

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
М.В.ЛОМОНОСОВА»**

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Декан экономического факультета МГУ

профессор \_\_\_\_\_ А.А.Аузан

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 год

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

---

**Уровень высшего образования:**

**МАГИСТРАТУРА**

---

**Направление подготовки:**

**38.04.01. ЭКОНОМИКА**

---

**Форма обучения:**

**ОЧНАЯ**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией экономического факультета*  
(протокол № \_\_\_\_\_, дата)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки магистратуры 38.04.01. Экономика

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 28 декабря 2020 года, протокол №7

Год (годы) приема на обучение: 2021 и последующие

### 1. Место и статус дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы подготовки магистра

Статус дисциплины: *вариативная*

Триместр: 5

### 2. Входные требования (реквизиты) для освоения дисциплины

*Для успешного освоения данного курса требуются знания и умения, полученные в следующих дисциплинах: теория вероятностей и математическая статистика (в объеме программы вступительных испытаний); Программирование, основы алгоритмов и анализ данных в Python и R.*

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
МПК-1. Способен разрабатывать эконометрические модели и модели машинного обучения исследуемых экономических процессов и явлений, интерпретировать полученные результаты	МПК-1.И-1. Применяет продвинутый эконометрический инструментарий и методы машинного обучения для построения моделей экономических процессов и явлений. Интерпретирует результаты проведенного моделирования, делает выводы и дает рекомендации на его основе	МПК-1.И-1.У-2. Умеет интерпретировать результаты моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения  МПК-1.И-1.У-3. Умеет делать выводы из результатов моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения, и давать рекомендации на основе сделанных выводов
МПК-4. Способен видеть логические связи в системе собранной, обработанной и проанализированной информации, и на основании этого разрабатывать рекомендации для лиц, принимающих решения на микро- и макро уровне, или бизнес-решения	МПК-4.И-1. Анализирует и систематизирует собранные данные, разрабатывает рекомендации для лиц, принимающих решения на основе собранных данных	МПК-4.И-1.У-1. Умеет строить логические взаимосвязи в системе собранной информации
ОПК-2. Способен применять	ОПК-2.И-1. Владеет современными методами	ОПК-2.И-1.3-1. Знает современные методы

<p>продвинутые инструментальные методы экономического анализа в прикладных и (или) фундаментальных исследованиях.</p>	<p>экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения теоретических и прикладных задач</p> <p>ОПК-2.И-2. Обрабатывает статистическую информацию и получает статистически обоснованные вывод</p>	<p>экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики</p> <p>ОПК-2.И-1.У-2. Умеет использовать современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения прикладных задач</p> <p>ОПК-2.И-2.3-1. Знает основные виды статистической информации</p> <p>ОПК-2.И-2.У-2. Умеет делать статистически обоснованные выводы, оценивать силу альтернативных гипотез на основе полученных результатов</p>
<p>ОПК-5. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении профессиональных задач</p>	<p>ОПК-5.И-1. Применяет общие или специализированные пакеты прикладных программ, предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования</p>	<p>ОПК-5.И-1.3-1. Знает общие и специализированные пакеты прикладных программ, предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования, в соответствии со своими профессиональными задачами</p> <p>ОПК-5.И-1.У-1. Умеет применять общие или специализированные пакеты прикладных программ (MS Excel, Eviews, Stata, SPSS, AnyLogic, Tableau и др.) или языки программирования (R, Python и др.), предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования в, в соответствии со своими профессиональными задачами</p>

ПК-7. Способен использовать различные источники информации для проведения экономических расчетов и построения экономических прогнозов	ПК-7.И-1. Осуществляет самостоятельный поиск, сбор и обработку данных, необходимых для проведения экономических расчетов и построения экономических прогнозов	ПК-7.И-1.У-2. Умеет осуществлять первичную статистическую обработку данных, в том числе заполнять пропуски в данных и удалять выбросы, тестировать данные на непротиворечивость, релевантность и полноту
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Объем дисциплины по видам занятий

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы: 108 академических часов, в том числе 52 академических часов составляет контактная работа с преподавателем, 56 академических часов составляет самостоятельная работа магистранта.

5. **Формат обучения:** очная, с использованием обучающей среды Op.Ecop (при необходимости допускается применение дистанционных образовательных технологий).

