент демонстрирует понимание теоретических положений темы и базовых понятий, но допускает неточности в ответах, отвечает на 2 вопроса .	<i>Хорошо</i>
студент отвечает на один вопрос.	<i>Удовлетворительно</i>
студент демонстрирует непонимание теоретических основ и базовых понятий курса.	<i>Неудовлетворительно</i>

### 19.3.2. Перечень лабораторных работ (практических заданий)

**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** 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.

**Лабораторная 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.

**Лабораторная 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 Anylogic.

**Лабораторная 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.

**Критерии оценки лабораторной 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>

### 19.3.3 Контрольные работы

#### Контрольная работа (типовой вариант)

1. Какие значения можно задавать с помощью случайных чисел в имитационных моделях?
2. В чем разница между непрерывными и дискретными распределениями?
3. Чему равна площадь под графиком функции плотности распределения?
4. Какие минимальные и максимальные значения принимает функция распределения (интегральная)  $F(x)$ ?
5. Разработать простую имитационную модель равновесной рыночной цены на товар, основываясь на паутиной модели равенства спроса и предложения.

#### Критерии оценки контрольной 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 ответил на задания 1-4. При этом 5 задание может быть решено неверно из-за незначительной ошибки.	<i>Отлично</i>
Верно решено 4 задания.	<i>Хорошо</i>
Верно решено 3 задания.	<i>Удовлетворительно</i>
Верно решено менее 3 заданий	<i>Неудовлетворительно</i>

### 19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме контрольной и лабораторных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющие оценить степень сформированности умений и(или) навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.