6. **Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>			
		Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего				Всего
Тема 1. Введение	8	4			4	4			4
Тема 2. Системно-динамические модели	16	12			12	8			8
Тема 3. Дискретно-событийное моделирование	16	12			12	8			8

Тема 4. Агент-ориентированный подход	24	12			12	12	12
Тема 5. Вычислимые модели общего равновесия	24	12			12	12	12
Промежуточная аттестация: эссе	4					8	
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>52</b>				<b>56</b>	

### Краткое содержание тем дисциплины

#### Тема 1. Введение

Типы математических моделей. Математическое моделирование: аналитическое vs имитационное. Три направления имитационного моделирования. Общие сведения об агент-ориентированных моделях (определения, краткая история возникновения моделей этого класса, а также их преимущества перед другими инструментами моделирования социально-экономических процессов). Классические и недавно разработанные агентные модели.

#### Тема 2. Системно-динамические модели

Введение в подход системной динамики. Причинно-следственные связи. Циклы обратной связи. Задержки.

Модель диффузии инноваций. Развитие модели: введение двух рынков, учет выбытия пользователей.

Реализация моделей СД в пакете AnyLogic. Поток и накопители. Константы и переменные. Статистика и графический анализ. Реализация на примере модели диффузии инноваций.

#### Тема 3. Дискретно-событийное моделирование

Введение в дискретно-событийный подход. Реализация процессных моделей в пакете AnyLogic. Заявки: создание, уничтожение, хранение, задержка. Управление потоками заявок. Ресурсы: статические, перемещаемые, движущиеся. Управление ресурсами. Реализация на примере моделирования работы отделения банка.

#### Тема 4. Агент-ориентированный подход

Введение в подход агентного моделирования. Модель сегрегации Шеллинга. Модель распространения инфекции.

Реализация агентных моделей в пакете AnyLogic. Игра «жизнь». Реализация на примере модели сегрегации и на примере модели распространения инфекции. Построение модели аэропорта.

## Тема 5. Вычислимые модели общего равновесия

Computable General Equilibrium models (CGE models) как инструмент количественной оценки действий макроагентов.

Программная реализация вычислимых моделей на примерах:

1. Модель российской экономики с газовой отраслью. Проведение вычислительных экспериментов.
2. Модель российской экономики с федеральными округами «Россия: Центр – Федеральные округа».
3. Модель российской экономики с секторами образования и здравоохранения «Социальная Россия».
4. Модель российской экономики с секторами науки и образования.
5. Отраслевая модель российской экономики.

## 7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине

### 7.1. Примеры оценочных средств:

Результаты обучения по дисциплине	Виды оценочных средств
МПК-1.И-1.У-2. Умеет интерпретировать результаты моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения	Домашние задания Эссе
МПК-1.И-1.У-3. Умеет делать выводы из результатов моделирования, как эконометрического, так и основанного на применении методов машинного обучения, и давать рекомендации на основе сделанных выводов	
МПК-4.И-1.У-1. Умеет строить логические взаимосвязи в системе собранной информации	Домашние задания Эссе
ОПК-2.И-1.3-1. Знает современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики	Домашние задания Эссе
ОПК-2.И-1.У-2. Умеет использовать современные методы экономического анализа, математической статистики, анализа данных и эконометрики для решения прикладных задач	
ОПК-2.И-2.3-1. Знает основные виды статистической информации	

ОПК-2.И-2.У-2. Умеет делать статистически обоснованные выводы, оценивать силу альтернативных гипотез на основе полученных результатов	
ОПК-5.И-1.З-1. Знает общие и специализированные пакеты прикладных программ, предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования, в соответствии со своими профессиональными задачами	Домашние задания Эссе
ОПК-5.И-1.У-1. Умеет применять общие или специализированные пакеты прикладных программ (MS Excel, Eviews, Stata, SPSS, AnyLogic, Tableau и др.) или языки программирования (R, Python и др.), предназначенные для обработки, визуализации и анализа данных, в том числе эконометрического анализа и имитационного моделирования в, в соответствии со своими профессиональными задачами	

### 7.2. Критерии оценивания (баллы) по дисциплине:

Виды оценочных средств	Баллы
Домашние задания	60 + 60
Эссе	30
<b>Итого</b>	<b>150</b>

### 7.3. Оценка по дисциплине выставляется, исходя из следующих критериев:

Оценка	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
<i>Отлично</i>	127,5	150,0
<i>Хорошо</i>	97,5	127,0
<i>Удовлетворительно</i>	60,0	97,0
<i>Неудовлетворительно</i>	0,0	59,5

**Примечание:** в случае, если магистрант за триместр набирает менее 20% баллов от максимального количества по дисциплине, то уже на промежуточном контроле (и далее на пересдачах) действует следующее правило сдачи: «магистрант может получить только оценку «Удовлетворительно», и только если получит за промежуточный контроль, включающий весь материал дисциплины, не менее, чем 85% от баллов за промежуточный контроль».

### 7.4. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

— *Домашнее задание*

Вариант 1. Построить модель заводского цеха, собирающего стиральные машины, по пошаговой презентации.

Вариант 2. Построить модель игры «Жизнь» по (неподробному) описанию из книги Куприяшкина А.Г. (с. 79 – 86, до муравьев). В описании присутствует весь необходимый код.

Вариант 3. Построить модель распространения ОРВИ в павильоне метро. Для построения самого павильона можно опираться на пошаговую презентацию из справки AnyLogic (справка → учебные пособия → модель павильона метро). В построенную пешеходную модель Вам нужно будет добавить агентную часть – распространение ОРВИ (модель SIR). Ее можно посмотреть в книге «AnyLogic in three days».

— *Эссе*

Вам нужно выбрать статью, посвященную применению имитационного моделирования или моделей общего равновесия, и написать по ней обзорное эссе. В выложенных слайдах есть ссылки на статьи, можно воспользоваться какой-то из них, но можно и выбрать такую статью самостоятельно. В последнем случае она должна быть не старше 2010 года.

Требования к оформлению: отчет в формате word/pdf объемом не более 5 страниц.

Требования к содержанию:

1. Актуальность темы (не общие фразы, а теоретические или прикладные проблемы/задачи, которые решаются в работе)
2. Краткое описание аналогичных исследований
3. Основной исследовательский вопрос авторов
4. Формализация имитационной модели (включая содержательное, смысловое объяснение переменных, параметров и функций). Описание данных, на которых проводился подбор параметров (если применимо)
5. Итоговые выводы и ограничения исследования, возможные недостатки статьи
6. Возможные дальнейшие направления исследований в рамках тематики статьи

### **7.5. Методические рекомендации и требования к выполнению заданий:**

Домашнее задание 1 предполагает построение моделей по шагам с преподавателем и самостоятельное доделывание по пошаговой инструкции.

Домашнее задание 2 предполагает построение модели по общему описанию (без пошаговой инструкции).

Эссе должно быть подготовлено по академической статье, и (при необходимости) состоится его устная защита с ответом на теоретические вопросы.

## 8. Ресурсное обеспечение

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы

#### Основная литература:

1. Borshchev A. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6. AnyLogic North America, 2013
2. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию, 2016.
3. Каталевский Д. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении, 2013.
4. Куприяшкин А.Г. Основы моделирования систем: учебное пособие. Норильск: Ред.-изд. отд. ФГБОУВПО "НИИ", 2015

#### Дополнительная литература:

1. Каталевский Д. Ю., Гареев Т. Р. Имитационное моделирование для прогнозирования развития автомобильного электротранспорта на уровне региона // Балтийский регион. 2020. Т. 12, № 2. С. 118—139. doi: 10.5922/2079-8555-2020-2-8.
2. Begicheva S. Fuzzy Model for Evaluating the Quality of Medical Care / S. Begicheva // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI 2019), Moscow, Russia. 2019. vol. 2. pp. 5-8.
3. А.В. Адрианова, М.Б. Ласкин, А.С. Свистунова. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА МАРШРУТНОЙ СЕТИ АЭРОПОРТОВ «ПУЛКОВО» И «ДОМОДЕДОВО» В СРЕДЕ ANYLOGIC. 2019.
4. А.Г. Куприяшкин, Л.И. Петухова. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ANYLOGIC. Научный вестник Арктики, №5, 2019.
5. Жу-Хай БАЙ, Вань-Юэ Дун, Ин ШИ, Ао-Цзы ФЭН, Ань-Дин СЮЙ, Цзюнь ЛЮ. Моделирование тенденций распространения эпидемии нового коронавируса с учетом эффективных мер контроля. New Medicine, 2020.

### 8.2. Перечень лицензионного программного обеспечения

— среда разработки AnyLogic

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

*Не требуется.*

### 8.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

-- <https://www.anylogic.ru>

### 8.5. Описание материально-технической базы

Для организации занятий по дисциплине необходимы следующие технические средства обучения: компьютерный класс с проектором, доской, маркеры/мел.

## 9. Язык преподавания: русский

## 10. Преподаватель (преподаватели):

Бахтизин А.Р., доктор экономических наук; профессор РАН; член-корреспондент РАН; сертифицированный разработчик CGE моделей (сертификат World Bank Institute)

Рощина Я.А., кандидат экономических наук, доцент кафедры математических методов анализа экономики экономического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, сертификат о прохождении тренинга AnyLogic для бизнеса

## 11. Разработчики программы:

Бахтизин А.Р., доктор экономических наук; профессор РАН; член-корреспондент РАН; сертифицированный разработчик CGE моделей (сертификат World Bank Institute)

Рощина Я.А., кандидат экономических наук, доцент кафедры математических методов анализа экономики экономического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, сертификат о прохождении тренинга AnyLogic для бизнеса